PEI-BANDUNG
PERHIMPUNAN ENTOMOLOGI INDONESIA
CABANG BANDUNG

SEMINAR NASIONAL DAN KONGRES

PERHIMPUNAN ENTOMOLOGI INDONESIA CABANG BANDUNG

PENGELOLAAN SERANGGA BERKELANJUTAN DENGAN PENDEKATAN LANSKAP

14 JANUARI 2021

UNPAD PRESS

ISBN 978-623-352-212-0

PROSIDING

Seminar Nasional dan Kongres PEI Cabang Bandung

"PENGELOLAAN SERANGGA BERKELANJUTAN DENGAN PENDEKATAN LANSKAP"

14 JANUARI 2021

Buku ini mengandung makalah yanng dipresentasikan pada Seminar Nasional dan Kongres PEI Bandung 2021. Makalah ini menunjukkan hasil karya dan pendapat dari penulis yang disajikan tanpa adanya perubahan yang merubah substansi dari hasil penelitian.

TIM REVIEWER

Yusup Hidayat S.P., M.Phil., Ph.D.
Dr. Ir. Elly Roosma Ria, M.Si
R. Arif M. Ramadhan, S.P., M.P.
Dr. Ramadani Eka Putra, S.Si
Siska Rasiska, SP., M.Si
Dr. Mia Miranti Rustama, M.P

TIM EDITOR

Yusup Hidayat S.P., M.Phil., Ph.D.
R. Arif M. Ramadhan, S.P., M.P.

Sampul Depan:
Orthetrum sabina, Foto oleh R. Arif Malik Ramadhan, S.P., M.P.
Sampul Belakang:
Larva *Spodoptera frugiperda,* Foto oleh R. Arif Malik Ramadhan, S.P., M.P.

ISBN: 978-623-352-212-0
Penerbit: Unpad Press
Redaksi: Unpad Press Direktorat Sumber Daya Akademik dan Perpustakaan (DSDAP) Graha Kandaga Lt. 4. Jl. Raya Bandung – Sumedang Km. 21, Jatinangor, Sumedang 45363
Website: http://press.unpad.ac.id
Surel: press@unpad.ac.id
Cetakan pertama: 22 Agustus 2022

Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan dengan cara apapun tanpa izin tertulis dari penerbit

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum, wr. wb.

Syukur Alhamdulillah kami sampaikan kepada Allah SWT yang atas ridho dan perkenanNya maka kami dapat menyelesaikan Prosiding Seminar Nasional PEI Cabang Bandung yang diselenggarakan secara daring pada tanggal 14 Januari 2021 dengan tema "Pengelolaan serangga berkelanjutan dengan pendekatan lanskap".

Kami berharap agar prosiding ini dapat bermanfaat bagi para pembaca dalam upaya meningkatkan diversitas serangga berguna yang ada di lingkungan pertanian dan di sekitar tempat tinggal kita. Keberadaan serangga berguna seperti dari jenis penyerbuk, predator, musuh alami, dan juga pengurai akan sangat bermanfaat bagi keberlanjutan kehidupan umat manusia.

Kami mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah mendukung penyelesaian Prosiding ini. Kami menyadari bahwa prosiding ini masih belum sempurna. Oleh karena itu, kami memohon maaf apabila terdapat kekurangan dalam penyusunan Prosiding ini.

Wassalamualaikum, wr. wb.
Jatinangor, Januari 2021

Ketua PEI Cabang Bandung
Dr. Sudarjat, Ir. M.P.

Prosiding Seminar Nasional Perhimpunan Entomologi Indonesia CABANG BANDUNG

Jatinangor, 14 Januari 2021. Dilaksanakan secara daring melalui platform zoom.

Susunan Panitia Seminar Nasional dan Kongres Perhimpunan Entomologi Indonesia Cabang Bandung Tahun 2021:

Pelindung	:	Rektor UNPAD, Prof. Dr. Rina Indiastuti, S.E., M.SIE Ketua Perhimpunan Entomologi Indonesia Pusat, Prof. Dr. Ir. Dadang Hermana., M.Sc
Penanggung Jawab	:	Ketua Perhimpunan Entomologi Indonesia (PEI) Cabang Bandung, Dr. Ir. H. Sudarjat, M.P
Penasehat	:	Prof. Intan Ahmad, PhD Prof. Dr. Tati S Syamsuddin Prof. Dr. Ir. Baehaki Suherlan Effendi, M.S. Dr. Atik Dharmadi Dr. Tjandra Anggraeni, Ph.D
Panitia Pelaksana		
Ketua	:	Dr. Ir. Elly Roosma Ria, M.Si (Univ. Winaya Mukti)
Wakil Ketua	:	Dr.Ir.Yenny Muliani, MP (Univ.Islam Nusantara)
Sekretaris	:	Dr. Yani Maharani, SP., M.Si (Univ. Padjajaran) Willing Bagariang, SP, M.Si (Balai Besar Peramalan OPT)
Bendahara	:	Lindung Tri Puspasari, SP, M.Si (Univ. Padjajaran) Ulfah Nuzulullia, SP, M.Sc (Balai Besar Peramalan OPT)
Bidang Kesekretariatan	:	Lilian Rizkie, SP., M.Si (Univ. Padjadjaran) Lutfi Afifah, SP., M.Si (Univ. Singaperbangsa) Ida Yusidah, SP., M.Si (UIN Sunan Gunung Djati)
Bidang Acara dan Persidangan	:	Vira Kusuma Dewi, SP., M.Sc., Ph.D (Univ. Padjadjaran) Dr. Rahmini, M.Si (BB Padi) Dr. Ir. Danar Dono, M.Si (Univ. Padjadjaran) Dr. Dra. Tien Turmuktini.Msi (Univ. Winaya Mukti)
Bidang Prosiding	:	Yusup Hidayat, SP.,M.Phil., Ph.D. (Univ. Padjadjaran) Dr. Ramadani Eka Putra, S.Si (SITH-ITB) Siska Rasiska, SP., M.Si (Univ. Padjadjaran) R. Arif Malik Ramadhan, S.P., M.P. (Universitas Perjuangan Tasikmalaya) Dr. Ir. Elly Roosma Ria., M.Si (Univ. Winaya Mukti) Dr. Mia Miranti Rustama, M.P. (Univ. Padjadjaran)
Bidang Humas, Publikasi dan Dokumentasi	:	Guriang Akbar, S.Si., MP (UIN Sunan Gunung Djati) Fauzi Azzamahsyari, S.Si. (UIN Sunan Gunung Djati) Shanty Kusumawardani, M.Si (SITH-ITB)

Bidang Dana Usaha	:	Dr. Agus Susanto, SP., M.Si (Univ. Padjadjaran) Ir. Maria Wulan Purwiji Putri (Dinas Perkebunan Provinsi Jawa Barat) Andre Dian Permana, S.Si. M.M (PT. Solusi Prima Caraka)
Bidang IT dan Perlengkapan	:	Ichsan Nurul Bari, SP. M.Si, Ph.D (Univ. Padjadjaran)
Kongres	:	Dr. Ateng Supriatna, M.Si (UIN Sunan Gunung Djati) Ida Kinasih, Ph.D (UIN Sunan Gunung Djati) Dr. Martua Suhunan Sianipar.MS (Univ. Padjadjaran)

DAFTAR ISI

Judul	Halaman
Pengelolaan Serangga Berkelanjutan Dengan Pendekatan Lanskap ……..	i
Kata Pengantar …….....	ii
Susunan Panitia Seminar Nasional dan Kongres Perhimpunan Entomologi Indonesia Cabang Bandung …….	iii
Daftar Isi …….	v
Keanekaragaman dan Tingkat Layanan Ekosistem Kumbang Tinja (Coleoptera: Scarabaeidae) pada Perkebunan Kelapa Sawit di Sumatera Bagian Tengah, Indonesia …	1-7
Deteksi Dini Gen Non Molting Dwarf (nmd) pada Mutan Ulat Sutera, *Bombyx mori* (Lepidoptera: Bombycidae) …….	8-16
Keanekaragaman dan Pengendalian Serangga Hama Pada Budidaya Jamur Tiram Putih (*Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P.Kumm.) ……...	17-22
Pemanfaatan Cendawan Entomopatogen *Cordyceps militaris* dalam Pengendalian Hama Ulat Api (Limacodidae: Lepidoptera) di Perkebunan Kelapa Sawit ……...	23-26
Kupu-kupu Sebagai Indikator Kualitas Kesehatan Lingkungan di Masa Normal Baru ….	27-31
Analisis Model Bisnis Belalang Goreng "Abah Geyot" Dengan Pendekatan Business Model Canvas ……..	32-41
Pengaruh Dosis Serbuk Daun Sirsak (*Annona Muricata* L.) Terhadap Perkembangan Kumbang Bubuk *Callosobruchus Analis* F. Pada Biji Kedelai Hitam (*Glycine Max* (L.) Merrit) Varietas Detam 3 Prida Di Penyimpanan ……	42-49
Tantangan Dan Prospek Pengembangan Jagung Hibrida Menghadapi Perubahan Iklim di Nusa Tenggara Timur ……..	50-55
Profil Keanekaragaman Arthropoda Pada Beberapa Sistem Tanam Padi Gogo di Lahan Kering ……..	56-61
Dynivitas Kupu-Kupu Bermotif Hahslm 472319 Sebagai Simbol Salat Pada Tuhan Di Era Ekonomi Covid …….	62-67
Rayap Tanah *Macrotermes gilvus* Hagen (Blattodea: Termitidae: Macrotermitinae) asal Bogor, Indonesia ……..	68-73
Biokonservasi Parasitoid *Anastatus dasyni* Ferr. (Hymenoptera: Euphelmidae) pada Tanaman Lada (*Piper nigrum*) dengan Refugia Berbunga sebagai Sumber Nektar ……..	74-83
Dampak Aplikasi Pupuk Organik Terhadap Efisiensi Insektisida Nimba Dalam Pengendalian Tungau *Phyllocoptruta oleivora* Pada Jeruk Keprok Di IP2TP Kliran ……	84-88
Serangga sebagai bahan makanan dalam menjaga ketahanan pangan ……	89-95
Konservasi Musuh Alami Ulat Pemakan Daun Kelapa Sawit: Populasi Serangga Parasitika Berdasarkan Jaraknya terhadap Tanaman Berbunga …….	96-102

Keanekaragaman dan Tingkat Layanan Ekosistem Kumbang Tinja (Coleoptera: Scarabaeidae) pada Perkebunan Kelapa Sawit di Sumatera Bagian Tengah, Indonesia

Anak Agung Ketut Aryawan[1,3]*, Mohammad Naim[1], Eleanor M Slade[2], Soeprapto[1], Dedi Purnomo[1], Syamsu Alam[1], Giono[1] dan Jean-Pierre Caliman[1]

[1]Sinar Mas Agro Resources and Technology Research Institute (SMARTRI), Pekanbaru, Indonesia
[2]Asian School of the Environment, Nanyang Technology University, Singapore, Singapore
[3]Alumni Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang
*Alamat korespondensi: aka.smartri@gmail.com

ABSTRAK

Kumbang tinja (Coleoptera: Scarabaeidae) memiliki peran penting dan krusial dalam ekosistem, sebagai pendaur ulang nutrisi dan perbaikan fisik tanah. Budidaya kelapa sawit memiliki dampak terhadap beberapa organisme dan kesuburan tanah termasuk kumbang tinja. Propinsi Sumatera Utara dan Riau merupakan penghasil minyak sawit terbesar di Indonesia dengan menyumbang Crude Palm Oil (CPO) mencapai 40% dari produksi nasional. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat keanekaragaman kumbang tinja dan tingkat layanan ekosistem yang dilakukan oleh kumbang tinja di perkebunan kelapa sawit yang ada di Sumatera bagian tengah (Sumatera Utara dan Riau). Penelitian ini dilakukan dari bulan Juli - September 2014. Penelitian ini menggunakan perangkap pitfall yang diberi umpan tinja manusia (25g) dan tinja sapi segar (30g) untuk mengetahui jenis dan populasi kumbang tinja dan perangkap tinja sapi segar sebanyak 700g untuk mengetahui tingkat layanan ekosistem (metode dung removal). Hasil penelitian menunjukkan total ada 20 spesies kumbang tinja yang ditemukan (Sumatera Utara:19 spesies; Riau: 13 species). Perangkap pitfall dengan umpan tinja manusia lebih banyak menarik kumbang tinja dibandingkan menggunakan umpan tinja sapi segar ($p>0.00$). Tingkat pemindahan tinja di Riau lebih tinggi dan signifikan (rerata ±SD = 92.3±12.3%) dibandingkan dengan di Sumatera Utara (rerata±SD = 29.4±14.6%). Tingkat pemindahan tinja berkorelasi positif dengan jumlah lubang berukuran besar yang terbentuk ($R_{Sumut} = 0.62$, $p=0.005$, $R_{Riau}=0.55$, $p=0.02$). Hasil penelitian menyimpulkan bahwa keanekaragaman spesies kumbang tinja di Sumatera Utara lebih tinggi dibandingkan dengan di Riau, tetapi tingkat layanan ekosistem lebih tinggi di Riau dibanding di Sumatera Utara.

Kata kunci: Kelapa sawit, kumbang tinja, pemindahan tinja, layanan ekosistem

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan penghasil minyak terbesar di dunia, bersama Malaysia penyuplai hampir 80-90% produksi minyak sawit dunia (Fitzherbert, *et. al.*, 2008; Meijaard and Douglas, 2013). Di Indonesia, provinsi Sumatera Utara dan Riau merupakan pengasil minyak sawit utama dengan total luas area mencapai 4,4 juta hektar (Sumatera Utara: 1,6 juta hektar dan Riau: 2,8 juta hektar) (Direktorat Jenderal Perkebunan Indonesia, 2020). Kedua propinsi ini berkontribusi sebagai pemasok Crude Palm Oil (CPO) mencapai 40% dari total produksi nasional (Direktorat Jenderal Perkebunan Indonesia, 2020). Produksi kelapa sawit didukung oleh beberapa factor yaitu cuaca, jenis tanah, varietas tanaman dan pemupukan. Faktor utama pertumbuhan dan produksi kelapa sawit adalah pemupukan. Menurut Manurung, *dkk.*, (2015) dan Goh, *et.al*., (2018), kebutuhan pupuk dapat mencapai 20-24% dari total biaya produksi kelapa sawit. Sedangkan di ekosistem alami seperti hutan alami, tidak membutuhkan tambahan pupuk untuk meningkatkan kesuburan tanah guna mendukung berlangsungnya kehidupan di ekosistem tersebut. Hal ini disebabkan oleh fungsi ekosistem yang berjalan secara berkesinambungan. Salah satu agen terpenting dalam berjalannya fungsi ekosistem adalah serangga. Serangga berperan penting dalam kehidupan umat manusia sebagai agen utama dalam layanan ekosistem dalam bidang produksi tanaman, pengendalian hama dan biodegradasi bahan organik.

Kumbang tinja (Coleoptera: Scarabaeidae) merupakan salah satu kelompok serangga yang berperan penting dan krusial dalam suatu ekosistem sebagai penggerak fungsi dan layanan ekosistem. Kumbang tinja membantu dalam proses ekosistem seperti biodegradasi limbah ternak, daur ulang nutrisi, bioturbasi, pertumbuhan tanaman, penyebar benih, menekan perkembangan parasit dan lalat, dan sebagai

bioindikator (Andresen, 2002; Spencer, 2012; Nervo *et al*., 2014; Milotić *et al*., 2018). Banyak Negara di dunia telah memanfaatkan kumbang tinja dalam upaya meningkatkan kesuburan tanah. Menurut Bertone, *et.al*., (2006) dalam ekperimennya yang dilakukan di laboratorium, kehadiran kumbang tinja dapat meningkatkan tingkat nutrisi tanah (P, K Mg) dan total kation di tanah lempung berpasir. Negara Queensland pernah melakukan introduksi 15 spesies kumbang tinja dalam kurun waktu 1970-1980 untuk meningkatkan kualitas padang rumput dan mengatasi masalah tinja yang dihasilkan dari industri peternakkannya (Elphinstone, *et.al*., 2006). Menurut Losey dan Vaughan (2006), industri peternakkan di Amerika Serikat dapat menghemat biaya sebesar $380 juta per tahun dengan memanfaatkan berbagai layanan ekosistem dari kumbang tinja.

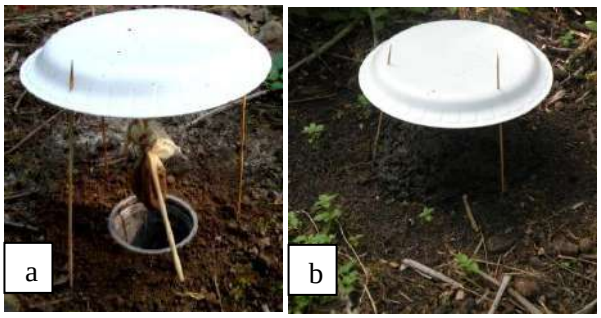
Dengan berbagai layanan yang dapat diberikan oleh kumbang tinja baik langsung maupun tidak langsung terhadap tanaman budidaya, untuk itu perlu dilakukan studi tentang kumbang tinja di perkebunan kelapa sawit. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keanekaragaman dan tingkat layanan ekosistem dari kumbang tinja di perkebunan kelapa sawit yang ada di Sumatera bagian tengah yaitu Sumatera Utara dan Riau.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilakukan di dua perkebunan kelapa sawit milik PT. Smart Tbk yaitu Padang Halaban Estate (PHLE) di Sumatera Utara dan Libo Estate (LIBE) dan Sungai Rokan Estate (SRKE) di Riau. PHLE merupakan perkebunan usia tua yang beroperasi sejak 1969 dan merupakan penanaman kelapa sawit generasi kedua. Penelitian dilokasi ini dilakukan pada bulan Juli 2014. Sedangkan LIBE dan SRKE merupakan perkebunan usia menengah yang beroperasi sejak 1986 dan merupakan penanaman kelapa sawit generasi pertama. Penelitian dilokasi ini dilakukan pada bulan September 2014.

Penelitian ini menggunakan metode perangkap pitfall untuk mengetahui keanekaragaman dan populasi kumbang tinja dan dung removal untuk mengetahui tingkat layanan ekosistem dari aktivitas kumbang tinja. Perangkap pitfall terbuat dari gelas plastik transparan (d=9 cm, t=11,5 cm) yang dipasang rata dengan permukaan tanah dan diberi larutan deterjen + garam hingga 2/3 bagian gelas plastik. Bagian permukaan atas dipasang masing-masing umpan yaitu tinja manusia segar (25 g) dan tinja sapi segar (30 g). Tinja tersebut dibungkus menggunakan kain kasa dan diikatkan pada tiang penyangga (Gambar 1a). Pemasangan perangkap pitfall dengan umpan berbeda dilakukan dalam waktu yang berbeda untuk menghindari interaksi aroma antar umpan. Setiap lokasi penelitian, dipilih 18 lokasi secara acak dalam kebun dengan minimal jarak antar lokasi ±300 meter. Perangkap pitfall dipasang selama 2 hari (48 jam), kemudian dilakukan pengutipan kumbang tinja yang terperangkap. Sampel kumbang tinja dari masing-masing lokasi dibawa ke laboratorium untuk dilakukan sortir dan identifikasi spesies yang ditemukan.

Pengukuran dung removal dilakukan dengan menggunakan tinja sapi segar yang dikumpulkan dari lapangan dan diaduk hingga homogen. Tinja tersebut diletakkan dalam wadah plastik dan ditimbang berat bersihnya sebanyak 700 g. Tinja tersebut diletakkan berdekatan dengan bekas pemasangan perangkap pitfall ditambah 6 wadah lagi sebagai kontrol evaporasi. Bagian atas tinja diberi payung yang terbuat dari piring stereoform untuk melindungi tinja dari hujan (Gambar 1b). Setelah 2 hari (48 jam), dilakukan pengutipan sisa-sisa tinja dan diletakkan dalam wadah plastik tahan panas. Pengutipan dilakukan dengan hati-hati untuk mengurangi terangkutnya material lain seperti seresah dan tanah, serta menghindari kerusakkan pada lubang yang ada dibawah tinja tersebut. Lubang-lubang tersebut kemudian di hitung dan dibagi menjadi dua kategori yaitu lubang besar (d=1,5-2 cm) dan lubang kecil d=0,3-0,5 cm). Sisa tinja tersebut kemudian ditimbang berat basah sebelum dilakukan pengovenan sampai mencapai berat kering konstan.



Gambar 1. a) Perangkap pitfall dengan umpan tinja; b) Metode dung removal/pemindahan tinja

Seluruh data di plot dan dianalisis menggunakan software Rstudio version 1.1.463 dengan packages “readxl”, “vegan”, “ggplot2”, “tidyverse” dan “Rcmdr” (Rstudio, 2018).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Keanekaragaman Spesies Kumbang Tinja

Hasil pemerangkapan kumbang tinja yang dilakukan di Sumatera Utara dan Riau dengan menggunakan perangkap pitfall (umpan tinja manusia dan tinja sapi segar) dikoleksi sebanyak 9.984 individu kumbang tinja, terdiri dari 19 spesies dari famili scarabaeidae dan 1 spesies dari famili hydrophilidae (Tabel 1). Di Sumatera Utara ditemukan 19 spesies kumbang tinja, sedangkan di Riau hanya ditemukan 13 spesies kumbang tinja. Di Sumatera Utara, spesies *O. crassicolis* memiliki populasi yang tinggi dibandingkan dengan spesies yang lain (103,5 individu/ perangkap), sedangkan di Riau adalah spesies *O. obscurior* (61,5 individu/ perangkap). Genus *Onthopagus* ini memiliki ukuran tubuh yang kecil berkisar antara 0,2-0,5 cm. Spesies *Catharsius* sp. hanya ditemukan di Riau dengan rerata populasinya 10,1 individu/ perangkap.

Tabel 1. Jumlah spesies dan populasi kumbang tinja di Sumatera Utara dan Riau

No	Spesies kumbang tinja	Jumlah kumbang tinja yang terperangkap (individu)							
		Tinja manusia (N=18)		Tinja sapi (N=18)		Total (N=36)		Rerata/perangkap (indiv)	
		Sumut	Riau	Sumut	Riau	Sumut	Riau	Sumut	Riau
	Family : Scarabaeidae								
1.	*Onthophagus crassicolis* *	3,654	1,145	73	13	3,727	1,158	103.5	32.2
2.	*Onthophagus obscurior* *	29	2,134	0	79	29	2,213	0.8	61.5
3.	*Onthophagus orientalis* *	236	839	2	29	238	868	6.6	24.1
4.	*Onthophagus ventralis* *	166	169	1	28	167	197	4.6	5.5
5.	*Onthophagus trituber* *	279	10	6	9	285	19	7.9	0.5
6.	*Onthophagus limbatus*	59	52	4	4	63	56	1.8	1.6
7.	*Onthophagus liliputanus*	101	0	1	1	102	1	2.8	0.0
8.	*Onthophagus vigilans*	24	30	1	4	25	34	0.7	0.9
9.	*Onthophagus waterstradi*	29	0	0	0	29	0	0.8	0.0
10.	*Onthophagus echinus*	5	10	2	0	7	10	0.2	0.3
11.	*Onthophagus rectechornutus*	3	5	3	1	6	6	0.2	0.2
12.	*Onthophagus phanaeides*	5	0	0	0	5	0	0.1	0.0
13.	*Onthophagus luridipenis*	0	0	1	0	1	0	0.0	0.0
14.	*Catharsius sp.* *	0	362	0	3	0	365	0.0	10.1
15.	*Caccobius unicornis*	235	22	12	0	247	22	6.9	0.6
16.	*Liatongus femoratus*	19	0	24	6	43	6	1.2	0.2
17.	*Eodrepanus sinicus*	0	0	35	0	35	0	1.0	0.0
18.	*Eodrepanus striatulus*	1	0	4	0	5	0	0.1	0.0
19.	*Aphodius sp.*	2	0	10	0	12	0	0.3	0.0
	Family : Hydrophilidae								
20.	*Sphaeridium sp.*	3	0	0	0	3	0	0.1	0.0
Total populasi (indiv)		4,850	4,778	179	177	5,029	4,955		
Rerata per perangkap (indiv)		269.4	265.4	9.9	9.8				
Standar Deviasi (SD)		176,9	126,3	10,1	6,5				
Total spesies		17	11	15	11	**19**	**13**		

Catatan : * memiliki populasi yang tinggi

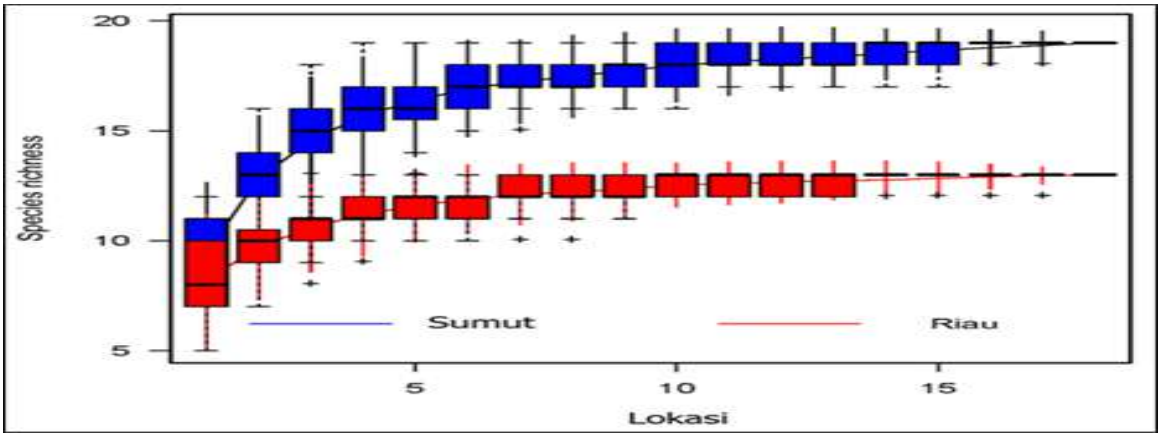
Keanekaragaman spesies kumbang tinja di Sumatera Utara lebih tinggi dibandingkan dengan di Riau. Kurva akumulasi spesies menunjukkan setiap lokasi pemasangan perangkap di Sumatera Utara memiliki variasi jumlah spesies yang tinggi, sedangkan di Riau memiliki variasi yang lebih rendah Gambar 2.

Tingkat Populasi Kumbang Tinja

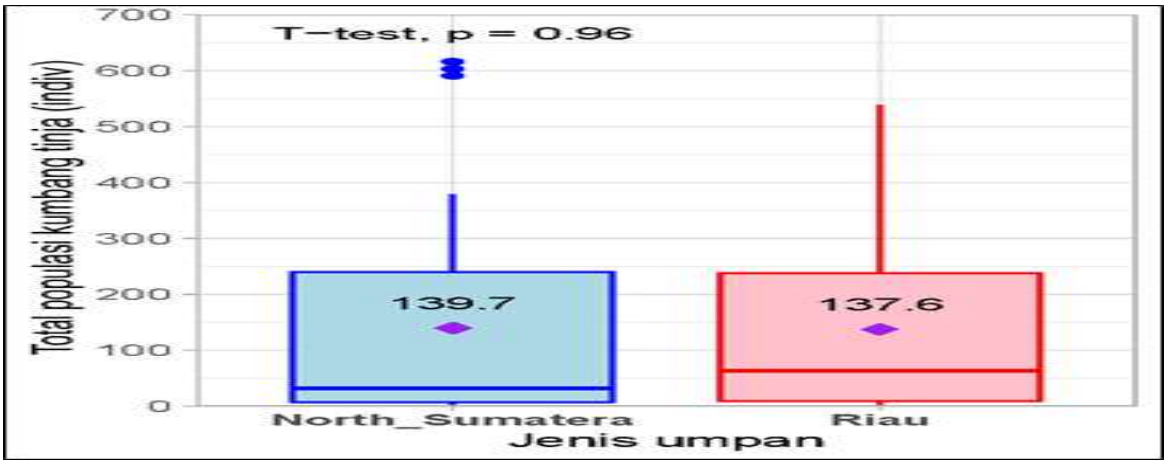
Tingkat populasi kumbang tinja diperoleh dari dua perangkap pitfall dengan umpan berbeda pada setiap lokasi penelitian. Gambar 3. Menunjukkan bahwa tingkat populasi kumbang tinja di Sumatera Utara dan Riau, tidak signifikan (t-test, p=0.96) dengan rerata populasi yaitu 139.7 dan 137.6 individu/perangkap.

Efektivitas Umpan Tinja

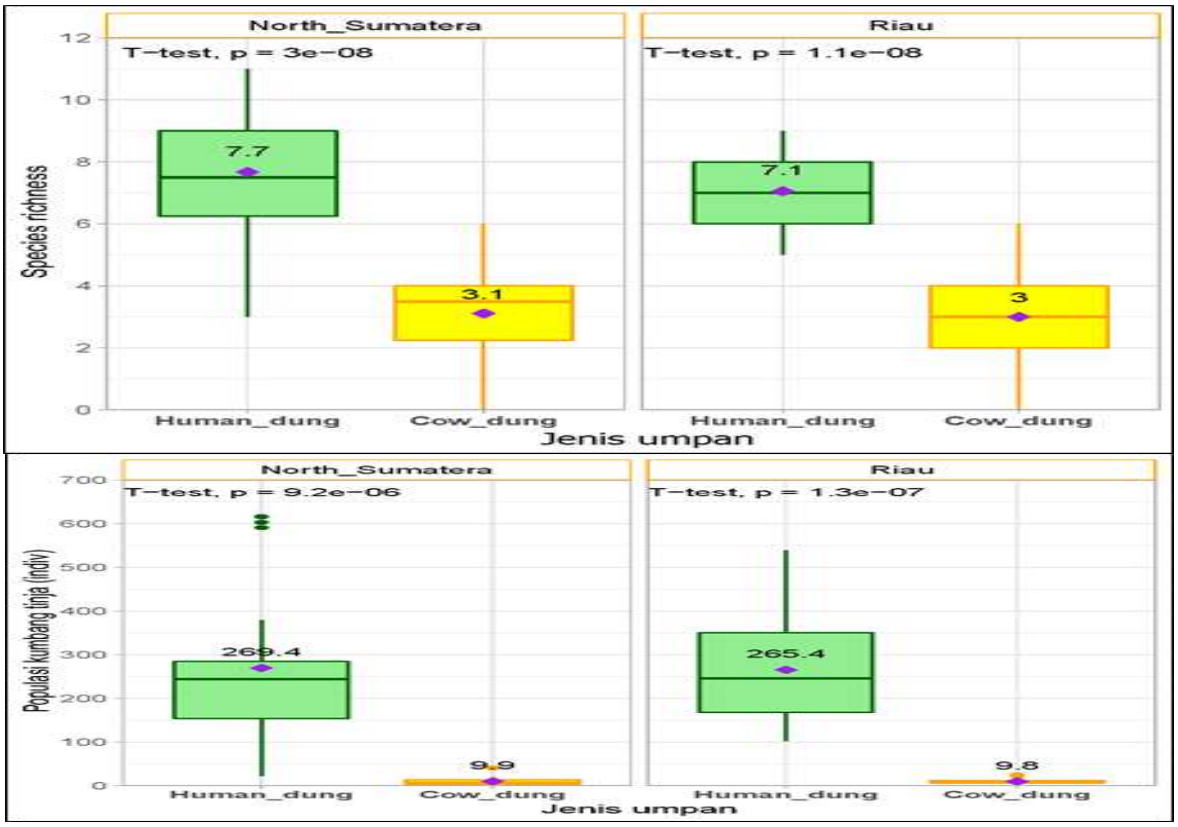
Gambar 4. menunjukkan distribusi jumlah spesies dan populasi kumbang tinja pada perangkap pitfall yang menggunakan umpan tinja manusia lebih tinggi dan sangat signifikan (t-test, p<0.00) di kedua lokasi penelitian. Hal ini menunjukkan bahwa kumbang tinja lebih tertarik terhadap tinja manusia daripada tinja sapi segar.



Gambar 2. Kurva akumulasi keragaman spesies kumbang tinja setiap lokasi pemerangkapan di Sumatera Utara dan Riau



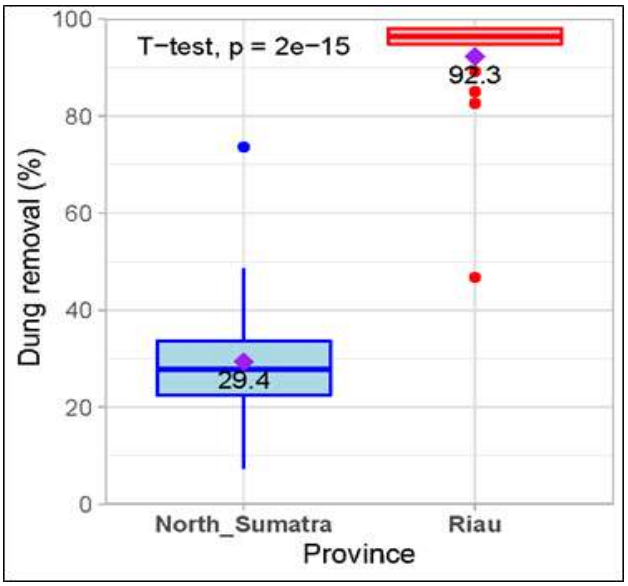
Gambar 3. Distribusi populasi kumbang tinja di kedua lokasi penelitian



Gambar 4. Distribusi jumlah spesies dan populasi kumbang tinja yang tertangkap pitfall

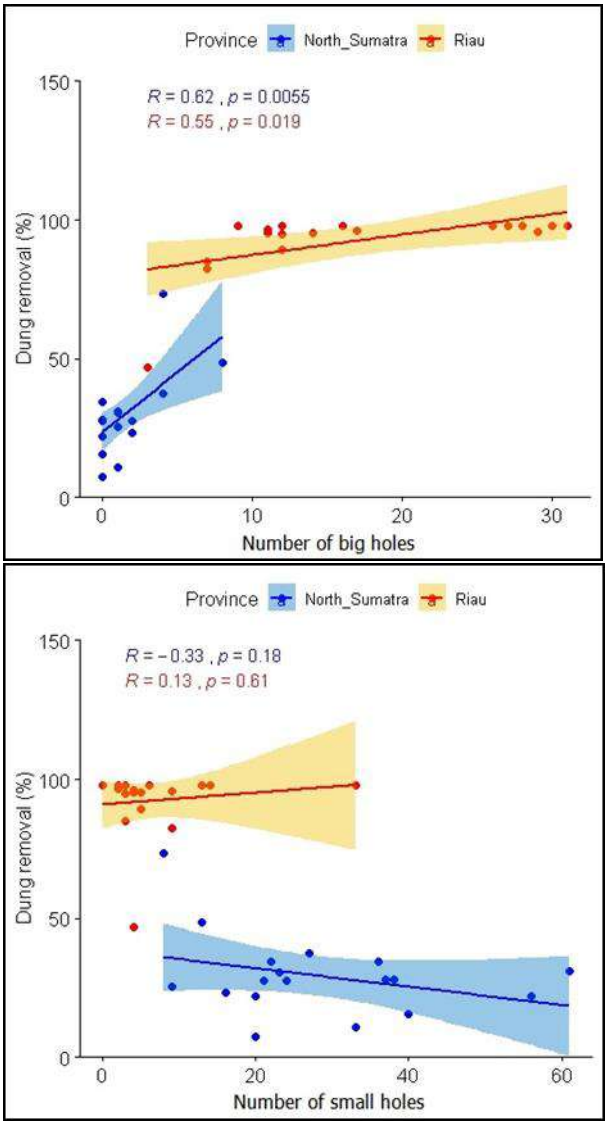
Tingkat Layanan Ekosistem Kumbang Tinja

Untuk menentukan tingkat layanan ekosistem kumbang tinja dilakukan dengan cara mengukur tingkat pemindahan tinja (dung removal). Pemindahan tinja yang dilakukan oleh kumbang tinja dapat dilakukan dengan membentuk bola-bola tinja kemudian digelindingkan menuju sarang masing-masing. Sarang kumbang tinja dapat berada dalam tanah atau dipermukaan tanah seperti lubang alami, dibawah batang yang melapuk atau dibawah seresah. Lokasi sarang kumbang tinja ditentukan oleh jenis dari kumbang tinja (tuneller atau roller). Gambar 5 menunjukkan tingkat pemindahan tinja oleh kumbang tinja di Riau lebih tinggi dan significan (t-test, $p<0.00$) dibandingkan dengan di Sumatera Utara. Rerata tingkat dung removal di Riau adalah 92.3±12.3%, sedangkan di Sumatera Utara hanya 29.4±14.6%.



Gambar 5. Tingkat pemindahan tinja di Sumatera Utara dan Riau

Gambar 6 menunjukkan bahwa tingkat pemindahan tinja berkorelasi positif dan signifikan terhadap jumlah lubang besar yang terbentuk di kedua lokasi penelitian (R_{Sumut} = 0.62, p=0.005 dan R_{Riau} = 0.55, p=0.02). Sedangkan jumlah lubang kecil yang terbentuk cenderung berkorelasi negative namun tidak signifikan terhadap tingkat pemindahan tinja (R_{Sumut} = -0.33, p=0.18 dan R_{Riau} = 0.13, p=0.61). Hal ini menunjukkan bahwa aktifitas kumbang tinja berukuran besar yang membentuk lubang besar, berperan penting dalam layanan ekosistem.



Gambar 6. Korelasi antara tingkat pemindahan tinja dan jumlah lubang yang terbentuk

DISKUSI

Kumbang tinja memiliki peran yang fundamental dalam suatu ekosistem. Kumbang tinja berperan dalam berbagai lini layanan ekosistem seperti daur ulang nutrisi, bioturbasi dan porositas tanah, meningkatkan nutrisi tanah, memperbaiki struktur tanah, penyebar benih, pengendali parasit, nematode dan lalat, serta sebagai bioindikator perubahan lingkungan (Thomas, 2001; Davis *et al.*, 2001; Amezquita and Favila, 2010;Milotić *et al.*, 2018; Amore *et al.*, 2018; Raine and Slade, 2019). Dengan berbagai macam manfaat yang diberikan, perlu upaya yang serius untuk melestarikan serangga ini.

Budidaya kelapa sawit secara berkelanjutan dengan mengurangi penggunaan bahan kimia, pengelolaan habitat yang baik dan melarang perburuan merupakan upaya nyata yang dapat dilakukan untuk

melestarikan serangga ini. Menurut Amezquita dan Favila (2010), aktivitas kumbang tinja dipengaruhi oleh musim, jenis tinja dan interaksi keduanya. Sedangkan menurut Amore, *et.al*. (2018), tingkat pemindahan tinja dipengaruhi oleh kombinasi tiga factor yaitu keragaman kumbang tinja, suhu dan transisi antar musim. Selain itu, perbedaan spesies penghasil tinja dalam ekosistem mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap keragaman kumbang tinja dan turunan layanan ekosistemnya (Raine and Slade, 2019). Menurut Bertone, *et.al*., (2006), tinja yang bersumber dari spesies omnivora dapat menarik lebih banyak spesies kumbang tinja dibandingkan dari spesies herbivora dan karnivora. Amezquita dan Favila (2010) juga menyebutkan bahwa tinja yang bersumber dari spesies omnivora lebih banyak menarik kumbang tinja secara berturut-turut dari golongan dweller, roller dan tunneler, sedangkan tinja yang bersumber dari herbivora lebih banyak menarik kumbang tinja dari golongan tunneler.

Gambar 5. Menunjukkan bahwa tingkat pemindahan tinja di Riau lebih tinggi dan sangat signifikan dibandingkan dengan di Sumatera Utara. Gambar 6. menunjukkan adanya korelasi positif dan signifikan antara jumlah lubang besar yang terbentuk dengan tingkat pemindahan tinja. Semakin banyak lubang besar yang terbentuk, maka semakin tinggi tingkat pemindahan tinja. Menurut Slade, *et.al.*, (2014), genus *Catharsius* merupakan golongan tunneler berukuran besar yang ditemukan di pulau Sumatera dan berperan penting dalam pemindahan tinja. Lubang besar yang terbentuk dalam penelitian diduga disebabkan oleh adanya aktivitas yang dilakukan oleh kumbang tinja dari genus *Catharsius* ini. Selain itu, Tabel 1 juga menunjukkan bahwa spesies *Catharsius* sp. hanya ditemukan di Riau dengan rerata populasi 10.1 individu/perangkap. Menurut Nervo, *et.al*., (2014), ukuran tubuh dari kumbang tinja berpengaruh terhadap tingkat pemindahan tinja; kumbang tinja berukuran besar dari golongan tunneler lebih efisien daripada berukuran kecil dan dari golongan lainnya. Selain itu, aktivitas anthrophogenic memiliki dampak yang besar terhadap kumbang tinja berukuran besar, namun berdampak kecil terhadap kumbang tinja berukuran kecil.

SIMPULAN

Hasil penelitian menyimpulkan bahwa keanekaragaman spesies kumbang tinja di Sumatera Utara lebih tinggi dibandingkan dengan di Riau, tetapi tingkat layanan ekosistem lebih tinggi di Riau dibanding di Sumatera Utara. Total populasi kumbang tinja di Sumatera Utara dan Riau relatif sama. Pitfall dengan umpan tinja manusia lebih banyak & efektif menarik spesies dan populasi kumbang tinja. Spesies kumbang tinja yang berperan penting dalam layanan ekosistem adalah kumbang tinja berukuran besar seperti dari genus *Catharsius*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih atas kerjasama dari Staff kebun PHLE, SRKE, LIBE, Pimpinan Unit SMARTRI, Staff CPD-SMARTRI, dan karyawan CPD-SMARTRI yang terlibat dan membantu penelitian ini, sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

Amezquita, S. and Favila, M. E. 2010. Removal Rates of Native and Exotic Dung by Dung Beetles (Scarabaeidae : Scarabaeinae) in a Fragmented Tropical Rain Forest : 328–36.

Amore, V., da Silva, P. D., Hensen, M. C., Hernandez, M. I. M., and Lobo, J. M. 2018. Variation in Dung Removal by Dung Beetles in Subtropical Atlantic Rainforests : 854–62.

Andresen, E. 2002. Dung Beetles in a Central Amazonian Rainforest and Their Ecological Role as Secondary Seed Dispersers. 3.

Bertone, M., Watson, W., Stringham, M., Green, J. Washburn, S., Poore, M., and Hucks, M. 2006. Dung Beetles of Central and Eastern North Carolina Cattle Pastures : 1–7.

Davis, A. J., Holloway, J. D., Huijbregts, H., Krikken, J., Kirk-spriggs, A.H., Sutton, S. L. 2001. Dung Beetles as Indicators of Change in the Forests of Northern Borneo : 593–616.

Direktorat Jenderal Perkebunan Indonesia. 2020. Produksi Kelapa Sawit Menurut Provinsi di Indonesia, 2016-2020. www. pertanian.go.id .pp 1

Direktorat Jenderal Perkebunan Indonesia. 2020. Luas Areal Kelapa Sawit Menurut Provinsi di Indonesia, 2016-2020. www. pertanian.go.id. pp 1

Elphinstone, G., Aisthorpe, J., Smith, D., and Graham, G. 2006. Improving Sustainable Land Management Systems in Queensland using Dung Beetles. Final Report of the 2001-2002 Queensland Dung Beetle Project. pp 55

Fitzherbert, E. B., Struebig, M. J., Morel, A., Danielsen, F., Brühl, C. A., Donald, P. F. & Phalan, B. 2008. How Will Oil Palm Expansion Affect Biodiversity?. Trends in Ecology and Evolution Vol.30 No.10

Goh, K.J., Teo, C.B., Chew, P.S. and Chiu, S.B. 2018. Fertiliser Management in Oil Palm : Agronomic Principles and Field Practices. (January 1999).

Losey, J. E. and Vaughan, M. 2006. The Economic Value of Ecological Services Provided by Insects. BioScience 56(4): 311.

Manurung, A.N.H., Sudradjat dan Hariyadi. 2015. Optimization Rate of Organic and NPK Compound Fertilizers on Second Year Immature Oil Palm. 3(3): 375–81.

Meijaard E, and Douglas, S. 2013. Oil-Palm Plantations in the Context of Biodiversity Conservation. In: Levin S.A. (ed.) Encyclopedia of Biodiversity, second edition, Volume 5, pp. 600-612

Milotić, T., Baltzinger, C., Eichberg, C., Eycott, A. E., Heurich, M., Müller, J.,Noriega, J. A., Menendez, R. 2018. Dung Beetle Assemblages, Dung Removal and Secondary Seed Dispersal: Data from a Large-Scale, Multi-Site Experiment in the Western Palaearctic : 1–15.

Nervo, B., Tocco, C., Caprio, E., Palestrini, C., Rolando, A. 2014. The Effects of Body Mass on Dung Removal Efficiency in Dung Beetles. 9(9).

Raine, E.H. and Slade, E.M. 2019. Dung Beetle – Mammal Associations : Methods , Research Trends and Future Directions.

Rstudio. 2018. Rstudio Version 1.1.463.

Spencer, R. 2012. Using Dung Beetles to Maintain a Healthy Pasture Ecosystem.

Slade, E. M., Burhanuddin, M.I., Caliman, J.P., Foster, W.A., Naim, M., Prawirosukarto, S., Snaddon, J.L., Turner, E.C., Mann, D.J. 2014. Can Cattle Grazing in Mature Oil Palm Increase Biodiversity and Ecosystem Service Provision. The Planter 90 (1962): 655–65.

Thomas, M. L. 2001. Dung Beetle Benefits in The Pasture Ecosystem (800).

Deteksi Dini Gen Non Molting Dwarf (*nmd*) pada Mutan Ulat Sutera, *Bombyx mori* (Lepidoptera: Bombycidae)

Adrian Triandi[1*], Katsuhiko Ito[2], Endang Sri Ratna[3]

[1,3] Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor
[2]Department of Science of Biological Production, Tokyo University of Agriculture and Technology
*correspondence address: adrian_98@apps.ipb.ac.id

ABSTRAK

Ulat sutera (*Bombyx mori*) merupakan serangga yang bernilai ekonomi dan sosial, khususnya dalam pemanfaatan benang sutera yang berasal dari kokon. Indonesia memiliki Pusat Pembibitan Ulat Sutera di Candiroto dan Soppeng yang produksinya masih bergantung pada impor telur dari Jepang dan China. Petani sutera Jepang pada praktiknya seringkali melakukan persilangan individu untuk mendapatkan kualitas kokon yang lebih baik. Persilangan antar strain diduga berpotensi menjadi penyebab timbulnya individu mutan gagal molting. Mutan tersebut ditemukan sebagai hasil persilangan strain normal Jepang (p50T) dan strain *carrier* (a47) dengan ciri kerdil, berwarna hitam, dan bersifat letal, umum disebut sebagai *non-molting dwarf* (*nmd*) pada generasi F_2 larva instar 1, sedangkan generasi F_1 tidak menunjukan fenotip *nmd*. Penelitian ini bertujuan menentukan gen penyebab gagal molting melalui penyempitan lokasi pasang basa gen pada kromosom ke-9. Ulat sutera strain normal (p50T) disilangkan dengan ulat sutera mutan *nmd* (a47) hingga didapatkan 200 generasi F_2, dengan metode *positional cloning*. Karakterisasi basa DNA dianalisis langkah demi langkah melalui tahap purifikasi DNA, metode AFLP dan enzim restriksi, serta aplikasi primer spesifik melalui proses PCR, elektroforesis, dan UV Transilluminator. Penerapan primer spesifik dapat mempersempit lokasi pasang basa DNA yang mengekspresikan mutasi *nmd*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa 89 kandidat gen mutasi *nmd* yang berada pada kromosom 9 berlokasi pada kisaran pasangan basa 9330803 bp - 12075121 bp (2,7mb).

Kata Kunci: Gagal molting, mutasi gen, *positional cloning*, primer spesifik.

PENDAHULUAN

Budidaya ulat sutera merupakan salah satu komoditas kehutanan non kayu yang dapat dipilih sebagai bentuk pemberdayaan masyarakat (Mas'ud dkk 2017). Budidaya ulat sutera secara umum telah berkontribusi terhadap peningkatan perekonomian nasional, khususnya untuk pemenuhan kebutuhan sandang dalam negeri dan internasional. Hambatan dan masalah utama yang sering ditemukan pada usaha sutera alam di Indonesia adalah rendahnya produksi kokon, yang berimbas pada penurunan pendapatan petani dan pengusaha sutera (Harbi dkk 2015). Produksi kokon Indonesia relatif rendah dengan rata-rata 25,03 kg/boks (1 boks berisi 25 ribu kokon) apabila dibandingkan dengan kokon dari Negara Cina, yakni 39,97 kg/boks. Produksi kokon sutera di Indonesia umumnya dihasilkan dari proses pemeliharaan ulat sutera spesies *Bombyx mori* L. (Baskoro dkk 2011). Kokon *B. mori* banyak disukai karena memiliki serat benang yang sangat tipis, kuat, lembut, dan berkilau. Setiap kokon sutera yang dipintal, akan menghasilkan benang sutera utuh sepanjang 304.8-914.4 meter, dengan diameter serat 10 mikrometer (Soumya dkk 2017).

B. mori diklasifikasikan sebagai serangga dengan metamorfosis sempurna, yakni melalui fase telur,larva, pupa, dan imago (Patel dkk. 2013). Fase yang memiliki nilai ekonomi potensial adalah fase pupa, yakni dengan pemanfaatan kokon yang dihasilkan oleh larva instar akhir *B. mori*. Ulat sutera memiliki sifat monofag yakni dapat diartikan sebagai serangga yang hanya bergantung pada satu jenis makanan (daun murbei), yakni *Morus alba* (Gurjar dkk 2018). Proses pemeliharaan larva ulat sutera pada tingkat petani di Jepang, seringkali dilakukan persilangan antar strain dengan tujuan meningkatkan produktivitas dan ketahanan terhadap entomopatogen. Melalui proses persilangan dalam pemeliharaan ini, diketahui berbagai individu mutan muncul dalam populasi.

Contoh mutan *B. mori* yang menunjukan aspk positif dalam bermutasi adalah ditemukannya mutan yang mampu resisten terhadap serangan densovirus tipe 2 (BmDNV-2) yang umum menyerang saluran mesenteron dan mengakibatkankematian (Ito dkk 2008). Ditemukan juga mutan yang memiliki aspek negatif pada usaha persuteraan alam, yakni mutan gagal ganti kulit (non-molting), hal ini diakibatkan oleh kelainan ekspresi gen pengkode protein kutikula (Wu dkk 2016). Ekspresi gen yang berperan atas kegagalan molting dinyatakan sebagai gen nm non-molting (11-13,8) (Shimizu dkk 1980), non-molting dwarf nm-d (9 - 16,3) (Doira dkk 1984), Non-

molting Matsuno nm-m (10-27.9) (Shimizu dkk 1980), non-molting glossy nm-g (17- 39.1) (Wu dkk 2016).

Larva mutan ulat sutera *non- molting dwarf* (*nmd*) (9-16.3) merupakan generasi F_2 yang dihasilkan dari ngengat betina F_1 spesies B. mori dengan ciri morfologi berupa bercak coklat pada sayap dengan jantan strain normal (p50T) dan memiliki karakteristik lethal pada genotip homozigot resesif (Wu dkk 2016). Gen resesif *nmd* dibawa oleh individu F_1 dengan fenotipe normal (tidak menunjukkan gejala morfologi mutan) dan dapat mencapai fase imago. Pada generasi F_2, larva mutan *nmd* homozigot bersifat lethal. Individu mutan *nmd* heterozigot akan dapat bertahan hidup hingga akhir instar 1 selama 6-8 hari dan kemudian akan mati karena tidak dapat melakukan ganti kulit. Morfologi yang umum ditemukan pada mutan *nmd* adalah ukuran tubuh lebih kerdil dibandingkan individu homozigot normal diikuti warna kehitaman pada tubuh. Munculnya mutan *nmd* mengakibatkan kematian populasi hingga 40% pada usaha persuteraan alam.

Menurut Zhao dkk. (2015), dengan studi kasus *nm2*, diketahui bahwa penyebab mutan nm2 disebabkan oleh satu gen resesif. Gen tersebut diketahui berasal dari pewarisan Mendel. Chong dkk (2015) mengidentifikasi lokasi gen mutan nm2 dengan metode positional cloning dan mengetahui kondisi mutan *nm2* diakibatkan oleh gen BmCPG10, namun pada mutan *nmd*, gen yang berperan pada konsidi non-molting belum diketahui. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi gen penyebab mutasi *nmd* melalui metode positional cloning. Identifikasi dan penyempitan rentang pasang basa melalui metode positional cloning diharapkan dapat memudahkan pemahaman dalam mempelajari mekanisme mutan *nmd*, sehingga dapat digunakan dalam studi lebih lanjut terhadap kegagalan molting pada *B. mori*.

BAHAN DAN METODE

Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan yang digunakan adalah ruang pemeliharaan ulat yang dilengkapi penghangat ruangan pada suhu konstan ± 25 °C, inkubator penetasan telur ulat sutera (hatching kits; pada suhu 25 °C, kelembaban 90%), baki plastik, kertas minyak, larutan formaldehida 2-3 %, Larutan HCL, ulat sutera wildtype p50T (bersumber dari Silkworm Genetic Resource Database). Materi genetik lainnya didapatkan dari ulat sutera mutan nmd a47 yang didapatkan dari stok laboratorium serikulturual TUAT, dan daun murbei segar sebagai pakan ulat. Alat purifikasi DNA, amplifikasi DNA, enzim restriksi, dan alat pembaca pita DNA terdiri dari: centrifuge (Laboratory 4*500ml High Capacity), microcentrifuge (Chibitan R Millipore), vortex (vortex genie 2), mikropipet (10 µL, 100 µL, dan 1000 µL), pemanas (Dry ThermoUnit DTU- 1CN TAITEC), mesin PCR (BIO-RAD T100 Thermal Cycler) (tabung 96 x 0,2 ml, strip tabung 0,2 ml, pelat 1 x 96-sumur), Mupla 2 plus elektroforesis (Transmisi UV): 254nm, 312nm, Volume sampel: 270-320 ml termasuk buffer dan gel), invitro shaker (Benchtop shaker TAITEC), dan UV Transilluminator.

(*UVP BioDoc System UV BOX Model M- 26 Transilluminator*) sebagai alat untuk membaca pita DNA F_2 yang diuji. Perbandingan pola pita DNA indukan dan F_1 dengan F_2 dilakukan segera setelah proses pembacaan oleh UV Transilluminator, individu F_2 yang memiliki pola pita DNA identik dengan F_1 akan dianalisis kembali dengan primer berikutnya yang didesain dalam kisaran yang lebih sempit. Bahan yang digunakan adalah reagen Isolasi Genomik DNAzol, etanol analitik 100%, etanol 70%, NaOH 8mM, dan HEPES 0,1 M (diperoleh dari SIGMA), extag polimerase (TaKaRa), dNTP, Buffer Takara 10x, EtBr, dan loading dye elektroforesis.

Persilangan, Pemeliharaan, dan *Positional Cloning* pada gen *nmd*

Kokon dari strain wildtype (p50T) yang dibeli dari perusahaan industri SILKBASE dan mutan *nmd* strain 47 yang berasal dari laboratorium TUAT diisolasi dan dipelihara untuk studi identifikasi gen selaras dengan metode Ito dkk (2008). Indukan jantan wildtype p50T (ditandai dengan simbol A) dan strain mutan a47 *nmd* betina (= genotipe + / *nmd*, ditandai dengan simbol B, masing-masing diisolasi dari stok pemeliharaan dan dipindahkan ke baki yang sama dalam satu kandang ngengat agar terjadi kopulasi dan perbanyakan generasi F_2.

Ngengat jantan dan betina diidentifikasi dan dipisahkan dengan memotong sepertiga bagian posterior kokon, sehingga ujung abdomen kepompong terlihat dan dapat diidentifikasi melalui tanda morfologi jantan dan betina . Imago yang muncul dari kepompong diambil dan keduanya disimpan di kandang terpisah. Setelah terkumpul dalam jumlah yang relatif banyak, ngengat betina dikawinkan secara bersamaan dalam satu kandang. Ngengat betina yang sudah kawin kemudian dipisahkan dari kandang, dan satu jam kemudian satu persatu imago betina dipindahkan ke wadah plastik berongga yang telah dilapisi kertas saring untuk peletakan telur. Jumlah telur yang dikeluarkan oleh betina rata-rata 300-400 telur.

Telur keturunan F_1 ini dipindahkan ke nampan berukuran 30 cm x 20 cm dan disimpan dalam suhu kamar atau refigerator 4°C untuk aplikasi penetasan buatan. Untuk mendapatkan larva mutan F_2 yang akan digunakan sebagai sampel pada penelitian ini, jantan F_1 disilangkan dengan a47 betina (backcrossing). Proses penentuan keturunan F_2 yang memiliki gen mutan *nmd* dikenal sebagai tahap awal metode *positional cloning*. *Positional cloning* sering digunakan dalam menentukan gen yang bertanggung jawab atas mutasi ulat sutera (Ito dkk 2012) (Yoda dkk 2014). Induk (p50T & a47), F_1 jantan dan betina, serta individu yang bergejala F_2 kemudian

disimpan pada refigerator -30 °C sebelum dipurifikasi DNAnya.

Gambar 1. Pemeliharaan Kokon dan Peletakan Telur *B.mori*.

Purifikasi DNA Individu Bergejala *nmd* pada Generasi F_2

Purifikasi sampel DNA genom dilakukan dengan mengekstraksi 200 larva F2 yang memiliki gejala mutan *nmd* melalui metode yang dijelaskan oleh MRC (2015). Ekstrak sampel (DNA) kontrol juga diambil dari strain induk p50T dan a47 serta keturunan F1-nya. Setiap individu larva dimasukkan ke dalam microtube yang berisi 250 µL DNAzol (isolasi genomik). Spesimen dihomogenisasi dengan mikropestle dan didiamkan selama 30 menit hingga 2 jam kemudian ditambahkan etanol absolut 125 µL dilanjutkan dengan sentrifugasi dengan kecepatan 12000 rpm pada suhu 4 °C selama 15 menit.

Selanjutnya supernatan ditambahkan etanol 70% 500 µL dan disentrifugasi kembali pada kecepatan 12000 rpm, suhu 4 °C selama 10 menit. Supernatan kemudian dibuang dan dipipet menggunakan mikropipet 100 µL. DNA yang telah dimurnikan kemudian ditambahkan 100 µL 8 mM NaOH, dilanjutkan dengan pemanasan pada suhu 55 °C pada thermal heater, dan terakhir ditambahkan 10 µL 0,1M HEPES. Seluruh 200 sampel purifikasi DNA kemudian diberi label dan disimpan dalam lemari pendingin pada suhu 4 °C hingga digunakan untuk analisis lanjut berupa amplifikasi PCR.

Analisis Primer Spesifik pada PCR (*Polymerase Chain Reaction*)

Proses amplifikasi PCR dilakukan secara berurutan dimulai dengan pembuatan campuran larutan reagen yang terdiri dari air destilasi 6,5 µL, Extag Buffer 1µL, dNTP 0,8 µL, primer forward dan reverse 0,32 µL yang memiliki rentang diantara 5f / 5r hingga 10f / 10r (dibuat menggunakan aplikasi *Primer3* dan *ApE Gene Editor*) dan 0,06 µL Ex-Tag Polymerase. Masing- masing larutan campuran berjumlah 9 µL dimasukkan ke masing-masing microwell plate ditambah dengan 1 µL ekstrak DNA (template) yang dipurifikasi. Setiap volume dikalikan dengan N.5 (N: jumlah F2 yang dianalisis).

Setiap sumur berisi satu sampel ekstrak dan diberi label sesuai urutan nomor spesimen. Semua sampel pada microplate diamplifikasi pada mesin PCR yang kemudian diatur dengan program siklus yang akan diterapkan, seperti denaturasi 2 menit 5 detik pada suhu 94 °C, 15 detik *annealing* pada 60 °C; 15 detik pada 39x = 40x siklus, ekstensi selama 4 menit pada 72°C. Seluruh sampel kemudian disimpan di dalam PCR pada suhu 12 °C, sebaiknya tidak lebih dari 1 hari, sampai digunakan untuk visualisasi lebih lanjut dengan elektroforesis.

Apabila hasil visualisasi pita DNA pada proses elektroforesis tidak menunjukkan hasil yang diharapkan dan sulit untuk dibedakan dengan pita DNA parental, maka diaplikasikan enzim restriksi. Alikuot sisa amplifikasi PCR (6µL) diamplifikasi ulang dengan penambahan dari 0,25 µL enzim restriksi NdeI (atau enzim DraI tergantung kebutuhan) yang dicampur dengan 3,75 µL aquades, dan terakhir ditambahkan 1 µL buffer restriksi. Proses amplifikasi dengan enzim restriksi dioperasikan selama 3 jam dalam mesin PCR pada suhu 37°C.

Alikuot DNA hasil proses amplifikasi dipisahkan mengikuti prosedur elektroforesis. Preparasi gel dibuat dengan mencampurkan 150 ml larutan buffer stock 1x TAE (Tris- acetate-EDTA) dengan 1,5gram agarosa dalam labu Erlenmeyer dan dimasukkan ke dalam oven microwave selama 2 menit. Masing-masing ekstrak hasil amplifikasi DNA sebanyak 4 µL dicampur dengan 4 µL larutan stok Dye 2x (diencerkan dari 10x dye) terdiri dari 50% Gliserol, 0,9% SDS, dan 0,05% Bromofenol Biru dan dimasukkan ke dalam sumur sampel di dalam gel. Marker yang digunakan dalam proses ini berisi 5 µL 100 bp DNA Ladder H3 RTU yang memiliki rentang 100-3000 pasang basa, kemudian akan berkembang menjadi 12 pita DNA.

Elektroforesis dioperasikan selama 30 menit dengan 100V dalam kit Mupla 2 Plus. Gel kemudian dicelupkan ke dalam wadah yang berisi 250 mL running buffer TAE dan 25 µL (10 mg/mL) EtBr, kemudian wadah diputar selama 15 menit dengan menggunakan in-vitro shaker. Konsentrasi EtBr adalah 1/1000 dari TAE. Pita DNA yang telah divisualisasikan menggunakan elektroforesis dilihat pita DNAnya menggunakan UV BOX Model M-26 Transilluminator.

Analisis elektroforesis dalam penerapan enzim restriksi memiliki pewarna yang berbeda dan volume

DNA yang diperkuat. Dalam hal ini, 10 µL dari setiap tabung mengamplifikasi larutan DNA yang telah digunakan oleh enzim.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gejala Morfologi Larva Mutan *nmd*

Hasil persilangan ngengat jantan tipe wildtype (p50T) dengan mutan *nmd* betina (a47) pada penelitian ini menunjukkan bahwa larva mutan keturunan F_1 berhasil mencapai fase imago dengan proses molting. Larva memiliki ciri morfologi yang mirip restriksi pada PCR, dikombinasikan dengan larutan zat warna 1,2 µL 10x.

Pemetaan Pita DNA pada Bank Data Ulat Sutera Jepang

Hasil citra pita DNA pada proses elektroforesis dan UVP diinterpretasikan untuk menentukan keterkaitan pita DNA generasi F2 dengan parental. Interpretasi citra pita DNA mutan dirujuk ke masing-masing primer yang digunakan selama PCR untuk mengetahui penyempitan basepairs DNA mutan. Pola pita DNA heterozigot yang diperoleh dari hasil interpretasi dipetakan dalam program Microsoft Excel.

Pemetaan pasang basa dalam DNA yang menunjukkan mutan heterozigot dirujuk dalam 3 kelompok variabel, masing-masing diberi simbol A sebagai DNA parental strain p50T, B sebagai DNA strain a47 (pembawa gen *nmd*), dan A/B sebagai generasi F_1. Rentang pasang basa yang didapatkan pada proses pemetaan ini kemudian dilakukan proses anotasi menggunakan KAIKObase (http://sgp.dna.affrc.go.jp/KAIKObase/) dan SilkBase (http://silkbase.ab.au- tokyo.ac.jp/cgi-bin/index .cgi) (Suetsugu dkk 2013, Kawamoto dkk 2019) untuk mendapatkan kandidat gen.

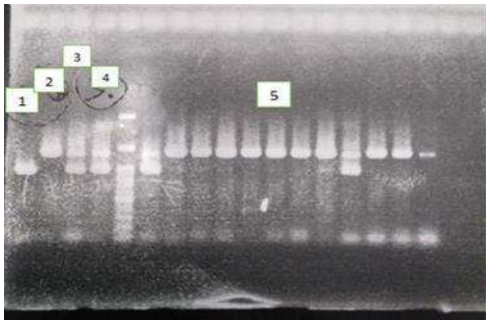
Pemetaan dilakukan dengan membandingkan ciri pita DNA generasi F_2 dengan parental diamati. Individu F_2 yang memiliki struktur pita DNA yang sama dengan F1 diberi variabel A/B dan akan dianalisis lagi sebagai proses penyempitan pada primer berikutnya (primer dengan pasang basa di atas atau di bawah pengamatan.dengan induknya, tanpa ada perbedaan mencolok. Wu dkk (2016) menyatakan bahwa fase imago ulat sutera mutan *nmd* memiliki gen resesif, sehingga keturunan betina (F1) berperan sebagai carrier yang menunjukkan ciri morfologi yang sama dengan indukannya. Sebaliknya, larva homozigot F2 instar pertama (B) (ciri genetik homozigot) umumnya hanya dapat bertahan hidup hingga 10 hari. Larva kemudian tidak molting sehingga akhirnya menyebabkan kematian larva (Wu dkk 2016). Pada gambar 2 di bawah ini terdapat ciri yang membedakan individu normal dan mutan, pada aspek warna dan panjang tubuh.

Individu F_2 homozigot dari larva instar pertama atau ciri genetik homozigot umumnya bertahan hingga 10 hari. Larva kemudian gagal molting dan menyebabkan kematian. Doira (1984) melaporkan bahwa mutan ulat sutera yang menjadi carrier *nmd* ditemukan pada generasi F_1 strain b30 dan c59. Berdasarkan gejala morfologi F_2 dengan gen *nmd*, Doira (1984) mengkonfirmasi kondisi mutan dengan menggunakan generasi F_2 sebagai sumber purifikasi DNA sampel. Menurut Wu dkk (2016), posisi gen yang terkait dengan mutasi *nmd* berada pada kromosom 9 dan 16,3 cM, namun belum dapat menjelaskan secara tepat lokasi gen *nmd* pada rentang pasang basa.

Gambar 2. Ciri morfologi mutan *nmd* untuk diekstraksi (A) dan larva normal (B).

Analisis pada hasil amplifikasi pertama menunjukkan bahwa pasangan basa gen mutan dapat diidentifikasi menggunakan primer spesifik yang dilakukan selama proses PCR (Tabel 1). Hasil penyempitan pertama pasangan basa gen menggunakan berbagai primer khususnya Ch9-5f / 5r dan Ch9-10f / 10r menunjukkan terdapat 27 sampel dari 200 sampel fragmen DNA F2 menunjukan keterkaitan lokasi gen *nmd* terletak pada kromosom 9. Sampel tersebut diambil dari individu serangga yang memiliki gejala morfologi dan karakteristik genotip heterozigot. Analisis selanjutnya dilakukan dengan menggunakan primer lain yang terletak diantara primer sebelumnya, misalnya Ch9-6f / 6r dan 36f / 36r.

Jumlah lengkap pita DNA pada kromosom 9 adalah 19011063 pasangan basa. Penentuan lokasi primer pada proses deteksi pertama (menggunakan primer 5f / 5r & 10f / 10r) diaplikasikan melalui penempatan primer spesifik pada pasangan basa terdekat dan terjauh pada kromosom 9. Deteksi awal dilakukan untuk melihat pita DNA indukan (p50T dan a47) serta F1, jika keempat pita induk tersebut muncul pola tertentu, maka primer tersebut dapat digunakan untuk skrining individu F2. Penulis melakukan skrining 200 individu dengan gejala *nmd* menggunakan primer 5f / 5r dan 10f / 10r, dengan masing-masing primer terletak pada 4485334/4486310 pasangan basa dan 13070369/13071367 pasangan basa. Skrining pertama dilakukan dengan membandingkan 4 parental (p50T, a47, F1♂, dan F1♀) dan 8 F2 dalam satu gel agarosa.



Gambar 3. Perbandingan pita DNA indukan, F1, dan F2 menggunakan primer spesifik 5f/r 1=wildtype (p50T); 2=a47 (carrier *nmd*); 3=F1♂; 4= F1♀; 5= F2 bergejala.

Proses skrining pertama dilakukan untuk memilih individu F2 bergejala mutan yang memiliki pita DNA A/B (terkait dengan F1), kemudian mempersempit deteksi dengan primer spesifik berikutnya yang dirancang dalam kisaran pasangan basa antara primer pertama (5f / r - 10f / r). Deteksi penyempitan dengan primer lain dilakukan dengan mendeteksi ulang pita DNA A/B sampel sebelumnya. Penulis memperoleh 27 individu A/B (heterozigot) dari 200 individu bergejala pada skrining pertama, yakni 13,5% yang cenderung memiliki kemiripan dengan DNA heterozigot bertanda A/B dan sisanya 86,5% memiliki kesamaan dengan DNA B parental a47. Individu bergejala dengan mutasi heterozigot (A/B) memiliki gen individu DNA yang lebih panjang dibandingkan p50T dan a47. Penyempitan pertama dilakukan hanya pada 27 individu heterozigot, kemudian dilanjutkan menggunakan primer spesifik 6f / 6r dan 38f / 38r, kedua lokasi primer tersebut pada pasangan basa 6299212/6300124 dan 12074180/12075121. Primer 6f/6r memiliki area pemetaan lebih panjang dibandingkan 5f/5r, sementara primer 38f/38r memiliki area lebih kecil dibandingkan 10f/10r.

Deteksi penyempitan menggunakan primer spesifik 6f/6r, didapatkan hasil bahwa dari 27 sampel A/B (heterozigot) sebelumnya didapatkan 20 individu A/B. Deteksi menggunakan primer 38f/38r diperoleh 9 individu A/B. Penulis kemudian melakukan penyempitan DNA dengan kisaran pasangan basa antara primer 6f/r-38f/r. Deteksi selanjutnya menggunakan primer 12f / 12r dan 13f / 13r dengan posisi pasangan basa 8265850/8266814 dan 9330803 / 9331785. Pengujian ini dilakukan pada individu A/B yang telah terdeteksi sebelumnya. Pengamatan pada sampel pita DNA A/B menggunakan primer 12f/r ditemukan 5 individu berkaitan dengan F1, sedangkan pada deteksi 13f/r didapatkan 7 individu berhubungan dengan F1.

Pengamatan individu A/B dengan menggunakan kedua primer ini cukup sulit karena pita DNA parental sangat mirip dan dekat satu sama lain. Pada kondisi ini penulis menggunakan perlakuan enzim restriksi pada alikuot PCR menggunakan 12f/r dan 13f/r dengan menggunakan 2 enzim restriksi yaitu Nde1 dan Dra1. Penulis melanjutkan penyempitan DNA menggunakan primer 36f/r yang diposisikan pada 12677340/12678329 pasangan basa, diantara primer 38f/r dan 10f/r sebagai *crosscheck* dari individu heterozigot di primer 38f/r. Sampel individu A/B yang digunakan dalam analisis primer ini sebanyak 27 sampel.

Deteksi menggunakan primer ini ditemukan 11 individu dengan karakteristik A/B, oleh karena itu proses penyempitan DNA dapat dilanjutkan menggunakan primer spesifik lainnya. Deteksi dilanjutkan menggunakanprimer 27f / 27r dan 35f /35r yang memiliki lokasi pasangan basa di atas dibandingkan dengan primer 36f /36r. Lokasi kedua primer tersebut adalah 11273461/11274383 dan 10060986 /10061893. Deteksi dilakukan dengan melihat pita DNA induk sebagai uji pendahuluan. Pengamatan primer 35f/r ditemukan 4 sampel menunjukkan kondisi heterozigot (A/B), sedangkan 16 sampel F2 lainnya tidak menunjukkan pita DNA, karena bersesuaian dengan pita DNA parental a47. Hasil yang diperoleh pada primer 27f/r, diperoleh hanya 3 sampel heterozigot (A/B).

Sebagai bagian dari deteksi F2 pada tahap pengerucutan pertama rentang pasang basa, penulis melakukan proses desain primer dengan rentang 9330803/9331785 (primer 13f / 13r) hingga 10060986/10061893 (primer 35f / 35r). Penulis dibantu oleh pembimbing laboratorium di Universitas Pertanian dan Teknologi Tokyo dalam merancang total 12 primer yang memiliki pasang basa di antara dua primer, dan kemudian diuji ke DNA parental.

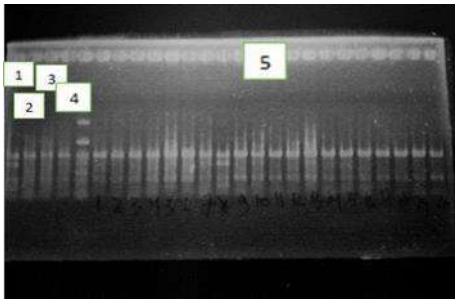
Penulis memberi label 12 primer yang diuji dengan nama 40f/r hingga 51f/r. Selanjutnya penulis memilih kandidat primer yang dapatdigunakan untuk mengkarakterisasi individu F2, karakterisasi dipilih dengan membandingkan pita DNA tetua (p50T, a47, dan kedua F1) yang memiliki perbedaan. Berdasarkan observasi tersebut, penulis mendapatkan dua kandidat utama yaitu 45f/45r dan 51f/51r. Kedua primer terletak di pasangan basa 9926329 / 9927282 dan 9933515/ 9934472. Analisis hasil pada Primer 45f/45r (9926329 / 9927282 pasang basa) ditemukan 5 individu A/B (heterozigot). Pengamatan primer 51f/r (9933515/ 9934472 pasangan basa), ditemukan 6 individu A / B (heterozigot) yang memiliki pita DNA identik dengan F1.

Penggunaan enzim restriksi NdeI dalam proses karakterisasi DNA pada primer 12f/r dan 13f/r berasal dari endonuklease yang diisolasi dari *Neisseria denitrificans*. NdeI memotong molekul DNA dalam

rangkaian gula- fosfat tanpa merusak basa. Setiap enzim memiliki urutan pengenalan unik dalam untai DNA, biasanya sepanjang 4-6 pasangan basa. Enzim restriksi ini adalah pemurnian *Neisseria denitrificans* dengan urutan pengenalan basa '5- CATATG-3'. NdeI mengkarakterisasi pita DNA p50T (*wildtype*) dengan cara memotong pita DNA pada pasangan basa tertentu, sedangkan pada a47 tidak terputus, dan F1 hanya dipotong sebagian. Penggunaan enzim ini untuk melihat pasangan basa yang terpotong khususnya pada pasang basa 53bp (Watson 1982).

Penggunaan enzim restriksi lain juga dilakukan oleh penulis yaitu enzim restriksi Dra1, namun hanya pada primer 13f/r karena pita DNA parental sampel sebelumnya (terutama parental) yang diuji menggunakan DraI tidak menunjukkan area clear cut sebagai membandingkan individu F2.

DraI adalah enzim restriksi tipe II yang diisolasi dari *Deinococcus radiophilus* ATCC 27603 yang mengenali urutan 5'-T-T-T-T-A-A-A-3' yang dipasang kan dengan urutan 3'-A-A- A-T-T-5'.



Gambar 4 Perbandingan pita DNA indukan, F1, dan F2 menggunakan primer spesifik 12f/r

Perlakuan enzim restriksi DraI pada primer 13f/r pada suhu 37 ^{o}C selama 3 jam tidak menunjukkan diferensiasi yang jelas pada pita DNA induk dan F2, sehingga enzim ini tidak dapat digunakan sebagai pengkarakteristik individu pembawa gen *nmd*. Penulis menganalisis perlunya penambahan populasi baru sebagai skrining II sehingga peluang mendapatkan individu yang lebih banyak heterozigot akan lebih tinggi, dan tidak memerlukan aplikasi enzim restriksi.

Pemetaan 200 Individu F_2 Bergejala *nmd*

Berdasarkan hasil uji DNA pengerucutan pasang basa didapatkan hasil bahwa 2 sampel (individu nomor 9 dan 160) tampak mewakili mutan heterozigot yang ditunjukkan pada 3-4 primer yang diuji. Sampel individu ke-9 menunjukkan kondisi heterozigot (A / B) pada tahap skrining dengan menggunakan 4 primer 5f / 5r, 6f / 6r, 12f / 12r, dan 13f / 13r, sedangkan sampel individu ke-160 menunjukkan heterozigot (A/B) kondisi menggunakan 3 primer 10f / 10r, 36f / 36r, dan 38f / 38r. Sampel yang tersisa menunjukkan kondisi B homozigot.

Pendekatan Analisis Genetik pada Bank Data Ulat Sutera Jepang Berdasarkan penggunaan primer spesifik 13f/13r dan 38f/38r hasil penyempitan pertama pasangan basa DNA menunjukkan bahwa ekspresi gen mutan nmd ditemukan masing-masing antara pasang basa 9330803 bp dan 12075121 bp. Rincian data pelacakan mengacu pada bank data ulat sutera Pemerintah Jepang, SILKBASE dan KAIKOBASE seperti yang dijelaskan di bawah ini. Berdasarkan hasil penyempitan pertama didapatkan estimasi pasang basa dengan panjang 2.72mb, dengan perkiraan lokasi gen pada peta Bm_Scaff 56 (-) pada peta PG (Physical Genetic) (Gambar 5).

Analisis rentang pasang basa pada 9330803 bp (13f/13r) dalam analisis sekuens pita DNA F2, memiliki rentang awal mRNA pada bank data silkbase. Analisis KWMTBOMO05164 mRNA dengan panjang dasar 4359 bp diasumsikan sebagai: reverse_transcriptase_ [Bombyx_mori]. Lokasi genom ini adalah posisi awal pencarian gen nmd pada kromosom 9. Setiap gen diawali dengan “KWMTBOMO”, yang menandakan bahwa gen tersebut sudah teridentifikasi dalam “data model gen” (Kawamoto et al. 2019). Lokasi terakhir pasangan basa adalah 12075121 yang terkait dengan mRNA KWMTBOMO05252 dengan panjang 32815 bp, diasumsikan sebagai uncharacterized_protein_ LOC101745630 isoform_X1_ [Bombyx_mori].

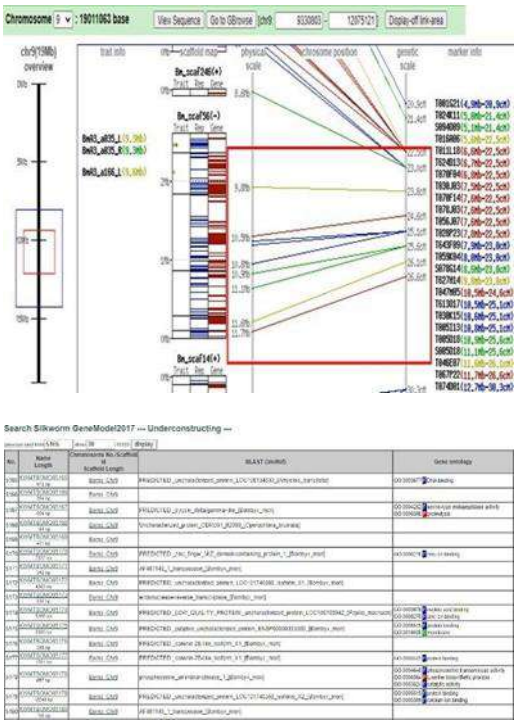
Menurut bank data ulat sutera Jepang yang menggunakan fitur Informasi Pustaka di SilkBaseditemukan bahwa mutasi nmd pada penyempitan pertama mendapatkan 89 kandidat gen yang diketahui berada pada kisaran 2,72 mb. Sifat gen diduga berperan sebagai penghambat pertumbuhan dalam proses molting. Namun demikian, belum dapat diidentifikasi secara pasti gen spesifik mana yang bertanggung jawab atas mutan nmd. Hal tersebut disebabkan oleh dua hal utama yaitu kisaran basepairs 2,72 mb cukup luas untuk diidentifikasi, sehingga perlu dilakukan uji pengerucutan gen kedua untuk mendeteksi dari populasi individu F2 yang lebih besar. Kedua, temuan 89 gen dapat menunjukan mutasi yang diakibatkan lebih dari satu gen. Oleh karena itu, diperlukan analisis lebih lanjut untuk mendapatkan hasil yang valid. Hasil hipotesis genom padapasang basa dalam rentang 2,72 mb pada penelitian ini menunjukkan kandidat gen.

Tabel 1 Detail Primer dan Sekuens pada Proses Skrining Pita DNA

Spesies	Strain	Nama Primer	Sekuensi Primer 5' - 3'	Panjang Amplicon (bp)
Bombyx mori	p50T (wild type), a47 (*nmd* carrier), F_1 (parentalcrossed), dan F_2	Ch9-5f/5r	AGTTATTATGGCGGAATTGCGAAAC / CTCTTGGCGCTAAATTGGGTTTTAC	25
		Ch9-6f/6r	CAAGAAGTAACGCGTAATGGTCGAA / ACGGTGAATGGTAGTCAAGCAGGTA	25
		Ch9-12f/12r	GTTTCAGTCGCGACAAAGACAAGTT / ATCTAATTAGGACCGGCAATGCTGT	25
		ch9-13f/13r	GCTATAAACGGAACGGCACCATTAT / ACGCAGTACCAAATTGCTGCTTTAG	25
		Ch9- 45f/45r	GTACACCTTGGAATCCACATTGAGC / CTCGAAGGTACCATACAGCCTCTCA	25
		Ch9-51F/R	TTGCGTGTATAAATAGCGGGAAATG / TTAATTGCCTTTGGCCTCATTCTTT	25
		ch9-35f/35r	AATAATGTGTGTTGATCGCGTGAAG / CACACCATCCGTGGTGCTAAACTAC	25
		Ch9-27f/27r	TCGTATGCTTGACTTTCGCTTAACA / AATTCATGATGGAGTGCGGAGACTA	25
		Ch9-38f/38r	CACATGTGGCAATTTTCCGTCTATT / TGAATTGCCTCGAGTAGTTCAGAGC	25
		Ch9-36f/36r	GATCTATCTCGTAAGCCAGCTTTTGC/ AAGAACACGAACGAGACAGGACAAC	25
		Ch9-10f/10r	AGGCCGTCAACTTCAAATCGAATAC/ GGTACCAACTCTGGTTTTGTTGCAG	25

Tabel 2 Pemetaan dan Intepretasi DNA mutant nmd pada Kromosom 9

Lokasi pada kromosom			Simbol Parental DNA				Pemetaan pada 200 Individu F2 (Sampel No.)										
Spesifik	9	Marker															
Primer	19011063 pasang basa			a4	F1	F1						..	15	15	15	15	16
			p50T	7	♀	♂	5	6	7	8	9	.	6	7	8	9	0
	4485334 / 4486310																
Ch9-5f/5r		AFLP	A	B	A/B	A/B	B	B	B	B	A/B	..	B	B	B	B	B
Ch9-6f/6r	6299212 / 6300124	AFLP	A	B	A/B	A/B					A/B	..					B
Ch9-12f/12r	8265850 / 8266814	AFLP	A	B	A/B	A/B					A/B	..					B
ch9-13f/13r	9330803 / 9331785	AFLP	A	B	A/B	A/B					A/B	..					B
Ch9- 45f/45r	9926329 / 9927282	AFLP	A	B	A/B	A/B					B	..					B
Ch9-51F/R	9933515 / 9934472	AFLP	A	B	A/B	A/B					B	..					B
ch9-35f/35r	10060986 / 10061893	AFLP	A	B	A/B	A/B					B	..					B
Ch9-38f/38r	12074180 / 12075121	AFLP	A	B	A/B	A/B					B	..					A/B
Ch9-36f/36r	12677340 / 12678329	AFLP	A	B	A/B	A/B					B	..					A/B
Ch9-10f/10r	13070369 / 13071367	AFLP	A	B	A/B	A/B	B	B	B	B	B	..	B	B	B	B	A/B



Gambar 5 Rentang pasang basa pada bank data Kaikobase dan Rincian Gen pada Silkbase.

Berada pada urutan nukleotida 636 bp yaitu gen KWMTBOMO05189 merupakan ekspresi gen nmd. Jumlah individu dengan total + - 500 F2 perlu ditingkatkan untuk mendapatkan kisaran pasangan basa dan kandidat gen dalam jumlah kecil yang memungkinkan untuk memudahkan analisis lebih lanjut.

SIMPULAN

Rentang deteksi terhadap lokasi gen mutan nmd pada persilangan wildtype (p50T) dan a47 pada ulat sutera dengan metode positional cloning berhasil mempersempit lokasi gen nmd pada ulat sutera di kromosom 9 pada kisaran 9330803 bp - 12075121 bp (2.7mb) dengan 89 kandidat gen. Berdasarkan hasil uji DNA pengerucutan pasang basa didapatkan hasil bahwa 2 sampel (individu nomor 9 dan 160) tampak mewakili mutan heterozigot yang ditunjukkan pada 3-4 primer yang diuji.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis berterima kasih kepada Kepala Laboratorium Serikultur Tokyo University of Agriculture and Technology (TUAT) fasilitas dan kesempatan yang diberikan dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Baskoro A, Fuah AM, Ekastuti DR. 2011. Karakteristik kulit kokon segar ulat sutera liar (Attacus atlas) dari perkebunan teh di daerah Purwakarta. JPeternakan Ind. 13(3):171-182. doi: https://doi.org/10.25077/jpi.13.3.171.182.2011.

Chong XJ, Buckingham KJ, Jhangiani SN, Boehm C, Sobreira N, Smith JD, Harrel TM, McMillin MJ, Wiszniewski W, et al. 2015. The genetic basis of mendelian phenotypes: discoveries, challenges, and opportunities. American J Human Gen. 97(2015):199–215.

Doira H, Kihara H, Banno Y. 1984.Genetical studies on the “non- molting dwarf” mutation in *Bombyx mori*. *J Seric Sci Jpn.* 53(5):427-431.

Gurjar TS, Siddhapara MR, Surani PM. 2018. Biology of mulberry silkworm, *Bombyx mori* L. On mulberry, *Morus alba* L. *J. Entomol Zool Studies*. 6(4):276- 280.

Harbi J, Nurrochmat DR, Kusharto CM. 2015. Pengembangan usaha persuteraan alam Kabupaten Wajo, Sulawesi Selatan. *JRKPL*.2(2):129-136.

Ito K, Kidokoro K, Sezutsu H, Nohata J, Yamamoto K, Kobayashi I, Uchino K, Kalyebi A, Eguchi R, Hara W, *et al.* 2008. Deletion of a gene encoding an amino acid transporter in the midgut membrane causes resistance to a Bombyx parvo-like virus. *Proc NatlAcadSci USA*.105(21):7523–7527.

Ito K, Kidokoro K, Katsuma S, Shimada T, Yamamoto K, Mita K, Okuda KK. 2012. Positional cloning of a gene responsible for the cts mutation of the silkworm *Bombyx mori*. *Genome*. 55(1):493–504. doi:10.1139/G2012-033.

Kawamoto W, Jouraku A, Toyoda A, Yokoi K, MinakuchiY, Katsuma S, Fujiyama A, Kiuchi T, Yamamoto K, Shimada T. 2019. High-quality genome assembly of the silkworm Bombyx *mori*. *Insect Biochem Mol Biol*.107(1):53-62.

Mas’ud EI, Kadir MI, Molo H, Tahnur M, Hardiyanti, Riyadi S. 2017. Potensi pengembangan budidaya ulat sutera di areal KPHP model awota. Jurnal Hutan Masy. 9(1):17-22.

[MRC] Molecular Research Center Inc. 2015. Genomic DNA Isolation Reagent Manufacturer Protocol. Ohio (US):Molecular Research Center (MRC).

Patel SR, Pandya HV, Patel SD, Naik MM. 2013. Biology of Bombyx mori L. (Lepidoptera: Bombycidae). *Int J Plant Prot*. 6(2):382-389.

Shimizu K, Tanaka N, Matsuno M. 1980. Genetic linkage analysis of a non-mo Chawna K, Visetson S, Milne J, Wilai S, Sudthongkong C. 2007. Effects of phytoestrogen from white kwaokrua lting mutant of Bombyx mori and its application to the stock maintenance. J Sericultural Sci Japan. 49(1):7– 12.

Soumya M, Harinathareddy A, Nageswari G, Venkatappa B. 2017. Silkworm (Bombyx mori) and its constituents: afascinating insect in science and research. J. Entomol Zool Studies.5(5):1701-

1705.

Suetsugu Y, Futahashi R, Kanamori H, Kadono O, Sasanuma S, Narukawa J, Ajimura M, Jouraku A, Sezutsu H, Osanai F, et.al. 2013. Large scale full-length cDNA sequencing reveals a unique genomic landscape in a lepidopteran model Insect, Bombyx mori. Genes Genom Genet. 3(2013):1481-1492.

Wu F, Wang P, Zhao Q, Kang L, Xia D, Qiu Z, Tang S, Li M, Shen X, Zhang G. 2016. Mutation of a cuticle protein gene, bmcpg10, is responsible for silkworm non- moulting in the 2nd instar mutant. PLoSOne.11(4):1-14. doi:10.1371/journal.pone.01535 49.

Yoda S, Yamaguchi J, Mita K, Yamamoto K, Banno Y, AndoT, Daimon T, Fujiwara H. 2014. The transcription factor apontic- like controls diverse colouration pattern in caterpillars. Nat Commun. 5(2014):4936. doi: 10.1038/ncomms5936.

Zhao QL, Wu F, XDG, Qiu ZY, Shen X, J. 2015. Discovery and genetic characteristics, analysis of a novel Bombyx mori mutant, non- molting at the 2nd instar. Sci Seric. 41(3):423–430.

Keanekaragaman dan Pengendalian Serangga Hama Pada Budidaya Jamur Tiram Putih (*Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P.Kumm.)

Anggun Setyaningrum[1*], Besta Eins Yudharta[1], Anysah Nur Fauziyah[1] dan **Sukirno**[2]

[1]Program Studi Biologi, Fakultas Biologi, Universitas Gadjah Mada
[2]Laboratorium Entomologi, Fakultas Biologi, Universitas Gadjah Mada
*Alamat korespondensi: anggunsetyaningrum1012@gmail.com

ABSTRAK

Jamur tiram (*Pleurotus ostreatus*) merupakan anggota divisi Basidiomycota yang banyak dikembangkan dan dibudidayakan karena bernutrisi tinggi. Jamur tiram rentan terserang penyakit dan hama yang mampu mempengaruhi produktivitasnya. Artikel ini bertujuan untuk mengulas keanekaragaman jenis serangga hama pada jamur tiram serta penerapan pengelolaan hama dari berbagai literatur. Pengendalian hama serangga secara tepat dapat meningkatkan kualitas dan kuantitas produksi jamur tiram. Serangga yang berpotensi sebagai hama pada jamur tiram terdiri dari ordo Diptera, Coleoptera, dan Lepidoptera. Hama utama jamur tiram adalah *Lycoriella* spp (Diptera: Sciaridae) dengan ambang ekonomi sebesar 0,5%. Kebanyakan serangga menyebabkan kerusakan pada badan buah. Hama ini pada fase larva merusak hampir semua bagian tubuh dari jamur tiram. Langkah utama untuk pengendalian hama ini adalah dengan menjaga kebersihan baglog tempat budidaya jamur. Pengendalian hama dengan insektisida menimbulkan pencemaran lingkungan dan residu pada produk sehingga direkomendasikan aplikasi pengendalian hayati menggunakan minyak esensial tanaman dan bioinsektisida berbasis jamur entomopatogen. Pengendalian hayati ini aman dan ramah bagi lingkungan dan manusia. Untuk meningkatkan efektifitas dan efisiensi pengendalian hama, maka pengendalian hayati harus diintegrasikan dengan metode pengendalian biologi, fisik dan mekanik. Potensi pengembangan penelitian yang dapat dilakukan berdasarkan artikel ini adalah pengaruh habitat, misalnya semi – natural habitat terhadap keanekaragaman serangga hama.

Kata kunci: budidaya jamur, *Lycoriella* spp, Pleurotus ostreatus, Sciaridae.

PENDAHULUAN

Jamur tiram (*Pleurotus ostreatus*) merupakan anggota divisi Basidiomycota dan kelas Homobasidiomycetes dengan ciri morfologi badan buah berwarna putih sampai krem berbentuk tudung membulat setengah lingkaran dengan cekungan pada bagian tengah (Batubara, 2019). Jamur yang sering disebut sebagai *Oyster mushroom* ini merupakan jamur yang berspora dengan hifa berinti satu yang bersekat dan menyatu membentuk miselium. Miselium tersebut berperan dalam penyerapan air, nutrisi serta bahan organik untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangan jamur tiram. Selain itu, miselium juga merupakan tahapan awal pembentukan badan buah sehingga secara tidak langsung akan mempengaruhi pembentukan bakal buah (*pin head*) (Hendri dkk., 2016). Jamur tiram (*P. ostreatus*) merupakan jenis jamur yang banyak dikembangkan dan dibudidayakan di dunia selain *Agaricus bisporus* dan *Lentinula edodes* (Oyebamiji *et al.*, 2018). Jamur tersebut memiliki potensi nilai ekonomi yang tinggi serta mudah diolah menjadi berbagai produk makanan hingga obat-obatan (Christita & Suryawan, 2018). *P. ostreatus* memiliki kemampuan menangkal radikal bebas yang baik karena kandungan senyawa tertentu misalnya ergothioneine (Weigand-Heller *et al.*, 2012). Disamping itu, jamur ini juga kaya akan protein, karbohidrat non tepung, serat, mineral, vitamin B, lemak yang cukup, serta tidak mengandung kolesterol. Salah satu hasil riset yang dilakukan oleh Tolera & Abera (2017) menunjukkan bahwa *P. ostreatus* segar memiliki kandungan air sebesar 88,75%, protein mentah 28,85% db, lemak mentah 2,47% db, serat mentah 12,87% db, dan karbohidrat sebesar 48,16%. Kandungan nutrien tersebut akan berbeda secara signifikan apabila *P. ostreatus* diberikan perlakuan awal misalnya pengeringan (Tolera & Abera, 2017).

Budidaya jamur tiram dapat dengan mudah dilakukan dengan media substrat kayu dalam kemasan plastik dan diinkubasi. Keberhasilan bubidaya jamur bergantung pada berbagai faktor lingkungan diantaranya cahaya, air, suhu udara, pH, kelembapan serta sumber nutrien bagi perkembangan dan pertumbuhan jamur budidaya. Kelembapan merupakan faktor yang sangat penting dalam budidaya jamur sehingga jamur tidak kering dan mati. Pengaturan kelembaban dilakukan dengan penyemprotan air pada ruangan tempat budidaya secara rutin. Kondisi ideal pada proses inkubasi jamur diantaranya memiliki

tingkat kelembapan 60-80% dan suhu 22-28°C sementara pada fase pembentukan tubuh jamur kondisi idealnya pada kelembapan 80-90% dengan kisaran suhu sebesar 16-22°C (Rasta dkk., 2018). Jamur tiram merupakan jamur yang rentan terhadap hama dan penyakit. Hama dan penyakit tersebut dapat menghambat pertumbuhan dan perkembangan jamur karena rusaknya miselium selain adanya infeksi penyakit (Oyebamiji *et al.*, 2018). Hama yang sering ditemukan diantaranya lalat jamur *sciarid*, *cecid*, dan *phorid* yang dapat menurunkan 27% produktivitas jamur tiram putih (Christina & Suryawan, 2018). Larva dari ordo Diptera biasanya bersembunyi pada bagian sporokarp pada jamur tiram (Oyebamiji *et al.*, 2018) Di samping itu, jamur gulma seperti *Mucor rhizopus* dan *Aspergillus* sp., hingga virus juga menjadi masalah penting pada budidaya jamur tiram (Batubara, 2019). Penyakit yang dapat menginfeksi jamur tiram diantaranya *dry bubble disease* yang disebabkan oleh *Verticillium fungiola* hingga *wet bubble disease* yang disebabkan oleh *Mycogine perniciosa* (Oyebamiji *et al.*, 2018). Budidaya jamur tiram memiliki potensi yang menjanjikan untuk terus dikembangkan di Indonesia. Meskipun begitu, hambatan berupa infestasi hama pada jamur budidaya masih dapat terjadi. Infestasi serangga hama pada jamur tiram dapat berpengaruh terhadap produktivitas serta kualitas produk jamur tiram yang dihasilkan. Oleh karena itu, artikel ini bertujuan untuk mengidentifikasi keanekaragaman jenis serangga hama pada jamur tiram dan strategi pengelolaan hama secara tepat sehingga dapat meningkatkan kualitas serta kuantitas produksi dalam budidaya jamur tiram.

SERANGGA HAMA PADA JAMUR TIRAM PUTIH

Lalat dari Familia Sciaridae atau *dark-winged fungus gnat* merupakan hama yang umum ditemukan pada jamur komersial (Rinker, 2017). Selain lalat sciarid, serangga yang biasanya menjadi hama pada jamur tiram adalah kumbang (Coleoptera) dan ngengat (Lepidoptera) (Singh & Sharma, 2016). Lalat tersebut menyebabkan kerusakan yang serius karena lalat juga melakukan perkembang biakan di dalam badan buah jamur. Lalat sciarid dapat dijumpai pada tanah, campuran tanah, maupun kompos baglog jamur. Beberapa serangga yang menjadi hama pada jamur tiram budidaya tertera dalam tabel 1. Species dan familia terbanyak yang menjadi serangga hama pada jamur tiram berasal dari ordo Diptera. Dilaporkan oleh Jompong *et al.* (2015) bahwa serangga familia Dolichopodidae (ordo Diptera) dan Tineidae (ordo Lepidoptera) juga menjadi hama pada jamur (Jompong *et al.*, 2015). Hama mayor dari jamur tiram adalah lalat sciarid dari genus *Lycoriella* (Bellettini *et al.*, 2018). Larva sciarid menjadi hama mayor dan perlu untuk segera ditangani karena memiliki ambang ekonomi yang rendah yaitu 0,5% (Singh & Sharma, 2016). Larva dari lalat sciarid mampu memakan seluruh bagian jamur baik kompos jamur, miselium, spora, primordia atau calon jamur, dan carpophore (Rinker, 2017). Selain larva sciarid, Triplax juga menyebabkan kerusakan yang besar dibandingkan dengan serangga hama yang lain (Nongkynrih et al., 2017). Serangga yang berasal dari familia Staphylinidae umumnya merupakan serangga dengan sumber makanan campuran atau tidak hanya memakan kelompok fungi saja. Akan tetapi, Sepedophilus merupakan mycophagous obligat (pemakan jamur). Sekitar 60% dari kumbang (ordo Coleoptera) yang dijumpai menjadi hama merupakan organisme obligat mycetobionts, sekitar 32% merupakan facultative mycetophiles, sekitar 5% merupakan kelompok accidental mycetoxenes, serta sekitar 3% sisanya merupakan kelompok kumbang yang belum jelas perannya dalam habitat jamur (Cline & Leschen, 2005).

Serangga menyerang jamur pada umumnya di bagian badan buah (Rinker, 2017). Fase dalam metamorfosis serangga yang paling banyak menjadi hama adalah fase larva. Sebagian besar dari kelompok larvatersebut memakan bagian badan buah dan merusak hifa meskipun tidak sedikit pula serangga imago yang memakan jamur tiram (Nongkynrih et al., 2017). Dilaporkan oleh Cline & Leschen (2005) bahwa jamur merupakan substrat makanan untuk serangga dewasa sekaligus sumber pakan untuk larva. Serangga imago memiliki preferensi yang besar untuk meletakkan telur pada jamur sehingga ketika menjadi larva maka larva tersebut akan memakan jamur. Larva yang dapat ditemui beragam antara lain dari familia Cantharidae, Elateridae, Erotylidae, Mycetophagidae, dan Staphylinidae (Cline & Leschen, 2005). Masuknya hama dalam budidaya jamur dapat terjadi ketika pembuatan dan perawatan substrat (baglog jamur) yang tidak mengikuti quality control yang ada atau tempat pembiakan jamur tidak dirancang untuk mencegah invasi hama. Jamur tiram juga diduga menghasilkan senyawa volatil pada masa vegetatif dan pembentukan basidiocarp yang menjadi atraktan bagi berbagai lalat atau serangga lain untuk datang (Mignucci et al., 2000). Pola dan besarnya kerusakan jamur yang disebabkan oleh hama serangga berkolasi dengan faktor abiotik. Kerusakan paling banyak oleh serangan hama serangga terjadi pada musim penghujan (Nongkynrih et al., 2017). Selain itu, perkembangan serangga hama berkorelasi positif sengan temperatur dimana kenaikan temperatur memperpendek masa perkembangan dan mempercepat fase instar dari larva (Nongkynrih et al., 2017).

Tabel 1. Serangga hama pada Jamur tiram (*Pleurotus ostreatus*)

Ordo	Familia	Species	Referensi
Diptera	Drosophilidae	*Drosophila funebris*	(Gnaneswaran and Wijayagunasekara, 1999)
		D. melanogaster	(Gnaneswaran and Wijayagunasekara, 1999; Oyebamiji et al., 2018)
		Mycodrosophila spp.	(Gnaneswaran and Wijayagunasekara, 1999)
	Sciaridae	*Bradysia* spp.	(Nongkynrih et al., 2017; Nasution, 2018)
		Lycoriella spp.	(Nongkynrih et al., 2017)
	Micetophilidae	*Allactoneura* spp.	(Nongkynrih et al., 2017)
	Phoridae	*Megaselia* spp.	(Deepthi et al., 2004, Nasution, 2018)
		Chonocephalus rostamani	(Nasution, 2018)
	Muscidae	*Musca domestica*	(Nasution, 2018)
	Limoniidae	*Libnotes immaculipennis*	(Nasution, 2018)
	Scatopsidae	*Coboldia fuscipes*	(Nasution, 2018)
	Cecidomyiidae	*Mycophyla* sp.	(Nasution, 2018)
		Heteropezina cathistes	(Singh and Sharma, 2016)
Coleoptera	Staphylinidae	*Gyrophaena* spp.	(Gnaneswaran and Wijayagunasekara, 1999)
		Staphylinus sp.	(Deepthi et al., 2004)
		Phanerota sp.	(Gnaneswaran and Wijayagunasekara, 1999)
		Sepedophilus spp.	(Gnaneswaran and Wijayagunasekara, 1999)
		G. nilambura	(Gnaneswaran and Wijayagunasekara, 1999)
	Erotylidae	*Triplax* spp.	(Nongkynrih et al., 2017)
		Tritoma motschulskyi	(Gnaneswaran and Wijayagunasekara, 1999)
		Megalodacne spp.	(Nongkynrih et al., 2017)
		Scaphisoma spp.	(Deepthi et al., 2004; Nongkynrih et al., 2017)
	Nitidulidae	*Cyllodes bifacies*	(Nasution, 2018)
		C. indicus	(Gnaneswaran and Wijayagunasekara, 1999)
		Pallodes spp.	(Gnaneswaran and Wijayagunasekara, 1999)
Lepidoptera	Noctuidae	Larva*	(Nongkynrih et al., 2017)

*) tidak dapat diidentifikasi oleh peneliti

PENGENDALIAN SERANGGA HAMA PADA BUDIDAYA JAMUR TIRAM

Pengendalian serangga perlu dilakukan untuk menghindari adanya kerugian akibat kerusakan yang disebabkan oleh hama tersebut. Hal utama yang harus dilakukan dalam mencegah adanya hama adalah menjaga sanitasi dan *hygiene* baik dari baglog tumbuh jamur dan juga rumah budidaya. Penggunaan baglog yang telah melalui proses komposting mampu mengurangi adanya kontaminan termasuk serangga. Penggunaan *backlight* dengan air mampu mengurangi populasi serangga hama (Sanchez, 2010).

Beberapa pembudidaya jamur menggunakan insektisida kimia untuk membasmi hama serangga. Insektisida yang umum digunakan adalah chlorpyrifos, endosulfan, dan carbosulfan. Akan tetapi insektisida tersebut tidak dianjurkan untuk digunakan karena menimbulkan pengaruh negatif jangka panjang terhadap lingkungan seperti menyebabkan kontaminasi tanah sehingga mengganggu sektor pertanian (Jompong *et al.*, 2015). Hal tersebut mendorong adanya alternatif insektisida baru yang lebih ramah atau bio-pengendalian serangga.

Tabel 2. Kerusakan yang ditimbulkan oleh serangga hama pada jamur tiram (*Pleurotus ostreatus)*

Familia	Kerusakan yang Ditimbulkan	Referensi
Sciaridae	Larva melubangi badan buah sehingga jamur terlihat seperti massa spons berwarna coklat.	(Singh and Sharma, 2016)
Phoridae	Tudung jamur berwarna coklat kekuningan, terbentuk saluran disepanjang batang jamur.	(Singh and Sharma, 2016)
Drosophilidae	Menghisap cairan dari jamur serta merusak badan buah	(Gnaneswaran and Wijayagunasekara, 1999; Oyebamiji et al., 2018)
Staphylinidae	Merusak badan buah	(Gnaneswaran and Wijayagunasekara, 1999)
Erotylidae	Merusak badan buah	(Gnaneswaran and Wijayagunasekara, 1999)
Nitidulidae	Merusak badan buah dan miselium	(Gnaneswaran and Wijayagunasekara, 1999)
Noctuidae	Merusak badan buah	(Gnaneswaran and Wijayagunasekara, 1999)

Salah satu penelitian menunjukkan bahwa minyak esensial dari tanaman memiliki efek toksik terhadap *Lycoriella ingenua* (sciarid fly) yang merupakan hama yang paling banyak dijumpai pada jamur tiram serta menyebabkan kerugian yang besar terhadap pembudidaya jamur tiram. Pada penelitian tersebut didapatkan bahwa minyak esensial dari *Juniperus oxycedrus, Carum carvi, Cuminum cyminum, Cymbopogon martini, Citrus reticulata, Myristica fragrans, Mentha spicata,* dan *Thymus vulgaris* mampu menyebabkan ≥90% mortalitas pada lalat sciarid pada konsentrasi 30 x 10^{-3} mg/ml (Park *et al.*, 2008).

Minyak esensial memiliki potensi yang besar untuk menggantikan insektisida kimia sintetik yang ada karena tidak menimbulkan dampak negatif atau hanya memiliki dampak negatif yang rendah terhadap lingkungan dan manusia. Minyak esensial ini juga telah lama dikenal sebagai repellent atau penolak serta insektisida terhadap hama yang berasal dari phylum Arthropoda (Isman, 2006). Selain minyak esensial, ekstrak dari daun juga dapat dijadikan alternatif bioinsektisida, mislanya ekstrak daun pepaya dan cabai (Christina & Suryawan, 2018).

Pengendalian hama hayati lain adalah *myco-biocontrol. Myco-biocontrol* adalah pemanfaatan jamur entomopathogen dalam proses biologis untuk mengurangi serangan hama serangga dan kerusakan yang disebabkan oleh hama (Sandhu *et al.*, 2011). Salah satu contohnya adalah pemanfaatan miselum sebagai insektisida atau disebut *myco-pesticide* (Girmay *et al.*, 2016). Sumber dari insektisida jamur antara lain adalah jamur yang bersifat entomopathogen misalnya *Beauveria bassiana, Metarhizium anisopliae, Isaria fumosorosea, B. bronginiartii, Acremonium, Amoebidium, Barbatospora, Basidiobolus, Cordyceps, Entomophaga, Entomophthora, Kickxella*, dan jenis lain (Hussain *et al.*, 2014). Target dari insektisida jamur tersebut adalah Hemiptera, Coleoptera, Lepidoptera, Thysanoptera, dan Orthoptera. Insektisida jamur cukup potensial sebagai insetisida karena reproduksi aseksualnya yang mudah dan cepat dengan konidiospora (Sandhu *et al.*, 2011).

Metode lain yang dapat diterapkan dalam pengendalian hama adalah melalui kontrol biologi. Metode ini memanfaatkan predator atau musuh alami dari serangga hama. Sebagai contoh pemanfaatan tungau predator dari genus *Hypoaspis* (Acari: Hypoaspidae) untuk mengendalikan populasi dari lalat Sciaridae dan Phoridae (Jess & Schweizer, 2009). Pengendalian hama juga dapat dilakukan dengan memanfaatkan perangkap hama, cara ini disebut juga dengan pengendalian secara fisik dan mekanik. Pengendalian secara fisik dan mekanik memiliki tujuan untuk mematikan hama, mengganggu aktifitas fisiologis hama dan mengubah lingkungan sedemikian rupa sehingga tidak sesuai untuk pertumbuhan dan perkembangan hama (Prasetyani, 2010).

Perangakap hama baik digunakan karena pembuatannya sederhana dan tidak memerlukan biaya yang mahal (Prasetyani, 2010). Salah satu perangkap hama yang umum digunakan adalah *sticky trap*. Perangkap ini dapat digunakan pada tepi bagian baglog yang terbuka, sehingga ketika ada hama yang terbang

disekitar jamur akan terperangkap pada *sticky trap*. Pengendalian dengan perangkap cukup efektif dilakukan untuk serangga yang telah memasuki fase imago dan dapat terbang, misalnya serangga dari ordo Lepidoptera dan ordo Coleoptera (Kusnaedi, 2004).

POTENSI PENGEMBANGAN PENELITIAN

Cakupan penelitian mengenai pengendalian hama sangatlah luas, penelitian ini hanyalah studi awal saja. Keanekaragaman hama pada tempat budidaya jamur juga sangat dipengaruhi oleh lingkungan tempat kumbung itu berada, berbagai macam hama serangga dapat bermigrasi dari lahan disekitar kumbung jamur berada. Untuk itu perlu dikembangkan lagi penelitian mengenai pengaruh semi-natural habitat di sekitar kumbung jamur terhadap keanekaragaman hama serangga. Semi–natural habitat juga dapat berkontribusi dalam biokontrol serangga hama, hal ini disebabkan karena intensitas migrasi predator alami lebih tinggi dari intensitas migrasi hama serangga menuju agroekosistem (Macfadyen *et al.*, 2015). Selain itu, perlu dilakukan penelitian untuk menguji efektivitas dari bioinsektisida dari ekstrak berbagai tumbuhan terhadap serangga hama pada jamur tiram.

SIMPULAN

Berdasarkan paparan yang telah diuraikan hama pada *Pleurotus ostreatus* (jamur tiram) yang sering dijumpai adalah dari ordo Diptera, Coleoptera, dan Lepidoptera. Serangga hama yang paling sering dijumpai dan menyebabkan kerugian paling tinggi adalah lalat sciarid (Diptera: Sciaridae) terutama genus *Lycoriella*. Langkah awal pengendalian serangga hama adalah peningkatan sanitasi dan hygenie. Pengendalian yang dilakukan menggunakan insektisida kimia tidak dianjurkan karena menimbulkan efek negatif terhadap lingkungan. Pengendalian hayati memiliki efek yang relatif rendah atau bahkan tidak memiliki dampak negatif terhadap lingkungan dan manusia. Bioinsektisida yang dapat digunakan sebagai pengganti antara lain minyak esensial tumbuhan, ekstrak daun tanaman, dan insektisida jamur.

DAFTAR PUSTAKA

Batubara, S R. 2019. Sistem pakar mendiagnosa hama dan penyakit pada tanaman jamur tiram dengan metode teorema bayes. Pelita Informatika: Informasi Dan Informatika 7 (4): 235–39.

Christita, M, and A Suryawan. 2018. Efektivitas daun pepaya (*Carica papaya*) dan cabai rawit (*Capsicum frutescens*) sebagai bioinsektisida pada budidaya jamur tiram putih. Jurnal WASIAN 5 (2): 79–87.

Cline, A, and R Leschen. 2005. Coleoptera associated with oyster mushroom, *Pleurotus ostreatus* Fries, in North America. Southeastern Naturalist 4 (3): 409–20.

Deepthi, S, M Suharban, D Geetha, and K Sudharma. 2004. Pests infesting oyster mushrooms in Kerala and the seasonality of their occurance. Mushroom Research 13 (2): 76–81.

Girmay, Z, W Gorems, G Birhanu, and S Zewdie. 2016. Growth and yield performance of *Pleurotus ostreatus* (Jacq. Fr.) Kumm (osyter mushroom) on different substrate. AMB Express 6 (87): 1–7.

Gnaneswaran, R, and H Wijayagunasekara. 1999. Survey and identification of insect pests of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) cultures in Central Province of Sri Lanka. Tropical Agricultural Research and Extension 2 (1): 21–25.

Hendri, Y, S Samingan, and Z Thomy. 2016. Pengaruh variasi jenis dan komposisi substrat terhadap pertumbuhan jamur tiram putih (*Pleurotus ostreatus*). Jurnal Edubio Tropika 4 (1).

Hussain, A., M Rizwan-ul-Haq, H Al-Ayedh, and A M Al-Jabr. 2014. Mycoinsectisides: potential and future perspective. *Recent* Patents on Food, Nutrition & Agriculture 6: 45–53.

Isman, M B. 2006. Botanical insectisides, deterrents, amf repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. Annual Review of Entomology 51: 45–66.

Jess, S., and H. Schweizer. 2009. Biological control of *Lycoriella ingenua* (Diptera: Sciaridae) in commercial mushroom (*Agaricus bisporus*) cultivation: a comparison between *Hypoaspis miles* and *Steinernema feltiae*. Pest Management Science 65: 1195-1200.

Jompong, U, J Pumnuan, and A Insung. 2015. Insectiside application in mushroom farms: a survey study in nongyaplong district, Phetchburi Province, Thailand. Sci. Tech. J. 15 (2): 80–87.

Kusnaedi. 2004. Pengendalian Hama Tanpa Pestisida. Penebar Swadaya. Jakarta.

Macfadyen, S, J Hopkinson, and H R Parry. 2015. Early-Season movement dynamics of phytophagous pest and natural enemies across a

native vegetation-crop ecotone. Agriculture, Ecosystems and Environment 200: 110–18.

Mignucci, J S, C Hernandez-Baco, L Rivera-Vargas, C Betancourt, and M Alameda. 2000. Diseases and pests research on oyster mushrooms (*Pleurotus* spp.) in Puerto Rico. The International Journal of Mushroom Sciences 3 (1): 21–26.

Nasution, A. 2018. Keragaman dan kelimpahan serangga pada bubidaya jamur tiram putih (*Pleurotus ostreatus*) di Kelurahan Bandar Khalifah Kecamatan Percut Sei Tuan Kabupaten Deli Serdang. Universitas Medan Area.

Nongkynrih, B, D Firake, P Baiswar, G Behere, S Chandra, and S Ngachan. 2017. Pest complex of cultivated oyster mushroom in Northeast India: feeding losses and role of micro-climate in pest multiplication. Indian Journal of Hill Farming 30 (2): 259–67.

Oyebamiji, G, G Jonathan, D Akinyemi, and K Popoola. 2018. Fungal and insect pests of the edible mushroom *Pleurotus ostreatus*. Notulae Scientia Biologicae 10 (3): 379–86.

Park, I-K, J N Kim, Y-S Lee, S-G Lee, Y-J Ahn, and S-C Shin. 2008. Toxicity of plant essential oils and their components against *Lycoriella ingenua* (Diptera: Sciaridae). Journal of Economic Entomology 101 (1): 139–44.

Prasetyani, E. T. 2010. Pengendalian hama tanaman sayuran dengan caea murah, mudah, efektif, dan ramah lingkungan. Cefars: Jurnal Agribisnis Dan Pengembangan Wilayah 2 (1): 34–42.

Rasta, M, P W Sunu, and I W A Subagia. 2018. Mekanisasi budidaya jamur tiram putih untuk meningkatkan kapasitas produksi petani. Bhakti Persada Jurnal Aplikasi IPTEKS 4 (2): 92–99.

Rinker, D A. 2017. Insect, Mite, and Nematode Pests of Commercial Mushroom Production: Technology and Applications. In Edible and Medicinal Mushrooms, First, p. 221–37. John Wiley & Sons, Inc. New Jersey, USA.

Sanchez, C. 2010. Cultivation of *Pleurotus ostreatus* and other edible mushrooms. Appl. Microbiol. Biotechnol. 85: 1321–37.

Sandhu, S S, A K Sharma, V Beniwal, G Goel, P Batra, A Kumar, S Jaglan, A K Sharma, and S Malhotra. 2011. Myco-Biocontrol of insect pests: factors involved, mechanism, and regulation. journal of pathogen 2012: 1–10.

Singh, A U, and K Sharma. 2016. Pests of mushroom. Advances in Crop Science and Technology 4 (2): 1–6.

Tolera, K. D., & S Abera. 2017. Nutritional quality of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) as affected by osmotic pretreatments and drying methods. Food Science & Nutrition 5: 989–996.

Weigand-Heller, A. J., P. M. Kris-Etherton, and R B Beelman. 2012. The bioavailability of ergothioneine from mushrooms (*Agaricus bisporus*) and the acute effects on antioxidant capacity and biomarkers of inflammation. Preventive Medicine 54: S75–S78.

Pemanfaatan Cendawan Entomopatogen *Cordyceps militaris* dalam Pengendalian Hama Ulat Api (Limacodidae: Lepidoptera) di Perkebunan Kelapa Sawit PT. Bumitama Gunajaya Agro

Fitrah Murgianto[1*], David Irvanto[1], Adhy Ardiyanto[1], Edyson[1], dan **Rahmadi[1]**

[1]Departemen Riset Bumitama Gunajaya Agro, Palangkaraya, Indonesia, 74354.
*Alamat korespondensi: fitrah.murgianto@bumitama.com

ABSTRAK

Serangan hama ulat api pada tanaman kelapa sawit dapat menyebabkan penurunan produksi dan meningkatkan biaya pengendalian secara kimia. Salah satu upaya dalam pengendalian secara hayati dan ramah lingkungan adalah dengan pemanfaatan cendawan entomopatogen *Cordyceps militaris* yang menyerang fase pupa dari hama ini. Isolat *C. militaris* diperoleh dari pupa ulat api yang terinfeksi secara alami oleh *C. militaris* untuk kemudian diperbanyak dengan media jagung di laboratorium. Isolat *C. militaris* dalam media jagung dicampur dengan tanah dalam perbandingan 1 : 20 per hektar (2,5 Kg : 50 Kg). Aplikasi dilakukan pada permukaan tanah di sekitar pangkal batang tanaman kelapa sawit. Tingkat infeksi *C. militaris* pada pupa ulat api setelah diaplikasikan ke lapangan berkisar pada 80 – 90 %. Aplikasi *C. militaris* mampu mencegah ledakan serangan hama ulat api seluas 398 hektar di wilayah operasional PT. Bumitama Gunajaya Agro (BGA) pada tahun 2020. Selain itu, pengaplikasian cendawan ini mampu menghemat biaya pengendalian hingga 39 % dibandingkan dengan insektisida kimia. Pemanfaatan *C. militaris* merupakan teknik pengendalian hama ulat api yang efektif, efisien, ramah lingkungan dan tidak berbahaya bagi serangga lain yang bermanfaat di perkebunan kelapa sawit.

Kata kunci: *Cordyceps militaris*, kelapa sawit, pupa, ulat api

PENDAHULUAN

Tanaman kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) merupakan salah satu sumber penghasil minyak nabati selain tanaman kedelai, rapeseed, dan bunga matahari. Hingga tahun 2018, luas perkebunan kelapa sawit telah mencapai 12,76 juta hektar dengan produksi CPO mencapai 36,59 juta ton CPO *(Crude Palm Oil)* baik yang dikelola oleh negara, swasta, dan petani yang tersebar di berbagai provinsi di Indonesia (BPS, 2018). Minyak nabati yang dihasilkan dari buah kelapa sawit saat ini sangat dibutuhkan oleh berbagai sektor industri seperti biofuel, oleokimia, dan oleofood.

Dalam rangka mempertahankan kualitas dan kuantitas dari buah sawit yang dihasilkan, maka diperlukan pengelolaan kesehatan tanaman kelapa sawit termasuk dalam bidang hama dan penyakit yang menyerang. Serangan hama penyakit pada tanaman kelapa sawit mampu menyebabkan penurunan produksi hingga kematian bagi tanaman kelapa sawit. Salah satu hama utama yang menyerang tanaman kelapa sawit berasal dari golongan ulat api (Limacodidae: Lepidoptera). Cheong *et al.* (2010) melaporkan bahwa ulat pemakan daun kelapa sawit (UPDKS) merupakan hama yang paling merusak dan menyebabkan kerugian ekonomi dari serangga ordo Lepidoptera.

Beberapa spesies ulat api yang dilaporkan pernah menyerang dan menyebabkan kerugian secara ekonomi di PT. Bumitama Gunajaya Agro (BGA) adalah *Darna trima*, *Setora nitens*, *Ploneta diducta*, dan *Setothosea asigna*. Pada tahun 2018 dilaporkan telah terjadi ledakan serangan *D. trima* dan *S. nitens* seluas 3.300 Ha di wilayah operasional PT.BGA. Defoliasi berat akibat aktivitas makan hama ini mampu menyebabkan penurunan produksi hingga 40 – 50% pada dua tahun setelah serangan. Beberapa faktor yang mendukung terjadinya ledakan serangan hama ini seperti musim kemarau panjang, *clean weeding*, rusaknya habitat musuh alami, dan penggunaan insektisida berspektrum luas yang dapat mengurangi populasi musuh alami (GPAS, 2006).

Penggunaan insektisida sintetis masih menjadi pilihan dalam mengendalikan serangan ulat api. Akan tetapi penggunaan insektisida sintetis memberikan efek negatif bagi serangga non target berupa kematian bagi serangga dari golongan predator, parasitoid, dan serangga penyerbuk. Penerapan PHT (Pengendalian Hama Terpadu) melalui pemanfaatan musuh alami dalam pengelolaan hama ini diperlukan agar ledakan serangan dari hama ulat api dapat di cegah. Salah satu musuh alami dari hama ini berasal dari golongan cendawan.

Cordyceps militaris merupakan cendawan entomopatogen yang mampu menyerang ulat api pada fase pupa. Infeksi cendawan ini menyebabkan pupa ulat api menjadi keras dan mati akibat proses mumifikasi. Priwiratama & Susanto (2014) melaporkan bahwa cendawan *C. militaris* mampu menekan populasi ulat api *S. asigna* dengan tingkat infeksi mencapai 46 – 80 %. Oleh sebab itu, pemanfaatan cendawan entomopatogen ini diperlukan untuk penerapan PHT dalam pengendalian hama ulat api yang ramah lingkungan.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Mikrobiologi Departemen Riset dan kebun PT. Bumitama Gunajaya Agro (BGA) yang terserang hama ulat api pada bulan April sampai Desember 2020 berdasarkan hasil sensus ulat api yang telah dilakukan.

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah pupa ulat api yang terinfeksi *C. militaris*, isolat *C. militaris*, media PDA-R, media PDA, jagung giling pecah, alkohol 70%, NaClO 5,25%, dan aquades steril. Alat yang digunakan yaitu, autoclave dan laminar air flow cabinet (LAFC).

Pelaksanaan Penelitian

Isolasi Cendawan *C. militaris*

Biakan *C. militaris* diperoleh dari pupa ulat api yang terinfeksi di lapangan. Pupa tersebut selanjutnya dicuci dengan air bersih dan disterilkan dengan NaClO 5,25 % selama 10 detik dan alkohol 70 % selama 15 detik serta dibilas dengan aquades steril sebanyak 2 kali dalam LAFC. Pupa yang sudah steril kemudian dibedah dan dipotong. Potongan pupa tersebut diletakkan pada media PDA-R dan diinkubasi selama 14 hari pada suhu ruang.Miselium *C. militaris* yang tumbuh di PDA-R selanjutnya direisolasi dan dipindahkan pada media PDA. Isolat tersebut diinkubasi selama 21 hari hingga miselium memenuhi cawan petri.

Perbanyakan Pada Media Jagung

Jagung giling pecah terlebih dahulu dicuci dengan air hingga bersih dan dikukus selama 15 – 20 menit hingga jagung setengah matang. Jagung yang sudah dikukus dan didinginkan selama 30 menit dimasukkan dalam plastik tahan panas.

Sterilisasi dilakukan dalam autoclave dengan suhu 121 ^{o}C selama 15 menit. Inokulasi ke media jagung dilakukan di LAFC. Cendawan *C.militaris* siap diaplikasikan ke lapangan setelah diinkubasi pada suhu ruang selama ± 28 hari (Gambar 1).

Gambar 1. Isolat murni *C. militaris* pada media PDA dan media jagung

Aplikasi *C. militaris*

Aplikasi *C. militaris* yang dicampur dengan tanah dilakukan setelah inokulum berumur ± 28 hari. Perbandingan *C. militaris* dengan tanah adalah 1:20 (2,5 kg:50 kg) per hektar. Campuran *C. militaris* dengan tanah sejumlah 500 g ditaburkan di sekitar pangkal batang pokok kelapa sawit (0 – 50 cm) secara melingkar. Aplikasi *C. militaris* dilakukan pada seluruh tanaman di dalam blok yang dilaporkan terdapat serangan hama ulat api berdasarkan hasil sensus serangan hama ini. Seluruh blok yang dilaporkan terdapat serangan hama ulat api di aplikasikan cendawan entomopatogen *C. militaris* untuk memutus siklus hidup dan mencegah ledakan serangan di waktu yang akan datang.

Tingkat Infeksi *C. Militaris*

Pengamatan tingkat infeksi *C. militaris* terhadap pupa hama ulat api dilakukan saat satu bulan setelah aplikasi. Pengamatan dilakukan dengan cara mengumpulkan semua pupa ulat api yang terdapat di permukaan tanah di sekitar pangkal batang kelapa sawit untuk kemudian di pisahkan antara pupa yang sehat dan pupa yang terinfeksi.

Pupa sehat ditandai dengan keberadaan bakal imago di dalam pupa, sedangkan pupa yang terinfeksi di tandai dengan keberadaan hifa *C. militaris* yang tumbuh dan berkembang pada pupa yang terinfeksi atau bakal imago yang mati dan mengalami mumifikasi (Gambar 2). Pengamatan dilakukan secara acak pada pokok yang telah di aplikasikan *C. militaris* di dalam blok dengan pokok sampel sejumlah 1 % dari total tanaman kelapa sawit di dalam blok.

Gambar 2. Perbedaan pupa sehat (kiri) dan pupa yang terinfeksi *C. militaris* (kanan)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil sensus tahun 2020 dilaporkan terdapat serangan hama ulat api dengan tingkat serangan ringan hingga sedang (< 5 ekor / pelepah) di beberapa wilayah operasional PT. BGA (Tabel 1). Akan tetapi, pengendalian tetap diperlukan untuk mencegah ledakan serangan yang dapat menyebabkan kehilangan produksi dan peningkatan biaya pengendalian di waktu yang akan datang. Pengendalian dilakukan secara hayati dengan aplikasi cendawan entomopatogen *C. militaris* pada permukaan tanah di sekitar pangkal batang kelapa sawit. Dalam siklus hidupnya, hama ulat api melewati fase pupa untuk kemudian menjadi imago yang aktif pada malam hari. Pupa ulat api tersebut berada pada permukaan tanah, meskipun ada yang menempel di daun atau batang kelapa sawit (Gambar 3).

Tabel 1. Histori serangan ulat api pada tahun 2020 di PT. BGA

Estate	Luas Serangan (Ha)	Jenis Ulat Api
SMRE	35.4	*Setora nitens*
BDME	16.0	*Darna trima*
KAGE	44.52	*Setora nitens*
SCME	83.75	*Darna trima*
BHGE	43.0	*Setora nitens*
MSJE	24.0	*Darna trima*
TMRE	72.0	*Setothosea asigna*
PHYE	79.6	*Setothosea asigna*
Total	398.27	

Gambar 3. Pupa ulat api *S. nitens* yang berada di permukaan tanah di sekitar batang kelapa sawit.

Ulat api memiliki tipe metamorfosis holometabola (metamorfosis sempurna) yang melewati fase telur-larva-pupa-imago (Borror *et al*,. 1996). Saat ulat api memasuki fase pupa, maka cendawan *C. militaris* yang diaplikasikan di permukaan tanah dekat dengan pangkal batang akan menginfeksi pupa tersebut. Pupa yang terinfeksi akan mati dan gagal berkembang menjadi imago sehingga mampu memutus siklus hidup hama ini. Cendawan *C. militaris* juga memiliki kemampuan untuk menginfeksi fase larva. Akan tetapi infeksi relatif sulit terjadi, disebabkan saat fase larva ulat api berada di bagian daun kelapa sawit yang jauh dari permukaan tanah. Ginting dkk. (2015) melaporkan bahwa cendawan *C. militaris* mampu menginfeksi ulat api pada fase larva.

Hasil evaluasi saat satu bulan setelah aplikasi menunjukkan bahwa inokulum mampu menginfeksi pupa ulat api yang ada di sekitar tanaman kelapa sawit dengan tingkat infeksi 80 – 90 % yang ditandai dengan banyaknya pupa yang terinfeksi setelah dilakukan aplikasikan cendawan entomopatogen ini (Gambar 4). Selain itu, hasil sensus ulat api saat 2 dan 4 bulan setelah aplikasi ditemukan rata-rata populasi larva per pelepah turun menjadi 0 larva per pelepah. Chun *et al*. (2010) melaporkan bahwa rata – rata siklus hidup beberapa spesies ulat api berkisar 75 – 99 hari.

Gambar 4. Pupa ulat api yang terinfeksi setelah dilakukan aplikasi isolat C. *militaris*.

Pengendalian menggunakan C. *militaris* mampu mencegah ledakan serangan ulat api dan timbulnya biaya pengendalian secara kimia. Biaya pengendalian ulat api menggunakan C. *militaris* lebih ekonomis jika dibandingkan dengan pengendalian secara kimia (Tabel 2). Selain itu, penggunaan insektisida kimia dapat mematikan serangga berguna lainnya. Prawirosukarto dkk. (2008) menyatakan bahwa penggunaan insektisida kimia dalam pengendalian ulat api memerlukan biaya dan menimbulkan pengaruh yang cukup besar. Pengaruh yang merugikan antara lain resistensi, resurgensi, dan terbunuhnya organisme bukan sasaran seperti parasitoid, predator, serta serangga berguna yang sebenarnya sangat diperlukan di perkebunan kelapa sawit.

Tabel 2. Perbandingan Biaya Pengendalian

Metode	Harga (Rp/L/kg)	Dosis /Ha (Kg/cc) & Rotasi	Biaya bahan/Ha
C. *militaris*	14.500	2,5 x 1	36.250
Insektisida	120.000	250 x 2	60.000

Keterangan : Dalam kondisi outbreak pengendalian kimia hanya mengendaliakan larva, minimal diperlukan 2 rotasi untuk memutus siklus hidup ulat api

Selain ulat api, C. *militaris* dilaporkan mampu menginfeksi beberapa jenis serangga lainnya. Shrestha *et al.* (2012) melaporkan terdapat 4 ordo dan 17 famili serangga yang menjadi inangnya. Akan tetapi, dalam laporan tersebut tidak menyebutkan bahwa serangga yang berguna bagi tanaman kelapa sawit seperti *Elaeidobius kamerunicus*, *Sycanus* sp. dan *Eocanthecona furcellata* menjadi inang dari C. *militaris*. Selain itu, berdasarkan pengamatan tidak ditemukan infeksi cendawan ini pada serangga-serangga tersebut. Oleh sebab itu penggunaan C. *militaris* dapat digunakan sebagai metode pengendalian ulat api yang ramah lingkungan di perkebunan kelapa sawit.

SIMPULAN

Pengendalian menggunakan C. *militaris* mampu memutus siklus hidup dan menekan populasi ulat api. Selain itu, penggunaan cendawan ini juga bersifat ramah lingkungan efektif, efisien dengan tingkat infeksi mencapai 80 – 90%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis meyampaikan terima kasih kepada Manajemen PT Bumitama Gunajaya Agro atas dukungan dalam pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Pusat Statistik. 2018. Statistik Kelapa Sawit Indonesia. Badan Pusat Statistik. Jakarta. 82 pp.

Borror DJ., Triplehorn CA., Johnson NF. 1996. Pengenalan Pelajaran Serangga. Ed ke-6 drh. Partosoedjono S, MSc, penerjemah. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press. Terjemahan dari: An Introduction To The Study Of Insect (Sixth edition).

Cheong Y., Sajap A., Hafidji M., Omar D., and Abood F. 2010. Outbreak of bagworms and their natural enemies in an oil palm, Elaeis guineensis, plantation at hutan melintang, Perak, Malaysia. Journal Of Entomol. 7(3): 141 – 151.

Chun S., Hara A., Duponte RN., Nagamine W., Conant P., and Hirayama A. 2010. Identifying and managing stinging nettle caterpillars. College of Tropical Agriculture and Human Resources Leaflet.

Ginting LA., Oemry S., Lubis L. 2015. Uji patogenisitas jamur Cordyceps militaris L. terhadap ulat api (Setothosea asigna E.) (Lepidoptera: Limacodidae) di rumah kasa. Jurnal Online Agroteknologi. 3 (2): 785 – 789.

Guthrie Plantation And Agricultural Services. 2006. Common leaf eating pests of oil palm and their control. GPAS Technical Leaflet. 1(1).

Prawirosukarto S., Susanto A., Purba R.Y., dan Drajat B. 2008. Teknologi Pengendalian Hama dan Penyakit pada Kelapa Sawit: Siap Pakai dan Ramah Lingkungan. Pusat Penelitian Kelapa Sawit. Medan, Sumatera Utara.

Priwiratama H., Susanto A. 2014. Utilization of fungi for the biological control of insect pests and Ganoderma disease in Indonesian oil palm industry. Journal of Agricultural Science and Technology. 4: 103 – 111.

Shrestha B., Liu X., Zhang Y.J, and Liu X. 2012. The medical fungus Cordyceps militaris: Research and development. Mycological Progess. 11(3): 599 – 614.

Kupu-kupu Sebagai Indikator Kualitas Kesehatan Lingkungan di Masa Normal Baru

Sri Nur Aminah Ngatimin[1*], Ratnawati[2], Kasman Jaya[2]

[1]Departemen Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin
Jl. Perintis Kemerdekaan KM. 10 Makassar 90245
[2]Fakultas Pertanian, Universitas Alkhairaat Palu, Sulawesi Tengah
Jl. Diponegoro No. 39, Palu
*Alamat korespondensi: srifirnas@gmail.com

ABSTRAK

Serangga mempunyai berbagai fungsi di dalam ekosistem yang membawa manfaat untuk kesejahteraan hidup manusia. Kupu-kupu adalah jenis serangga yang berpotensi sebagai penyerbuk dan indikator kesehatan lingkungan. Tujuan penelitian yang telah dilakukan: membandingkan populasi kupu-kupu yang terdapat daerah Bantimurung sebelum dan setelah terjadinya pandemi virus Corona. Diharapkan bahwa penelitian dapat memberikan informasi tentang peningkatan populasi kupu-kupu yang terjadi saat berkurangnya aktivitas manusia di alam. Penelitian telah dilaksanakan di Taman Nasional Bantimurung-Bulusaraung Kabupaten Maros, Sulawesi Selatan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa berdasarkan hasil pengamatan kupu-kupu pada jangka waktu sebelum terjadinya wabah virus Corona (November - Desember 2019), total individu kupu-kupu sebanyak 37 ekor. Pengamatan yang dilakukan selama pandemi virus Corona (April – Mei 2020) menunjukkan peningkatan jumlah kupu-kupu menjadi 189 ekor. Terdapat tiga famili utama kupu-kupu yang ditemukan sebelum dan setelah pandemi Corona yakni: Papilionidae, Nymphalidae dan Pieridae. Adanya famili Saturniidae dideteksi setelah terjadinya pandemi penyakit yang diakibatkan oleh virus tersebut. Penemuan tentang peningkatan populasi kupu-kupu menunjukkan bahwa kegiatan manusia berkontribusi sangat besar terhadap eksistensi serangga di alam. Diharapkan hasil yang telah ditemukan memberikan informasi yang berguna untuk upaya konservasi kupu-kupu di masa yang akan datang.

Kata Kunci: kupu-kupu, Corona, Papilionidae, kesehatan lingkungan, Nymphalidae

ABSTRACT

Insects have various functions in the ecosystem that more benefits to the welfare of human life. Butterflies is the typical of insect that have potential as pollinators and indicators of environmental health. The purpose of the research is to compare the butterfly population in Bantimurung areas before and after the pandemic of Corona virus disease. This is very important to provide information about the increases of butterfly population occured when decreased of human activity in nature. The research was held in Bantimurung-Bulusaraung National Park, Maros Regency, South Sulawesi. The results showed, based observations of butterflies in the period before the Corona virus outbreak (November - December 2019), that the total number of butterflies was 37 individual. The observation during Corona virus pandemi (April - May 2020) showed an increase the number of butterflies to be 189 individual. There are three of dominant butterfly families found before and after the Corona virus pandemic, namely: Papilionidae, Nymphalidae and Pieridae. The presence of the Saturniidae family was detected after a pandemic situation. The exploration on the increase of butterfly population showed that human activities contribute greatly to the existence of insects in nature. For the future, this research have provided useful information for butterfly conservation efforts.

Key Words: butterfly, Corona, Papilionidae, environmental health, Nymphalidae

PENDAHULUAN

Taman Nasional Bantimurung-Bulusaraung merupakan daerah yang vital dan terbentang dari Kabupaten Maros sampai ke Kabupaten Pangkep di Propinsi Sulawesi Selatan. Kawasan ini dihuni oleh mayoritas etnis suku Bugis dan Makassar. Secara geologis, daerah Bantimurung tersusun dari batuan pegunungan karst, hutan hujan dan terdapat dua buah air terjun yang berada di dalam tempat wisata. Perlu diketahui bahwa sungai Bantimurung berperan vital sebagai sumber air bersih dan irigasi di sekitar daerah konservasi tersebut. Adanya hutan hujan merupakan habitat yang sesuai untuk perkembangan kupu-kupu. Secara umum kupu-kupu berperan sebagai serangga pollinator dan indikator kualitas lingkungan. Kupu-kupu menyukai habitat yang banyak pohon dan jauh dari jangkauan manusia (Salmah dkk., 2002; Schulze *et al.* 2004).

Sejak beberapa puluh tahun lalu, manusia memainkan peranan yang sangat penting di dalam mengelola keberadaan kupu-kupu di daerah Bantimurung. Selain hasil hutan kayu dan non kayu (madu, kemiri, air nira), kupu-kupu menjadi sumber pendapatan masyarakat karena dijual sebagai cendera mata berupa koleksi awetan kering. Sumber kupu-kupu tersebut berasal dari alam karena banyaknya anggota masyarakat yang menjadi pemburu liar. Kondisi ini merupakan salah satu tantangan di dalam konservasi kupu-kupu. Berdasarkan pada Permen LHK Nomor 20 Tahun 2018 tentang jenis tumbuhan dan satwa dilindungi, terdapat lima jenis kupu-kupu yang masuk di dalam peraturan tersebut yakni: empat jenis dari famili Papilionidae (*Troides helena, Troides haliphron, T. hypolithus, T. oblongomaculatus*) dan famili Nymphalidae (*Cethosia myrina*).

Terjadinya pandemi virus Corona (Covid-19) dengan diterapkannya aturan menjaga jarak, mencuci tangan dan memakai masker berdampak kepada peningkatan populasi kupu-kupu yang terdapat di alam. Aturan menjaga jarak dan adanya ketakutan masyarakat terhadap serangan virus Corona telah membatasi pergerakan para penangkap kupu-kupu dan komponen yang bergantung dari komoditi tersebut. Daerah wisata air terjun Bantimurung ditutup menyebabkan kehilangan pekerjaan masyarakat yang berperan sebagai pelaku perdagangan kupu-kupu di tempat itu.Tujuan dari penelitian yang telah dilakukan adalah: membandingkan populasi kupu-kupu yang terdapat daerah Bantimurung sebelum dan setelah terjadinya pandemi virus Corona.

BAHAN DAN METODE

Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Taman Nasional Bantimurung-Bulusaraung menggunakan sepuluh titik pengamatan kupu-kupu yakni: dua titik di dekat air terjun kecil, dua titik di padang rumput, dua titik di sekitar tepi hutan jati, dua titik di habitat yang ditumbuhi gulma berbunga dan dua titik di sekitar kurungan penangkaran (Pellet *et al.*, 2002). Pengambilan data kupu-kupu dilakukan pada bulan November - Desember 2019 dan Maret – April 2020.

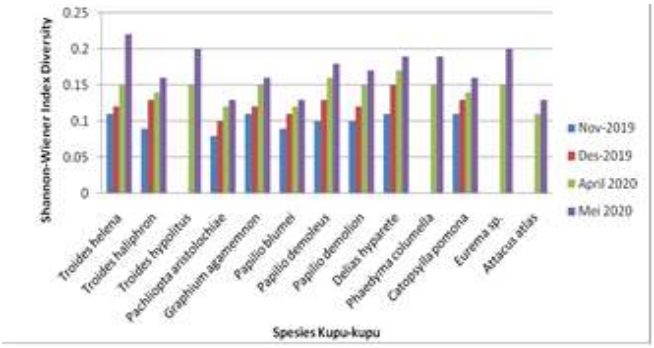
Identifikasi Kupu-kupu

Pengamatan visual dilakukan setiap minggu di sepuluh lokasi dengan cara mengamati kupu-kupu yang berada di tempat tersebut setiap minggu mulai jam 08.00 12.00 siang. Kupu-kupu ditangkap menggunakan jaring serangga dan dilepaskan kembali ke alam setelah dilakukan identifikasi menggunakan lup. Interval pengamatan adalah 7 hari. Teknik pengamatan kupu-kupu lokasinya sama sebelum dan setelah terjadinya pandemi virus Corona. Literatur yang digunakan untuk identifikasi kupu-kupu adalah Peggie & Amir (2006) dan Peggie (2011). Tingkat keanekaragaman kupu-kupu dihitung menggunakan indeks keanekaragaman Shannon-Wiener (Langmack *et al.*, 2001).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Populasi Kupu-kupu Sebelum dan Setelah Pandemi Virus Corona

Setelah terjadinya serangan virus Corona yang berasal dari Wuhan, diberlakukan protokol kesehatan dengan menggunakan masker, mencuci tangan dan menjaga jarak. Selain itu dilakukan pula PSBB (Pembatasan Sosial Berskala Besar). Hal ini berdampak pada populasi kupu-kupu di Taman Nasional Bantimurung-Bulusaraung yang disajikan pada Gambar 1.



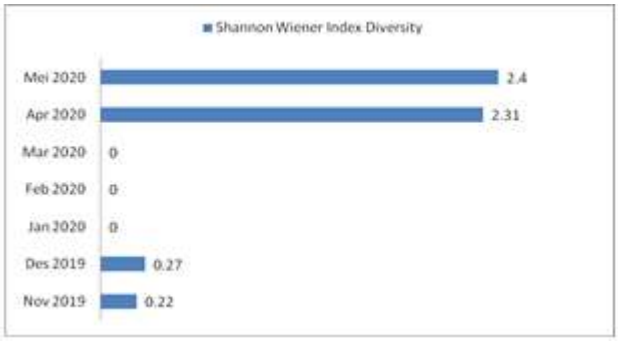
Gambar 1. Spesies Kupu-kupu di Taman Nasional Bantimurung-Bulusaraung Sebelum dan Sesudah Pandemi virus Corona.

Kupu-kupu merupakan serangga yang sangat peka terhadap kondisi lingkungan. Adanya campur tangan manusia yang berperan sebagai penangkap liar sangat mempengaruhi jumlah populasi kupu-kupu di habitat alaminya. Berdasarkan hasil pengamatan yang disajikan pada Gambar 1 diketahui bahwa sebelum

terjadinya serangan virus Corona (November – Desember 2019) ditemukan tiga famili kupu-kupu yakni: Papilionidae (7 spesies), Pieridae (1 spesies) dan Nymphalidae (1 spesies). Kupu-kupu famili Papilionidae adalah: *T. helena*, *T. haliphron*, *P. aristolochiae*, *G. agamemnon*, *P. blumei*, kupu-kupu jeruk (*Papilio demoleus* and *P. demolion*). Jenis kupu-kupu famili Nymphalidae adalah: *Delias hyparete* dan Pieridae adalah *Catopsilia pomona*. Total individu kupu-kupu yang ditemukan adalah 37 ekor.

Hasil pengamatan populasi kupu-kupu yang ditemukan pada bulan April sampai dengan Mei 2020 sebanyak 189 ekor berasal dari 13 spesies dan 4 famili. Pada pengamatan bulan April sampai dengan Mei 2020 (periode pandemi virus Corona) ditemukan *Phaedyma columella* (Nymphalidae), *Eurema* sp. (Pieridae) dan *Attacus atlas* (Saturniidae). Gambar 1 juga menunjukkan bahwa berdasarkan nilai indeks keanekaragaman Shannon-Wiener (H') nilainya paling tinggi pada populasi kupu-kupu *Phaedyma columella* di bulan April 2020 (0.15) dan mengalami peningkatan pada bulan Mei 2020 (0.18). Secara umum terjadinya peningkatan populasi kupu-kupu di habitat alaminya karena adanya *social distancing* untuk membatasi terjadinya penularan virus Corona. Hal ini terlihat pada menurunnya jumlah pemburu kupu-kupu dan tertutupnya kios penjual souvenir di areal taman wisata alam Bantimurung. Merujuk kepada hasil penelitian Shereen *et al.* (2020) yang mengemukakan bahwa virus Corona menyebabkan penyakit dan menyebabkan kematian pada manusia karena serangannya pada bagian pernafasan. Terjadinya peningkatan jumlah kupu-kupu di masa normal baru menunjukkan bahwa terjadi peningkatan kualitas habitatnya sebagai bagian yang tidak terpisahkan dari kehidupan kupu-kupu yang berperan sebagai indikator kesehatan lingkungan. Kurangnya perburuan liar menyebabkan kupu-kupu dapat berkembang biak tanpa adanya campur tangan manusia.

Gambar 1 juga menunjukkan bahwa pada periode November sampai Desember 2020 indeks keanekaragaman Shannon-Wiener berada di tingkat yang paling rendah (H' < 1). Wolda (1978) dan Pullin (2002) mengemukakan bahwa selain adanya gangguan manusia, terjadinya musim kering yang panjang menyebabkan kupu-kupu kehilangan sumber pakannya. Hal ini memberikan kontribusi menurunnya jumlah kupu-kupu di daerah tempat berlangsungnya kegiatan. Perilaku kupu-kupu yang sangat peka terhadap perubahan lingkungan menyebabkan serangga tersebut berpindah ke tempat lain yang menyediakan sumberdaya untuk melangsungkan kehidupannya. Hal inilah yang menjadi penyebab beberapa spesies kupu-kupu termasuk di dalam status *endangered species*. Tren peningkatan populasi kupu-kupu selama sebelum dan setelah pandemi virus Corona disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Tren Peningkatan Populasi Kupu-kupu Sebelum Pandemi virus Corona (November – Desember 2019) dan Masa Normal Baru (April - Mei 2020).

Berdasarkan pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa saat bulan November – Desember 2019, indeks keanekaragaman Shannon-Wiener menunjukkan nilai H'<1 yang berarti nilainya rendah. Sebaliknya pada bulan April – Mei 2020, nilai indeks keanekaragamannya H'<3 yang berada dalam status sedang (ekosistem stabil). Hal ini menunjukkan bahwa terjadi peningkatan populasi kupu-kupu di Taman Nasional Bantimurung-Bulusaraung karena adanya PSBB dan penerapan protokol kesehatan.

Terjadinya peningkatan jumlah kupu-kupu karena para pemburu liar berkurang aktivitasnya menangkap kupu-kupu. Tertutupnya lokasi pariwisata air terjun dan tidak tersedianya para penadah hasil tangkapan kupu-kupu menyebabkan kupu-kupu dapat memulihkan dirinya di dalam habitatnya tanpa terganggu oleh kehadiran manusia.

Selain berkurangnya gangguan manusia, faktor lain yang mendukung meningkatnya populasi kupu-kupu di masa normal baru adalah tersedianya beberapa gulma penghasil bunga. Hasil identifikasi menggunakan literatur Everaarst (1981) dan Soerjani *et al.* (1987) menunjukkan bahwa gulma berbunga dominan yang ditemukan sebagai penghasil nektar di Taman Nasional Bantimurung-Bulusaraung adalah: *Lantana camara*. Kembang sepatu dan kembang pagoda (*Clerodendrom japonicum*) juga banyak ditemukan di situ. Kremen (1994) dan Fermon *et al.* (2005) menyatakan bahwa sebelum bermukim di suatu tempat, kupu-kupu sangat seksama dalam melakukan pemilihan habitat dan kondisi lingkungan yang akan dihuninya. Tersedianya tumbuhan penghasil bunga yang menjadi sumber nektar dan tumbuhan pakan ulatnya merupakan salah satu penarik kedatangan kupu-kupu.

Spitzer *et al.* (1993) dan Fermon *et al.* (2005) menyatakan bahwa perilaku kupu-kupu selalu mencari habitat di sekitar hutan yang mempunyai banyak

pohon besar dan berpotensi sebagai pelindung kupu-kupu pada saat kondisi lingkungannya buruk. Kemampuan kupu-kupu untuk mencari, mengenal dan menemukan daerah yang layak untuk menunjang kehidupannya sangat diperlukan di dalam upaya bertahan hidup di lingkungan yang sering kali mengalami gangguan akibat aktivitas manusia. Salmah dkk. (2002) melaporkan bahwa lime butterflies *Papilio demoleus* dan *P. demolion* merupakan spesies monofag yang hanya berkembang pada tanaman jeruk (*Citrus* sp.). Daun jeruk menjadi sumber makanan pradewasa atau larva kupu- kupu, bunganya menghasilkan nektar sebagai sumber makanan bernutrisi untuk kupu-kupu.

Sejak beberapa puluh tahun yang lalu, masyarakat yang bermukim di sekitar daerah konservasi mempunyai mata pencaharian menangkap kupu-kupu secara langsung di alam. Hasil pengamatan visual terhadap kehidupan masyarakat sekitar Tanaman Nasional Bantimurung-Bulusaraung memberikan gambaran bahwa pemburu kupu-kupu merupakan pekerjaan yang dominan dilakukan sebelum terjadinya pandemi virus Corona. Alasannya sangat sederhana karena mudah dilakukan dan banyak hasilnya jika kupu-kupu dijual ke pengunjung. Adanya tradisi menangkap kupu-kupu untuk membiayai kehidupan keluarga ditambah minimnya pengetahuan masyarakat tentang peran kupu-kupu sebagai serangga penyerbuk juga menjadi kendala dalam penerapan upaya konservasi di daerah Bantimurung. Fakta yang terjadi setelah pandemic virus Corona adalah: pemburu kupu-kupu beralih profesi menjadi pengumpul hasil hutan non kayu (madu lebah hutan, air nira, kemiri) sebagai sarana untuk menyambung hidup. Profesi ini tidak memerlukan biaya operasional dan tidak ada batasan umur. Selama masa pandemi, anak usia Sekolah Dasar masuk ke hutan untuk mencari kemiri dan sesuatu yang dapat menghasilkan uang. Merujuk pada pendapat Landis *et al.* (2000) menyatakan bahwa tantangan upaya konservasi adalah bagaimana mengubah mindset masyarakat untuk menjaga kelestarian lingkungan dengan konservasi kupu-kupu di habitatnya. Hasil penelitian Salmah *et al.* (2002) melaporkan bahwa beberapa rekomendasi yang dapat diterapkan untuk konservasi kupu-kupu berdasarkan kondisi masa normal baru adalah: menghindari terjadinya over eksploitasi terhadap kupu-kupu, melindungi habitat kupu-kupu (tidak membakar dan menebang pohon secara sembarangan), menanam tumbuhan sumber pakan untuk larva dan kupu-kupu, melaksanakan pelatihan rutin terpadu dengan melibatkan isntansi terkait dan perguruan tinggi untuk mengelola populasi kupu-kupu secara lestari.

SIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan adalah: sebelum terjadinya serangan virus Corona (November – Desember 2019) sebanyak 37 ekor ditemukan tiga famili kupu-kupu yakni: Papilionidae (7 spesies), Pieridae (1 spesies) dan Nymphalidae (1 spesies). Hasil pengamatan populasi kupu-kupu yang ditemukan pada bulan April sampai dengan Mei 2020 sebanyak 189 ekor dari 4 famili: Papilionidae (8 spesies), Pieridae (2 spesies), Nymphalidae (2 spesies) dan Saturniidae (1 spesies).

DAFTAR PUSTAKA

Everaarst, A. P., 1981. Weeds of Vegetables in The Highland of Java. Lembaga Penelitian Hortikultura, Jakarta. 121 pp.

Fermon, H., Walter, M., Vane-Wright, R. I., and Muhlenberg, M. 2005. Forest use and vertical stratification in fruit-feeding butterflies of Sulawesi, Indonesia: impact for conservation. Biodiversity and Conservation, 14: 333 – 350.

Kremen, C. 1994. Biological inventory using target taxa: A case study of the butterflies of Madagascar. Ecological Applications, 4: 407-422.

Landis, D. A., Wratten, S. D., and G. M. Gurr, G. M., 2000. Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. Annual Review Entomology, 45: 175-201.

Langmack, M., Schraded, S, and K. Helming, K., 2001. Effect of mesofaunal activity on the rehabilitation ofsealed soil surface. Journal of Applied Soil Ecology 16: 121-130.

Peggie, D, & Amir, M. 2006. Practical Guide to The Butterflies of Bogor Botanical Garden. Puslit Biologi LIPI and Nagao Natural Environment Foundation, Jakarta. 126 pp.

Peggie, D. 2011. Precious and Protected Indonesian Butterfly. Puslit Biologi LIPI and Nagao Natural Environment Foundation, Jakarta. 72 pp.

Pellet, J., Bried, T., Parietti, D., Gander, A., Heer, P. O., Cherix, D., and Arlettaz, R. 2012. Monitoring butterfly abundance: beyond Pollard walks. PLoS One, vol. **7**, no. 7.

Pullin, S. 2002. Conservation Biology. Sinauer Associates Inc., Massachusets, USA.

Salmah, S., Abbas, I. dan Dahelmi, 2002. Kupu-kupu Papilionidae di Taman Nasional Kerinci Seblat. communities at the rain forest Margin; a case study from Central Sulawesi. *In* : G. Gerold, E. Guhardja and M. Fremerey (Eds.). Land Use, Nature Conservation and the Stability of Departemen Kehutanan dan Yayasan KEHATI, Jakarta. 88 pp.

Schulze, C. H, Steffan-Dewenter, I. and Tscharntke, T. 2004. Effect of land use on butterfly

Rainforest Margins in Southeast Asia. Heidelberg: Springer, pp. 281 – 297, 2004.

Shereen, M. A., Khan, S., Kazmi, A., N. Basher, N., and Siddique, R. 2020. COVID-19 infection: origin, transmission and characteristics of human coronaviruses. Journal of Advanced Research, 24: 91-98.

Spitzer, K., Novotny, V. M, Tonner, M., and Leps, J. 1993. Habitat preferences, distribution and seasonality of the butterflies (Lepidoptera: Papilionidae) in a montane tropical rain forest, Vietnam. Journal of Biogeography, 20: 109-121.

Soerjani, S., A. J. G. H. Kostermans, A. J. G. H, and G. Tjitrosoepomo, G. 1987. Weeds of Rice in Indonesia. Balai Pustaka, Jakarta. 705 pp.

Wolda, H. 1978. Seasonal fluctuation in rainfall , food and abundance of tropical insects. Journal of Animal Ecology, 47: 369 – 381.

Analisis Model Bisnis Belalang Goreng "Abah Geyot" Dengan Pendekatan *Business Model Canvas*

Ina Risna Dewi Indriawati[1], Nana Danapriatna[2] dan Haris Budiyono[2]

[1]Mahasiswa Program Studi Agribisnis, Fakultas Pertanian Universitas Islam "45" Bekasi
[2] Dosen Program Studi Agribisnis Fakultas Pertanian Universitas Islam "45" Bekasi.
*Alamat korespondensi: indriawati.ina@gmail.com

ABSTRAK

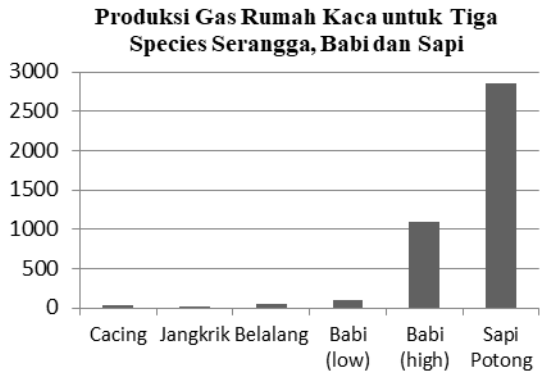
Belalang goreng "Abah Geyot" merupakan usaha yang bergerak dalam industri kuliner dengan bahan baku utamanya adalah belalang, yang bertujuan untuk menjadikan belalang goreng "Abah Geyot" sebagai makanan oleh-oleh khas Majalengka. Upaya pengembangan usaha dilakukan untuk menjangkau lebih banyak segmentasi pasar. Penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi model bisnis dari belalang goreng "Abah Geyot" yang sedang dijalankan saat ini ditinjau dari setiap blok pada *Business Model Canvas* dan kemudian dirancang model bisnis yang dapat dilakukan di masa yang akan datang. Metode yang digunakan di dalam penelitian ini kualitatif dengan analisis deskriptif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa gambaran model bisnis belalang goreng "Abah Geyot" cukup baik jika ditinjau dari setiap aspek pada *Business Model Canvas.* Saran bagi usaha belalang goreng "Abah Geyot" adalah melakukan pengembangan usaha dengan ekspansi, mempercepat pertumbuhan dan meraih kemajuan optimal.

Kata Kunci : Model Bisnis, *Business Model Canvas*, Belalang Goreng "Abah Geyot".

PENDAHULUAN

Konsumsi serangga sebagai makanan (Entomofagi) pada saat ini dipengaruhi oleh praktik budaya dan agama. Tidak semua negara memandang entomofagi sebagai hal yang biasa, beberapa orang merasa jijik untuk mengonsumsi serangga karena dianggap sebagai perilaku primitif dan simbol kemiskinan (Huis 2013). Sikap tersebut telah mengakibatkan serangga diabaikan di bidang penelitian pertanian, meski referensi sejarah telah membuktikan serangga dapat digunakan sebagai makanan akan tetapi topik mengenai entomofagi baru beberapa tahun terakhir menjadi perhatian publik di seluruh dunia. Penilaian para pakar terkini mulai meyakinkan dunia bahwa *entomophagy* berpotensi besar menjadi sumber pangan protein yang efisien karena memanfaatkan sumber alami pakan yang lebih sedikit. Hal ini membantu program kecukupan pangan (*food security*) dan berpeluang besar dalam mendukung kelestarian lingkungan dan ekonomi bangsa. Serangga adalah salah satu sumber makanan yang memiliki gizi yang baik, kandungan protein tinggi lemak, vitamin, serat dan mineral. Nilai gizi pada setiap serangga berbeda-beda pada setiap spesiesnya, tergantung pada tahap metamorfosis, habitat, dan makanannya (Huis, 2013).

Serangga yang dimanfaatkan sebagai makanan dapat memberi manfaat yang baik pada lingkungan, karena serangga menghasilkan lebih sedikit gas methana dari pada sapi dan babi. Gas methana merupakan salah satu penyumbang gas rumah kaca yang menyebabkan pemanasan global. Produksi gas rumah kaca untuk tiga species serangga, babi, dan sapi dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Produksi Gas Rumah Kaca (Sumber : Oonincx *et al*. 2010)

Di Indonesia tidak semua jenis serangga dapat dikonsumsi, lazimnya hanya ada beberapa jenis serangga yang telah dikenal sebagai makanan, diantaranya adalah jangkrik, ulat sagu, laron, dan belalang (detikfood, 2014). Diantara keempat jenis serangga yang terkenal tersebut, belalang menjadi salah satu serangga yang telah banyak diolah dan dijual sebagai makanan. Industri *start-up* pada bidang *edible insect* dalam beberapa tahun terakhir mulai bermunculan dimana-mana. Hal itu juga sedang diberitakan sebagai gelombang perkembangan baru di dunia, terutama di kawasan ASEAN. Di Indonesia industri kuliner telah masuk ke dalam daftar industi kreatif.

Industri belalang goreng dapat disebut sebagai salah satu industri kreatif yang mengusung keunikan

dalam makanan, pemanfaatan sumberdaya dan penciptaan nilai bagi serangga, sehingga serangga yang dikenal sebagai hama tanaman dapat bernilai ekonomis dan dijadikan sebagai sumber bisnis. Salah satu industri pengolahaan belalang yang ada di Indonesia adalah belalang goreng Abah Geyot. Upaya pemasaran belalang goreng Abah Geyot banyak mengalami kendala, mengingat tidak semua orang mengetahui bahwa belalang dapat dikonsumsi sebagai makanan manusia yang memiliki gizi yang baik. Edukasi produk belalang goreng menjadi tugas utama bagi pemilik usaha tersebut, disamping itu ketersediaan belalang yang tergantung pada musim menjadi hambatan bagi aktivitas produksi belalang goreng. Oleh sebab itu pemilik usaha belalang goreng Abah Geyot harus dapat mengatasi permasalah tersebut untuk keberlangsungan bisnisnya.

Dengan beberapa uraian yang telah dijelaskan diatas, penting bagi pemilik usaha belalang goreng Abah Geyot mengetahui deskripsi model bisnis yang sedang dijalanakan untuk menentukan strategi yang cocok untuk diterapkan dalam bisnisnya, serta mengevaluasi model bisnis tersebut dan menyempurnakan model bisnis baru di masa yang akan datang. Salah satu pemetaan model bisnis yang cukup populer adalah pemetaan model bisnis dengan pendekatan *Business Model Canvas.* Tujuan dari penelitian ini adalah 1) Memetakan dan mengevaluasi model bisnis belalang goreng Abah Geyot ke dalam *Business Model Canvas*; 2) Menganalisis kekuatan, kelemahan, peluang, dan ancaman pada elemen kunci *business model canvas* belalang oreng "Abah Geyot"; 3) Merancang *prototype* model bisnis sebagai alternatif model bisnis produk belalang goreng "Abah Geyot"

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada rumah produksi belalang goreng Abah Geyot yang beralamat di Jl. Kehutanan no 45, Kecamatan Majalengka, Kabupaten Majalengka, Jawa Barat. Lokasi dipilih secara sengaja dengan mempertimbangkan bahwa Abah Geyot merupakan salah usaha produksi belalang goreng di wilayah Majalengka, serta memiliki keunikan tersendiri karena belum banyak orang mengenal belalang sebagai sumber makanan.

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah analisis kualitatif, mencakup analisis SWOT serta interpretasi data secara deskriptif. Diawali dengan mengidentifikasi model bisnis produk Belalang goreng "Abah Geyot" saat ini dengan menggunakan pendekatan *Business Model Canvas.* Kemudian dipetakan ke dalam sembilan elemen dasar dalam *Business Model Canvas* antara lain *Customer Segment, Value Propositions, Channels, Customer Relationships, Revenue Streams, Key Resources, Key Activities, Key Partnerships,* dan *Cost Structure.* Setelah itu dilakukan analisis SWOT terhadap sembilan elemen *Business Model Canvas* dengan mengevaluasi kelemahan, kelebihan, peluang, dan ancaman pada Belalang goreng Abah Geyot. Tahap terakhir merumuskan alternatif-alternatif model bisnis baru dalam bentuk *Business Model Canvas* untuk perusahaan.

Sumber Data

Pengumpulan data dalam penelitian dilakukan dengan melalui suatu prosedur yang sistematis. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Data primer merupakan referensi utama yang digunakan dalam penelitian ini, data primer berupa data hasil kuesioner SWOT. Diperoleh melalui wawancara langsung kepada pemilik usaha menggunakan bantuan kuesioner untu menjawab permasalahan dari penelitian ini. Kegiatan wawancara bertujuan untuk mengetahui keadaan umum perusahaan dan kegiatan usaha yang sedang dijalankan, mengetahui masalah, kendala serta hambatan yang terjadi pada lingkungan internal perusahaan. Data sekunder diperoleh dari berbagai literatur dalam bentuk buku, jurnal, situs internet dan referensi lain yang terkait dalam penelitian ini.

Analisi Kualitatif

Analisis kualitatif dilakukan dengan melakukan wawancara mendalam dengan responden untuk mengetahui model bisnis yang sedang dijalankan oleh belalang goreng Abah Geyot saat ini. Analisis data kualitatif dilakukan secara interaktif dan berlangsung secara berkesinambungan pada setiap elemen dasar dalam *Business Model Canvas.* Tahapan dalam analisis kualitatif ini antara lain mereduksi data yang telah dikumpulkan dari hasil wawancara kemudian merangkum, memilah poin-poin penting seta topik-topik pokok sesuai dengan kebutuhan penelitian ini. Selanjutnya data hasil reduksi tersebut disajikan dalam bentuk peta model bisnis sesuai dengan pendekatan *Business Model Canvas* yang berisi sembilan blok elemen utama dalam model bisnis yang dikembangkan oleh Osterwalder dan Pigneur. Kemudian, berdasarkan hasil wawancara dan analisis kualitatif yang dilakukan dapat diinterpretasikan model bisnis yang dijalankan oleh belalang goreng Abah Geyot saat ini dan dipetakan ke dalam sebuah bangun kanvas.

Analisis SWOT

Analisis SWOT digunakan sebagai alat bantu untuk merancang dan memilih strategi berdasarkan kekuatan, kelemahan, peluang dan ancaman yang terdapat pada suatu organisasi atau perusahaan. Untuk mendapatkan informasi yang dibutuhkan dalam analisis SWOT, peneliti menggunakan bantuan kuesioner

analisis SWOT. Perancangan *prototype* alternatif model bisnis baru dilakukan berdasarkan alternatif strategi S-O, W-O, S-T, ataupun W-T yang dihasilkan dari analisis SWOT. Selanjutnya hasil jawaban responden terhadap pernyataan dan pertanyaan pada kuesioner akan diinterpretasikan secara deskriptif dan dilakukan analisis kualitatif pada kesembilan blok elemen dalam model bisnis kanvas. Menurut Boedianto dan Harjanti (2015), hasil evaluasi model bisnis dengan analiasis SWOT terhadap sembilan blok elemen tersebut akan membantu perumusan alternatif model bisnis baru yang lebih sesuai dengan kondisi perusahaan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambaran Umum Usaha Belalang Goreng "*Abah Geyot*"

Belalang Goreng "Abah Geyot" merupakan usaha yang dirintis oleh Aken, pada tahun 2015. Berawal dari usaha desain *packaging* makanan yang dijalankan bersama Deni, Jaja dan Jujun yang memiliki komitmen untuk membantu para pelaku UMKM di Majalengka agar lebih maju dengan melakukan pengemasan pada produk yang telah dibuatnya. Pendekatan dilakukan dengan mengunjungi para Pelaku UMKM tersebut, untuk kemudian dibina dan diberikan pengetahuan mengenai pentingnya sebuah kemasan. Cara yang dilakukan untuk mengajak para pelaku UMKM dalam melakukan *branding* dan *packaging* produk tersebut adalah dengan membeli produknya terlebih dahulu, kemudian dibuatkan desain dan kemasannya. Penawaran dilakukan dengan memberikan contoh produk yang telah dikemas dengan kemasan yang menarik, untuk kemudian dibuat keputusan oleh pemilik produk tersebut. Pembinaan dilakukan tidak hanya pada kemasan, akan tetapi dibantu dalam menetapkan harga dan perhitungan harga pokok produksi setelah produk tersebut dikemas.

Ide usaha belalang goreng "Abah Geyot" muncul pada saat kunjungan ke salah satu daerah yang melakukan produksi belalang goreng, pembinaan terhadap UMKM tersebut dilakukan lebih serius mengingat belalang goreng merupakan makanan yang unik. Pembinaan tersebut berujung pada sebuah kesepakatan antara Aken dengan pemilik usaha belalang goreng, kesepakatan yang dibuat adalah kemitraan. Setelah penandatangan MOU (Memorandum of Understandig) Aken membeli belalang goreng tersebut untuk kemudian dipasarkan, dikemas, dan di-*branding* dengan nama "Abah Geyot".

Pada saaat ini Aken membina empat cabang produksi belalang goreng yang tersebar di tiga kecamatan. Hal tersebut dilakukan untuk memenuhi jumlah permintaan, karena sampai saat ini belum ada yang mampu melakukan budidaya belalang sebagai pemasok bahan baku belalang goreng "Abah Geyot". Bahan baku di dapat dengan cara tradisional yaitu melakukan perburuan belalang di malam hari, dalam waktu semalam belalang yang mampu didapat adalah sebanyak 3-5 kg.

Business Model Canvas Belalang Goreng "*Abah Geyot*"

Key Partners	Key Activities	Value Propositions	Customer Relationships	Customer Segments
• Produsen belalang goreng • Mitra toko oleh-oleh • Reseller	• Rekayasa Produk • Pembinaan UMKM • Pemasaran	• Prodek belalang goreng • Inovasi alternatif pangan • Inovasi desain dan kemasan	• Layanan Personal • Layanan melalui media sosial	• Segmen yang luas mencakup berbagai macam kalangan konsumen. • Pengunjung dari luar kota yang berkunjung ke Majalengka
	Key Resources • Sumberdaya Manusia • Sumberdaya Intelektual • Merek		Channels • Media Sosial • Mitra Toko • Reseller	
Cost Structure • Biaya pembelian belalang goreng pada produsen • Biaya kemasan • Biaya tenaga pemasaran		Revenue Streams • Penjualan produk		

Evaluasi Model Bisnis dengan Analisis SWOT

Hasil evaluasi dan rangkuman terhadap masing-masing blok elemen tersebut selanjutnya dianalisa menggunakan analisis SWOT. Analisis SWOT merupakan metode dalam merancang strategi pengembangan industry belalang goreng "*Abah Geyot*". Cara mengisi analisis SWOT adalah dengan mengetahui keadaan internal dan eksternal perusahaan yaitu dada-data yang diperoleh dari hasil kuesioner dan wawancara dengan pemilik usaha dalam proses

pengisian blok *Business Model Canvas.* Sejalan dengan pernyataan Aaker (2013), bahwa pengembangan strategi bisnis terdapat tiga tahap, yaitu tahap input, tahap pencocokan dan tahap pengambilan keputusan. Berbagai faktor internal dan eksternal yang diidentifikasi tersebut kemudian akan diberi pembobotan untuk dipetakan pada matriks Evaluasi Faktor Internal (Matriks IFE) dan Matriks Evaluasi Faktor Eksternal (Matriks EFE) sebagai tahap input. Hasil dari Matriks IE kemudian digunakan sebagai perumusan strategi alternatif yang dijabarkan Matriks SWOT.

Hasil dari identifikasi faktor internal dan eksternal perusahaan dilihat dari kesembilan blok elemen *business model canvas* selanjutnya dilanjutkan dengan tahap pemasukan yang dapat mendorong penyusun untuk mengukur objektifitas selama proses perumusan strategi. Alat-alat pengukuran *input* didapatkan melalui faktor internal dan eksternal perusahaan yang akan dilakukan proses pembobotan serta peringkat dengan menggunakan Matriks IFE dan EFE.

Matriks IFE dan EFE merupakan matrik portofolio produk yang akan memetakan posisi bisnis dalam diagram skematik. Matrik ini disusun berdasarkan 2 dimensi, yaitu total terbobot dari matrik IFE (*Internal Factor Evaluation*) pada sumbu horisontal dan nilai terbobot dari matrik EFE (*External Factor Evaluation*) pada sumbu vertical (Hunger, 2009).

Tabel 1. Matriks IFE

No	Faktor Internal	Bobot	Rating	Skor
	KEKUATAN			
1.	Hasil produksi yang berkualitas	0,1	4	0,4
2.	Pengolahan produk yang sederhana	0,07	3	0,21
3.	Mengikuti *event* dan *bazaar* yang diadakan di Majalengka	0,1	3	0,3
4.	Komitmen dan kekompakan dari tim pengelola usaha	0,15	4	0,6
5.	Memakai modal kecil dan milik sendiri	0,08	4	0,32
	Subtotal	0,5		1,83
	KELEMAHAN			
1.	Memiliki kandungan protein penyebab alergi	0,05	2	0,1
2.	Desain kemasan yang kurang informatif dan edukatif	0,1	4	0,4
3.	Inovasi produk yang belum maksimal	0,1	3	0,3
4.	Jangkauan pemasaran yang belum luas	0,15	4	0,6
5.	Ketersedian bahan baku bergantung pada alam	0,1	3	0,3
	Subtotal			1,70
	Total	1		3,53

Matriks EFE digunakan untuk merangkum peluang dan ancaman pada usuatu unit saha. Analisis dilakukan dengan menghitung hal yang sama dengan matriks IFE, yaitu menghitung bobit dan rating pada setiap faktor.

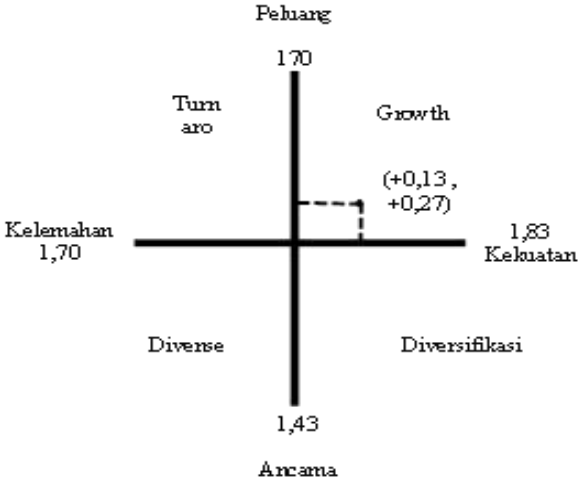
Tabel 2. Matrik EFE

No.	Faktor Eksternal	Bobot	Rating	Skor
	PELUANG			
1.	Membina masyarakat yang memproduksi belalang goreng di banyak wilayah di Majalengka	0,06	3	0,18
2.	Dijadikan contoh produk unggulan UMKM di Majalengka	0,15	3	0,45
3.	Segmentasai pasar yang luas	0,1	4	0,4
4.	Kerjasama dengan berbagai pihak dan berkolaborasi mengembangkan usaha	0,1	4	0,4
5.	Menjadi *trendsetter* makanan dengan bahan baku yang unik	0,09	3	0,27
	Subtotal	0,5		1,70
	ANCAMAN			
1.	Pengenalan terhadap produk yang membutuhkan edukasi	0,15	3	0,45
2.	Anggapan bahwa belalang adalah makanan *ekstream*	0,07	2	0,14
3.	Produsen belalang goreng berhenti melakukan *supply* produk dan membuat merk sendiri	0,12	3	0,36
4.	Munculnya pesaing dengan produk yang lebih inovatif dan variatif	0,1	3	0,3
5.	Permintaan pasar yang tidak terpenuhi akibat keterbatasan bahan baku	0,06	3	0,18
	Subtotal	0,5		1,43
	Total	1		3,13

Tabel perhitungan faktor internal dan eksternal menunjukkan skor masing-masing pada faktor internal dengan kekuatan 1,83 dan kelemahan 1,70. Serta pada faktor eksternal yaitu peluang 1,70 dan ancaman 1,43. Perhitungan tersebut menghasilkan skor 1,83 untuk

strengths dan nilai *weakness* sebesar 1,70 dengan selisih skor +0,13 kemudian *opportunities* memperoleh skor 1,70 dan nilai *threat* yaitu 1,43 dengan selisih +0.,27.

Usaha belalang goreng "Abah Geyot" berada pada kuadran I yang mendukung adanya *Growth* artinya usaha dalam kondisi baik sehingga sangat berpeluang untuk terus melakukan ekspansi, mempercepat pertumbuhan dan meraih kemajuan optimal



Gambar 2. Hasil Diagram SWOT

Alternatif Stretegi Matriks SWOT

IFAS / EFAS	*Strength* (S) 1. Hasil produksi yang berkualitas 2. Pengolahan produk yang sederhana 3. Mengikuti *event* dan *bazaar* yang diadakan di Majalengka 4. Komitmen dan kekompakan dari tim pengelola usaha 5. Memakai modal kecil dan milik sendiri	*Weakness* (W) 1. Memiliki kandungan protein penyebab alergi 2. Desain kemasan kurang informatif dan edukatif. 3. Inovasi produk yang belum maksimal 4. Jangkauan pemasaran yang belum luas 5. Ketersediaan bahan baku bergantung pada alam
Opportunity (O) 1. Membina masyarakat yang memproduksi belalang goreng di banyak wilayah di Majalengka 2. Dijadikan contoh produk unggulan UMKM di Majalengka 3. Segmentasi pasar yang luas 4. Kerjasama dengan berbagai pihak dan berkolaborasi mengembangkan usaha 5. Menjadi *trendsetter* makanan dengan bahan baku yang unik	(SO) 1. Memanfaatkan relasi dan mitra yang sudah terjalin dengan baik untuk melakukan kolaborasi dalam mengembangkan usahanya. (S1, S2, S3, S4) – (O1, O3, O4, O5)	(WO) 1. Mendesain kemasan produk dengan informasi dan edukasi mengenai konsumsi belalang, sehingga dapat menambah pengetahuan konsumen mengenai pamanfaatan belalang sebagai bahan baku dan olahan pangan (W2, W4) – (O2, O4) 2. Meningkatkan kegiatan pemasaran dengan memanfaatkan media social untuk menjangkau lebih banyak segmentasi yang saat ini belum tercapai (W4) - (S3, S4,) 3. Membuat lebih banyak inovasi olahan belalang serta melakukan pembinaan kepada lebih banyak produsen belalang dibeberapa daerah untuk meningkatkan kuantitas dan variasi produk (W1,W2,W3,W5) – (O1,O3,O4)
Threat (T) 1. Pengenalan terhadap produk yang membutuhkan edukasi 2. Anggapan bahwa belalang adalah makanan *eskstream* 3. Produsen belalang goreng berhenti melakukan *supply* produk dan membuat merk sendiri 4. Munculnya pesaing dengan produk yang lebih inovatif dan variatif 5. Permintaan pasar yang tidak terpenuhi akibat keterbatasan bahan baku	(ST) 1. Mempertahankan kualitas produk saat ini. (S1, S2, S3) – (T4) 2. Memaksimalkan penggunaan *social media* sebagai media untuk pemasaran dan edukasi produk (S1, S2, S4) - (T1, T2)	(WT) 1. Meningkatkan dan memaksimalkan edukasi produk (W4) – (T1, T4) 2. Melakukan inovasi terhadap produk sehingga lebih variatif dan dapat bersaing (W1, W3) – (T4) 3. Membuat ternak belalang untuk memenuhi permintaan pasar (W5) – (T5)

Perancangan *Prototype* Model Bisnis Baru Belalang Goreng "Abah Geyot"

Ide alternatif model bisnis muncul setelah dilakukan identifikasi dan evaluasi terhadap model bisnis yang saat ini berjalan oleh perusahaan dapat dijadikan titik awal untuk melakukan perubahan. Alternatif strategi W-O dan W-T dipilih untuk digunakan sebagai acuan dalam perancangan *prototype* alternatif model bisnis berdasarkan hasil wawancara dan diskusi dengan pihak internal belalang goreng "Abah Geyot".

Ide pengembangan alternatif model bisnis yang pertama berdasarkan pada strategi (W-O) dari hasil SWOT fokus perusahaan adalah untuk meningkatkan produksi dan pemasaran produk belalang goreng "Abah Geyot" dengan inovasi-inovasi pada produk tersebut. Sesuai dengan pernyataan Osterwalder dan Pigneur (2019) bahwa perubahan pada satu blok elemen akan disertai dengan perubahan pada blok elemen lainnya.

Penjelasan mengenai perubahan pada satu blok elemen dapat memengaruhi elemen lain sebagai berikut. 1) Mendesain produk dan kemasan dengan inovasi baru dilakukan untuk menjangkau lebih banyak segmentasi dan pasar yang saat ini belum tercapai. Segementasi tersebut adalah orang-orang yang belum mengenal belalang sebagai makanan layak konsumsi; 2) Meningkatkan kegiatan pemasaran adalah salah satu upaya untuk menjangkau segmentasi tersebut, dapat dilakukan dengan edukasi dan pemberian informasi yang baik mengenai produk tersebut; 3) Kegiatan pemasaran akan meningkatkan permintaan pasar yang lebih tinggi, sehingga produk yang ditawarkan harus memiliki ketersediaan stok yang cukup; 4) Meningkatnya jumlah permintaan mempengaruhi aktifitas kunci di perusahaan, sehingga ada beberapa aktifitas yang harus diganti atau ditambahkan; 5) Bertambahnya aktifitas kunci mempengaruhi struktus biaya pada perusahaan tersebut, beberapa biaya tambahan akan dibayarkan dalam upaya menciptakan nilai dan kuantitas produk; 6) Selain penambahan biaya, dengan adanya produk dan inovasi baru pada usaha tersebut, maka perusahaan berpeluang mendapatkan *revenue* tambahan dari penjualan produk berbagai produk olahan belalang.

Bertambahnya aktifitas baru dan penciptaan nilai baru pada usaha tersebut, mengakibatkan perubahan pada beberapa blok elemen seperti *value propotition, key activities, key resources, cost structure,* dan *key partnership*.

1. *Customer Segment*

Segmentasi pelanggan yang luas harus tetap dipertahankan, baik segmen pelanggan di dalam Kota Majalengka maupun di luar Kota Majalengka.

2. *Value Propotitions*

Beberapa *value* yang baru seperti inovasi produk dengan olahan-olahan belalang yang lain dapat menarik segmen pelanggan yang saat ini belum tercapai. *Value* yang baru berupa desain produk dan kemasan yang lebih fokus pada edukasi mengenai pemanfaatan belalang sebagai konsumsi.

3. *Channels*

Mengoptimalkan saluran yang saat ini telah dalam upaya meningkatkan pemasaran. Optimalisasi dapat dilakukan dengan membuat konten yang menarik dan esukatif di media sosial mengenai pemanfaatan belalang sebagai konsumsi, yaitu informasi dan edukasi produk yang lebih menarik.

4. *Customer Relationships*

Tidak ada penambahan dan perubahan dalam cara perusahaan menjalin hubungan baik dengan konsumen. Dalam menjalin hubungan dengan pelanggan masih dapat dilakukan dengan model bisnis yang saat ini dijalankan.

5. *Revenue Streams*

Adanya inovasi dan penambahan variansi produk berpotensi menciptakan arus pendapatan baru bagi perusahaan. Selain itu upaya untuk meningkatkan sistem pemasaran diharapkan dapat mengundang konsumen baru sebagai sumber pendapatan.

6. *Key Partnerships*

Kemitraan yang terjalin antara produsen belalang goreng tetap dipertahankan. Menjalin kemitraan dengan lebih banyak toko oleh-oleh di luar Kota Majalengka.

7. *Key Activties*

Alternatif bisnis ini memfokuskan pada aktifitas kunci produksi yaitu penyediaan bahan baku dengan melakukan ternak belalang, disamping itu kegiatan produksi juga dilakukan untuk menghasilkan inovasi produk yang lebih bervariasi. Selain itu aktifitas kunci pemasaran yang di dalamnya mencakup kegiatan promosi dan edukasi produk melalui berbagai saluran. Aktifitas pembinaan pada UMKM atau produsen belalang goreng tetap dipertahankan dan dijalankan, aktifitas produksi ynag dilakukan dalam internal perusahaan berupa produksi olahn-olahan baru yang tidak dapat dilakukan oleh mitra produsen.

8. *Key Resources*

Penambahan aktifitas pada perusahaan membutuhkan sumber daya tambahan untuk mengelola aktifitas tersebut. Sumber daya manusia dan sumber daya intelektual dibutuhkan dalam rangka mengelola ternak dan menghasilkan inovasi produk baru yang lebih bervariasi.

9. *Cost Structure*

Berdasarkan perubahan dan penambahan pada sebagian besar blok-blok elemen diatas, maka perusahaan harus mengeluarkan biaya tambahan untuk kegiatan produksi dan biaya tenaga kerja.

Pemetaan *prototype* alternatif model bisnis ke dalam *Business Model Canvas* yang baru merupakan

hasil dari pengembangan ide alternatif yang telah diidentifikasi melalui sembilan blok dalam *Business Model Canvas.*

Pemetaan *Business Model Canvas* Belalang Goreng "Abah Geyot" yang baru

Key Partners	Key Activities	Value Propositions	Customer Relationships	Customer Segments
• Mitra toko di seluruh kota • Reseller • Produsen belalang goreng	• Rekayasa produk • Proses kreatif • Produksi • Pemasaran • Pembinaan UMKM	• Produk olahan belalang hasil inovasi • Variansi produk yang lebih beragam • Inovasi pangan alternatif • Inovasi dan desain kemasan yang lebih edukatif dan informatif	• Layanan online yang menyediakan informasi yang lebih aktif dan edukatif. • Layanan langsung yang dilakukan oleh tenaga penjualan di Mitra Toko	• Segmen pelanggan yang luas pada konsumen yang belum mengenal belalang sebagai makanan layak konsumsi
	Key Resources • Sumberdaya Manusia • Sumberdaya Intelektual • Merek yang mempelopori pangan yang berasal dari belalang • Sumberdaya Fisik		Channels • Media Sosial • Toko Online • *Resellers* • Mitra Toko	
Cost Structure • Biaya operasional produk • Biaya operasional ternak • Biaya tenaga kerja			Revenue Streams • Penjualan produk yang bervariasi • Potensi arus pendapatan dari beberapa produk baru	

Implikasi Manajerial

Berdasarkan analisis model bisnis dengan pendekatan *Business Model Canvas* yang dilakukan dalam penelitian ini berimplikasi pada pentingnya perusahaan untuk menentukan keputusan manajerial yang tepat dalam memilih alternatif model bisnis untuk diterapkan di masa yang akan datang. Penting bagi perusahaan untuk memahami setiap blok elemen dalam *Business Model Canvas* memiliki keterkaitan antara satu blok elemen dengan blok elemen lainya. Sehingga perubahan pada suatu blok elemen dalam sebuah model akan memengaruhi beberapa blok elemen lainnya maupun memengaruhi keseluruhan model. Sehingga perubahan yang terjadi pada satu blok akan memengaruhi seluruh blok elemen pada model bisnis tersebut. Selanjutnya, berdasarkan analisis SWOT yang dilakukan pada setiap blok elemen pada *Business Model Canvas* dalam penelitian ini berimplikasi pada pentingnya perusahaan untuk mengetahui kondisi internal dan eksternal perusahaan. Sehingga perusahaan dapat memanfaatkan kondisi-kondisi yang yang berpeluang untuk dikembangkan, maupun mengurangi dan menghindari kondisi yang mengancam perusahaan.

Dari hasil penelitian tersebut perusahaan dapat menerapkan alternatif strategi dari *Business Model Canvas* baru yang telah dibuat, yaitu dengan meningkatkan kuantitas dan nilai produk melalui inovasi dan edukasi. Selanjutnya dilakukan ternak belalang untuk mengendalikan ketersediaan bahan baku sehingga kegiatan produksi dapat berjalan dengan baik. Selain itu perusahaan juga perlu meningkatkan kegiatan pemasaran berupa promosi dan edukasi sehingga masyarakat mengenali dan memiliki pengetahuan mengenai belalang sebagai makanan layak konsumsi.

Pola edukasi yang dapat dilakukan adalah dengan membuat gerakan atau komunitas yang menginformasikan berbagai pangan alternatif yang dapat dikonsumsi oleh manusia, serta memiliki kandungan gizi yang baik dan tidak kalah dengan jenis makanan lain. Beberapa hal yang dapat dilakukan oleh usaha belalang goreng "Abah Geyot" dalam mengedukasi konsumen adalah dengan memanfaatkan desain kemasan sebagai media yang menyajikan infografis mengenai belalang secara singkat, edukatif dan informatif. Selain itu dapat juga dilakukan dengan membuat konten-konten menarik di media sosial yang ditujukan sebagai sarana edukasi masyarakat Indonesia mengenai kosnsumsi belalang.

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan maka dapat disimpulkan sebagai berikut. 1) Model bisnis usaha belalang goreng "Abah Geyot" yang saat ini dijalankan memiliki kelemahan pada beberapa blok elemen dalam *Business Model Canvas,* diantaranya pada *value propotitions, key resources,* dan *key activities.* Hal tersebut disebabkan karena pada blok *key resources* usaha belalang goreng "Abah Geyot" mengalami kendala dalam penyediaan bahan baku, yaitu belalang. Bahan baku yang saat ini digunakan diperoleh dari alam bebas yang ketersediaannya terbatas sehingga hal tersebut sangat berpengaruh terhadap blok elemen lain dalam *Business Model Canvas* diantaranya adalah mempengaruhi blok elemen *key activities* yaitu menambahkan kegiatan kunci perusahaan dengan beternak belalang atau memperbanyak pembinaan terhadap produsen belalang goreng diberbagai wilayah di Majalengka. Pada blok *value propotitions* dapat dilakukan dengan melakukan inovasi beberapa produk baru berbahan baku belalang maka proporsi nilai akan meningkat dengan adanya ragam dan variasi produk baru; 2) Perancangan *prototype* alternatif model bisnis yang baru dilakukan dengan mengacu pada hasil analisis SWOT yang berupa alternatif strategi terhadap *Business Model Canvas* usaha belalang goreng "Abah Geyot" saat ini. Strategi W-O dipilih sebagai acuan perancangan *prototype* model bisnis berdasarkan hasil diskusi dengan pihak internal perusahaan. Alternatif strategi W-O fokus pada pemanfaatn peluang untuk menutupi kelemahan yang dimiliki perusahaan.

Saran

Adapun saran yang dapat diberikan dari hasil penelitian ini yaitu, untuk pemilik usaha 1)Pengembangan usaha dilakukan dengan meningkatkan kegiatan pemasaran agar produk dapat lebih banyak dikenal oleh segmentasi konsumen yang saat ini belum tercapai; 2) Membuat ternak belalang untuk kelancaran proses produksi dan menjaga stabilitas pendapatan yang diakibatkan bahan baku yang sulit untuk didapatkan; 3) Membuat produk-produk olahan belalang yang lebih bervariasi sehingga konsumen dapat tertarik dan dapat meningkatkan *value propotitions* produk tersebut; 4) Menjadikan merk "Abah Geyot" sebagai pelopor olahan-olahan produk makanan dengan bahan baku belalang pertama di Indonesia; 5) Membuat desain kemasan yang dapat dijadikan sebagai media untuk edukasi sekaligus informasi yang singkat mengenai konsumsi belalang yang layak bagi manusia; 6) Meningkatkan pemasaran online dengan membuat konten yang menarik untuk dijadikan sebagai media edukasi dan promosi kepada konsumen; 7) Pemasaran online dapat dilakukan dengan cara *endorse* produk kepada *influencer* yang cukup mempunyai pengaruh, sehingga produk tersebut dapat dikenal oleh lebih banyak konsumen di Indonesia.

Untuk penelitian selanjutnya, 1) Menguji *business model canvas* yang telah dibuat dalam penelitian ini dengan analisis SEM, untuk mengetahui hubungan antar blok elemen yang saling mempengaruhi satu sama lain. Serta mengetahui informasi terkait parameter-parameter dan elemen-elemen utama yang menjadi prioritas dalam menyusun strategi bisnis yang efektif; 2) Melakukan penelitian mengenai *edible flower* dengan metode penelitian yang sama.

DAFTAR PUSTAKA

Aaker DA. 2013. Manajemen Pemasaran Analisis, Perencanaan, Implementasi dan Kontrol. Salemba Empat: Jakarta.

Arep I. dan H Tanjung. 2003. Manajemen Sumber Daya Manusia. Universitas Trisakti: Jakarta

Bastien. 2020. *Rebranding Jimini's – New Step for Edible Insects.* Diakses dari https://www.jiminis.co.uk/blog/rebranding-jiminis-new-step-for-edible-insects/. Pada Bulan Juli 2020.

Boedianto dan Harjanti Diah. 2015. Pengembangan Bisnis Pada Depot Selaris dengan Pendekatan Business Model Canvas (BMC). Jurnal AGORA Vo.3, No.2, 292-301.

Camison, C., Lopez, A. 2010. *Business Models in Spanish Industry: A Taxonomy-based Efficacy Analysis.* Management, Vol.13, No.4, p. 298-317

Chase, Richard B., Jacobs, Robert F., Aquilano, Nicholas J. 2009. *Operations Managemet for Competitive Advantage.* 11th *edition.* Mc-Graw-Hill Companies, inc., Singapore

Chesbrough, H. 2010. *Business Model Innovation: Opportunities and Barriers.* Long Range Planning. Vol.43, No.2-2, p.354-363

Demil, B., Lecocq. 2010. *Business Model Evolutio: in Search of Dynamic Consistency.* Long Range Planning, Vol.43, No 2-3, p.227-246

Dopson., Lea R., Hayes K. 2009. *Food And Beverage Cost Control.* Simultaneouly. Canada

Durst, P.B., Johnson, D.V, Leslie, R., dan Shono, K. (2010). *Forest Insect as Food: Humans Bite Back.* Bangkok: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Gambradella, A., McGahan, A.M. 2010. *Business-Model Innovation: General Purpose Technologies and their Implications for Industry Structure.* Long Range Planning. Vol.43, No.2-3, p.262-271

Girsang P. 2018. Serangga, Solusi Pangan Masa Depan. Jurnal Pembangunan. Volume 6. No.2. (69-76). Medan

Hardiana BE. 2015. Kualitas Sosis Belalang (Valanga nigricornis) dengan Substitusi Tepung Labu Kuning (Cucurbita moschata D.) Pada Tepung Tapioka. Skripsi. Yogyakarta (ID). Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Herawati N. 2019. Penerapan Busineess Model Canvas dalam Penentuan Rencana Manajemen Usaha Kedelai Edamame Goreng. Jurnal Agroteknologi. Vol 13. No. 01. Jember

Hikmawati N., G.W. Mukti. 2018. Model Bisnis Agrofarm Cianjur (Studi Kasus Kelompok Tani Agro Segar, Pada P4S Agrofarm Cianjur, Desa Ciherang, Kabupaten Cianjur, Provinsi Jawa Barat. Jurnal Sosial Ekonomi pertanian. Vol. 14, No. 2, (93-104). Bandung.

Huis, VA. 2013. *Edible Insects : Future Prospects For Food and Feed Security.* FAO Forestry Paper. Rome. Diakses dari http://www.fao.org/3/i3253e/i3253e.pdf pada Maret 2019.

Hunger, J.D dan TL Whelen. 2009. Manajemen strategis. Yogyakarta. Penerbit: CV Andi

Ius, 2014. Inilah 4 Jenis Serangga Yang Populer di Indonesia. Diakses dari https://food.detik.com/info-kuliner/d-2680898/inilah-4-jenis-serangga-yang-paling-populer-dikonsumsi-di-indonesia/3/#news pada Maret 2019.

Koswara, S. 2002. Serangga Sebagai Bahan Makanan . FATETA IPB, Bogor..

Kottler P. Dan KL Keller, 2009. Manajemen Pemasaran, Edisi: 13. Terjemahan. Jakarta: Penerbit Erlangga.

Kuntadi. 2018. *Nutritional Compositions Of Six Edible Insects In Java.* Indonesian Journal of Forestry Research. Vol. 5, No 1 (57-68). Bogor.

Lisma, Y. 2018. Strategi Pengembangan Agroindustri Nilam (Studi Kasus : Koperasi Industri Nilam Aceh Di Kabupaten Aceh Barat). Tesis. Bogor (ID). Industri Pertanian Bogor

McGrath, R. G. 2010. *Business Model: A Discovery Driven Approach.* Long Range Planning, Vol.43, No. 2-3, p.247-26

Mahdi, AF. 2016. Analisis Model Bisnis Minuman Olahan Rumput Laut dengan Pendekatan Business Model Canvas (Kasus : UKM Winner Perkasa Indonesia Unggul, Depok). Skripsi. Bogor (ID). Institut Pertanian Bogor.

Matoa. 2013. Alternatif sumber protein dari serangga. *http://matoa.org/alternatif-sumber-protein-dari-serangga/.*

Morris, M., Schindehutte, M., Allen, J. 2005. *The Entrepreneur's Business Model: Toward A Unifield Perspective.* Journal of Business Research. Vol.58, No.6, p.726-735

Nielsen C. dan L Morten, 2013. *The Basics of Business Models.* Bookbon.com

Osterwalder A. dan Y Pigneur. 2019. *Business Model Generation.* Jakarta. PT Elex Media Komputindo

Pasaribu S.M. 2006. *Factors Affecting Circular Economy Promotion In Indonesia: The Revival Of Agribusiness Partnership.* Jurnal Agro Ekonomi. Volume 24 No. 2, Desember 2006: 135 – 144

Paula A. Frederich M. Et al. 2016. "*Grasshoper as a food source ? A review"* article in Biotechnology, Agronomy and Society Environment. Diakses dari file:///C:/Users/Windows%208.1/Downloads/BASEAman%20(1).pdf pada Maret 2019.

Rahmatulloh, R. 2018. Strategi Pengembangan Usaha Perikanan Di KK Farm Kabupaten Bogor Dengan Pendekatan Business Model Canvas (Skripsi). Bogor (ID). Institut Pertanian Bogor.

Rahmawan A. 2017. Panduan Lengkap Menyusun Rencana Bisnis Menggunakan Business Model Canvas. Diakses dari http://arryrahmawan.net/panduan-business-model-canvas/ pada Mei 2019

Rangkuti, F. 2015. Analisis SWOT : Teknik Membedah Kasus Bisnis – Reorientasi Konsep Perencanaan Strategi Untuk Menghadapi Abad 21. Jakarta : Gramedia Pustaka Utama

Rappa, M. 2012. *Business Models on The Web: Managing the Digital Enterprise*. Diakses dari http://digitalenterprise.org/models/models.html pada Maret 2020

Rukka, R. Fatonny. 2018. Strategi Pengembangan Bisnis Keripik Bayam (Amaranthus hybridus) dengan Pendekatan Business Model Canvas". Jurnal Sosial Ekonomi Pertanian. Vol. 14, No. 1 (41-54). Makasar. (diunduh pada Januari 2019)

Sari, E.P. 2016. Analisis Model Bisnis Pisang Cavendish Pada PT. Nusantara Tropical Farm Dengan Pendekatan Business Model Canvash. (skripsi). Bogor (ID). Institut Pertanian Bogor.

Setiawan I. 2012. Agribisnis Kreatif. Depok. Penebar Swadaya.

Tim PPM Manajemen. 2012. *Business Model Canvas : Penerapan di Indonesia.* Jakarta: Penerbit PPM

Thomson, M., Afonso, O., S, Monteiro. 2010. *A Growth Model for the uadruple Helix Innovation Theory.* Journal of Business Economics and Management. Vol.13, Issue 4, Page 1-31..

Winarno, F.G. 2004. Kimia Pangan dan Gizi. Jakarta : Gramedia Pustaka Utama. 2018. Serangga Layak Santap (Sumber Baru bagi Pangan dan Pakan). Jakarta : Gramedia Pustaka Utama.

Wijaya, H. Dkk. 2019. Pengaruh Proses Pengolahan terhadap Karakteristik Protein Alergen Belalang Sawah (Oxya chinensis). Jurnal Agroindustri Vol.36. No1 (11-21). Bogor.

Pengaruh Dosis Serbuk Daun Sirsak (*Annona Muricata* L.) Terhadap Perkembangan Kumbang Bubuk *Callosobruchus Analis* F. Pada Biji Kedelai Hitam (*Glycine Max* (L.) Merrit) Varietas Detam 3 Prida Di Penyimpanan

Lia Sugiarti[1*], Elly Roosma Ria[1], Rike Ardiyati[2]

[1]Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Winaya Mukti
[2]Alumni Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Winaya Mukti
*Alamat korespondensi: liasugiarti82@gmail.com

ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh dosis serbuk daun sirsak (*Annona muricata* L.) terhadap perkembangan kumbang bubuk (*Callosobruchus analis* F). pada biji kedelai hitam (*Glycine max* (L.) Merrit) varietas Detam 3 Prida, dan mendapatkan dosis serbuk daun sirsak yang paling cepat terhadap mortalitas kumbang bubuk. pada biji kedelai hitam varietas Detam 3 Prida di tempat penyimpanan. Penelitian dilakukan di kantor Sub Unit Satuan Pelayanan Laboratorium Pengendalian Hama dan Penyakit, Kabupaten Subang, pada bulan Agustus-Oktober 2019. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap dengan 6 perlakuan dan 4 ulangan. Rancangan perlakuan pada penelitian ini adalah tanpa serbuk daun sirsak dan serbuk daun sirsak dengan dosis 0,50g, 1,00g , 1,50g , 2,00g, 2,50g . Setiap perlakuan terdiri dari 2 stoples sehingga diperoleh 48 stoples. Hasil penelitian menunjukkan bahwa serbuk daun sirsak berpengaruh terhadap mortalitas, jumlah telur, jumlah larva, jumlah pupa, dan jumlah imago kumbang bubuk, serta berpengaruh pula terhadap persentase kerusakan biji, dan persentase susut bobot biji kedelai hitam. Dosis serbuk daun sirsak sebanyak 2,50 gram dapat berpengaruh terhadap perkembangan kumbang bubuk pada biji kedelai hitam varietas Detam 3 Prida di penyimpanan.

Kata kunci: Kedelai Hitam, Kumbang Bubuk, Pestisida Nabati, Sirsak

ABSTRACT

Effect of Dose Powder Leaf Soursop*(Annonamuricata L.)*Progress Against Ground Beetle *Callosobruchus Analyst* F. In Black Soybean seeds*(GlycineMax* (L.) Merrit) Detam 3 Prida Variety in Storage

The purpose of this study was to determine the effect of leaf powder dose soursop *(Annonamuricata L.)*on the development of ground beetle*(Callosobruchusanalysts* F). in black soya beans*(Glycinemax* (L.) Merrit) Detam 3 Prida variety, and get the fastest dose of soursop leaf powder on powder beetle mortality. on black soybean seeds of Detam 3 Prida variety in storage. The study was conducted at the office of the Sub-Unit of Pest and Disease Control Laboratory Services, Subang Regency, in August-October 2019. This study used a Completely Randomized Design with 6 treatments and 4 replications. The treatment design in this study was without soursop leaf powder and soursop leaf powder with doses of 0.50g, 1.00g, 1.50g, 2.00g, 2.50g. Each treatment consisted of 2 jars so that 48 jars were obtained. The results showed that soursop leaf powder had an effect on mortality, number of eggs, number of larvae, number of pupae, and number of imago of powdered beetles, as well as the percentage of seed damage, and percentage of black soybean seed weight loss. A dose of 2.50 grams of soursop leaf powder can affect the development of powder beetles on black soybean seeds of Detam 3 Prida variety in storage.

Keywords: Black Soybean, Powder Beetle, Vegetable Pesticide, Soursop

PENDAHULUAN

Salah satu tanaman pangan yang sangat penting di Indonesia adalah kedelai hitam (*Glycine max* (L.) Merrit.) selain dari padi, jagung dan gandum. Kedelai hitam (*G. max* (L.) Merrit.) memiliki kandungan protein 40,4 g/100 g dan antioksidan yakni *antosianin* dan *isoflavon*. Kandungan total *polifenol, flavonoid* dan *antosianin* yang lebih tinggi daripada kedelai kuning, yakni masing-masing 6,13 g^{-1}; 2,19 g^{-1}; 0,65 g^{-1} (Mueller, 2012).

Seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk maka permintaan kedelai hitam semakin meningkat, akan tetapi persediaan produksi dalam negeri cenderung menurun. Menurut BPS (2015)

kebutuhan nasional kedelai pada tahun 2015 adalah 2,54 juta ton kering, sedangkan produksi kedelai pada tahun yang sama adalah 998.000 ton biji kering, sehingga devisit kedelai sebanyak 1,54 juta ton biji kering kedelai dipenuhi oleh impor. Produktivitas rata-rata kedelai di Indonesia pada tahun 2015 adalah 1,57 ha^{-1}. Hasil tersebut jauh lebih rendah dibanding dengan potensi produksi kedelai varietas Detam 3 Prida mencapai 3,11 ha^{-1} (Adie *dkk.*, 2013).

Gangguan hama dan penyakit tanaman merupakan faktor penyebab rendahnya hasil kedelai hitam, karena menyerang sejak tanaman di lapangan hingga menyerang di gudang penyimpanan (pasca panen). Hama utama digudang penyimpanan adalah sejenis serangga *Callosobruchus* sp yang mampu menurunkan produksi kedelai karena merusak biji kacang kedelai (Rioardi, 2009)

Pengendalian *Callosobruchus* sp dengan menggunakan pestisida kimia cukup efektif, akan tetapi menimbulkan pencemaran lingkungan dan sangat berbahaya apabila dikonsumsi oleh manusia.

Masalah pencemaran lingkungan salahsatunya diakibatkan oleh penggunanaa pestisida kimia, yang dapat menimbulkan 55 % pemusnahan jenis hama dan juga menmusnahkan 72 % agen penendalian hayati. Agar kondisi lingkungan menjadi baik kembali maka diperlukan pengendalian yang ramah lingkungan, salah satunya dengan penggunaan pestisida nabati. Pestisida nabati bahan-bahannya adalah berasal dari tumbuhan sehingga aman untuk pengendalian hama (Anugeraheni dan Brotodjojo, 2002).

Tanaman sirsak (*Annona muricata* L.) merupakan bahan insektisida nabati karena mengandung zat toksik bagi serangga. Serangga yang menjadi hama di lapangan maupun pada bahan simpan mengalami kelainan tingkah laku akibat bahan aktif yang terkandung pada daun sirsak. Disamping itu dapat juga menyebabkan terhambatnya pertumbuhan serangga, pengurangan produksi telur dan sebagai penolak (*repellent*) (Gruber dan Karganilla, 1989).

Menurut penelitian Harinta (2004), penggunaan abu sekam dengan dosis 1 g/10 g biji kacang hijau efektif mengendalikan kumbang bubuk kacang (*C. chinensis* L) pada biji kacang hijau di penyimpanan dan efektif mengendalikan bubuk kedelai (*C. analis* F.) pada biji kedelai di penyimpanan. serta apabila menggunakan tepung cabai merah (*Capsicum annum* L.) dengan dosis 1 g/10 g biji kedelai, efektif mengendalikan kumbang bubuk kedelai (*C. analis* F.) di penyimpanan (Harinta, 2003).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dosis serbuk daun sirsak (*Annona muricata* L.) terhadap perkembangan kumbang bubuk *Callosobruchus analis* F. pada biji kedelai hitam (*Glycine max* (L.) Merrit) varietas Detam 3 Prida, dan mendapatkan dosis serbuk daun sirsak (*Annona muricata* L.) yang paling cepat terhadap mortalitas *Callosobruchus analis* F. pada biji kedelai hitam (*Glycine max* L. Merrit) varietas Detam 3 Prida di tempat penyimpanan.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan di kantor Sub Unit Satuan Pelayanan Laboratorium Pengendalian Hama dan Penyakit, Kecamatan Subang, Kabupaten Subang. Dengan ketinggian tempat 76 - 100 meter dari permukaan laut. Waktu penelitian pada bulan Agustus 2019 sampai dengan Oktober 2019. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah biji kedelai hitam (*Glycine max* (L.) Merrit) varietas Detam 3 Prida berasal dari Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi, serbuk daun sirsak (*Annona muricata* L.), dan serangga kumbang bubuk *Callosobruchus analis* F. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah stoples gelas, karet gelang, timbangan digital, saringan, nampan plastik, blender, label, aspirator, pisau, plastik bening/transparan, kain kassa, alat tulis dan kamera untuk dokumentasi. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap dengan 6 perlakuan dan 4 ulangan. Rancangan perlakuan pada penelitian ini adalah sebagai berikut: A= tanpa serbuk daun sirsak, B = 0,50 g, C = 1,00 g , D = 1,50 g , E = 2,00 g, F = 2,50 g . Setiap perlakuan terdiri dari 2 stoples sehingga diperoleh 48 stoples.

Pengamatan penunjang yang dilakukan meliputi : (1) Suhu ruangan dengan alat pengukur termometer. (2) Pengujian Lethal Dosis 50% (LD_{50})
Pengamatan utama yang dilakukan adalah pengamatan terhadap :

(1) Mortalitas Imago *C. analis* F. (%)

Mortalitas hama dihitung berdasarkan persen jumlah kematian imago yang dihitung setelah infestasi serangga. Pengamatan dan perhitungan dilakukan setiap 5 hari sekali setelah aplikasi (hari ke-5, hari ke-10 dan hari ke-15). Dihitung persentase mortalitasnya dengan rumus sebagai berikut (Suyono, 1998):

$$P = \frac{x}{x-y} x\ 100\%$$

Keterangan :
P = Persentase Mortalitas (%)
X = Jumlah serangga sebelum perlakuan
Y = Jumlah serangga sesudah perlakuan

(2) Jumlah Telur (Butir)

Jumlah telur adalah telur yang dihasilkan dari perkawinan antara serangga jantan dan betina yang di letakkan di atas permukaan biji kedelai hitam setelah

diberi perlakuan serbuk daun sirsak. Pengamatan dilaksanakan pada saat perlakuan dimulai terhadap serangga uji, yaitu mulai dari (hari ke-10, hari ke-15, hari ke-20, hari ke-25, hari ke-30, hari ke-35, hari ke-40, hari ke-45, hari ke-50, hari ke-55, dan hari ke-60) dengan cara menghitung satu per satu telur serangga yang menempel pada permukaan kedelai hitam.

(3) Jumlah Larva (Ekor)

Jumlah larva adalah larva yang ditemukkan di dalam biji kedelai hitam yang berasal dari hasil penetasan telur setelah diberi perlakuan serbuk daun sirsak. Pengamatan dilaksanakan pada 60 HSA, yaitu dengan cara membelah biji kedelai hitam dan menghitung satu per satu larva serangga yang terdapat di dalam kedelai hitam.

(4) Jumlah Pupa (Ekor)

Jumlah pupa adalah pupa yang ditemukkan di dalam biji kedelai hitam yang berasal dari hasil perkembangan larva setelah diberi perlakuan serbuk daun sirsak. Pengamatan dilaksanakan pada 60 HSA, yaitu dengan cara membelah biji kedelai hitam dan menghitung satu per satu pupa serangga yang terdapat di dalam kedelai hitam.

(5) Jumlah Imago (Ekor)

Jumlah imago adalah imago yang ditemukkan di dalam biji kedelai hitam yang berasal dari hasil perkembangan larva setelah diberi perlakuan serbuk daun sirsak. Pengamatan dilaksanakan pada 60 HSA. Pengamatan dengan cara menghitung satu per satu imago serangga yang terdapat di dalam kedelai hitam.

(6) Persentase Kerusakan Biji (%)

Intensitas kerusakan biji adalah perbandingan jumlah biji yang rusak (bolong) dengan seluruh jumlah biji total dikalikan 100%. Pengamatan dilakukan pada saat populasi telah mencapai generasi kedua pada 60 HSA dihitung jumlahnya biji yang rusak dan ditimbang untuk menentukan persentase kerusakan biji. Menurut Suyono (1988), persentase kerusakan biji dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$K = \frac{A}{A-B} \text{ x } 100\%$$

Keterangan :
K = Intensitas kerusakan biji
A = Jumlah biji terserang
B = Jumlah biji yang tidak terserang

(7) Persentase Susut Bobot Biji (%)

Persentase penyusutan bobot biji adalah perbandingan bobot awal sebelum perlakuan dengan bobot akhir setelah perlakuan dikalikan 100%. Pengamatan dilakukan pada saat populasi telah mencapai generasi kedua pada 60 HSA dihitung jumlahnya biji yang rusak dan ditimbang untuk menentukan persentase penyusutan bobot biji sebelum perlakuan dan setelah perlakuan. Menurut Pranata (1982) dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$P = \frac{B-Bh}{B} \; x \; 100\%$$

Keterangan :
P = Persentase penyusutan bobot biji (%)
B = Bobot awal (g)
Bh = Bobot akhir (g)

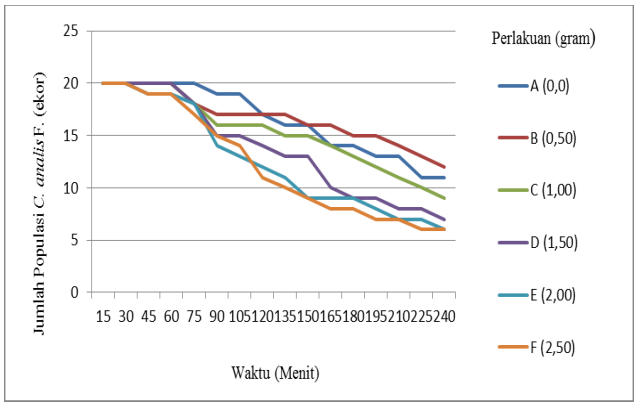
HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pengamatan Penunjang

a. Suhu dan Kelembaban

Suhu rata-rata selama percobaan adalah 29,86ºC dan kelembaban rata – rata 69%. Hal ini sesuai pendapat (Retnosari, 2013) yang menyatakan *C. analis* F. dapat berkembang pada kondisi suhu 24,4-70ºC dengan kelembaban 67,5-82,6%.

b. Uji Lethal Dosis (LD_{50}) Serbuk Daun Sirsak



Gambar 1. Grafik Uji LD_{50} Serbuk Daun Sirsak

Berdasarkan Gambar Uji LD_{50} serbuk daun sirsak menunjukkan bahwa perlakuan F (2,50 gram) serbuk daun sirsak pada pengamatan waktu ke 135 menit setelah investasi ternyata serangga *C. analis* F. sudah mengalami kematian 50% dibanding dengan perlakuan lainnya. Ini menunjukkan bahwa penggunaan serbuk daun sirsak sebanyak 2,50 gram dapat menyebabkan populasi *C .analis* F. lebih cepat dibanding perlakuan lainnya. Hal ini karena senyawa *squamosin* dan *asimisin* yang terkandung dalam daun sirsak, selain dapat menghambat pertumbuhan dan perkembangan serangga, menghambat makan serangga juga dapat mematikan serangga (Dadang, 1999).

2. Pengamatan Utama

a. Mortalitas Imago *C. analis* F.

Berdasarkan Tabel 1 pada pengamatan umur 5 HSA perlakuan F (2,50 gram) menunjukkan berbeda nyata dengan perlakuan A (tanpa serbuk daun sirsak), B (0,50 gram), C (1,00 gram), dan D (1,50 gram), tetapi berbeda tidak nyata dengan perlakuan E (2,00 gram). Pada 10 HSA perlakuan F (2,50 gram) berbeda nyata dengan perlakuan A (tanpa serbuk daun sirsak), B (0,50 gram), C(1,00 gram), dan D (1,50 gram), tetapi berbeda tidak nyata dengan E (2,00 gram).

Pada 15 HSA perlakuan D (1,50 gram) berbeda nyata dengan perlakuan A (tanpa serbuk daun sirsak), B (0,50 gram), dan C (1,00 gram), tetapi berbeda tidak nyata dengan E (2,00 gram) dan F (2,50 gram). Mortalitas imago *C. analis* F. pada kedelai hitam yang diberi perlakuan serbuk daun sirsak pada semua taraf dosis menyebabkan kematian pada imago *C. analis* F. Pada tiap perlakuan serbuk daun sirsak menunjukkan peningkatan seiring dengan bertambahnya dosis yang diuji.

Tabel 1. Pengaruh Dosis Serbuk Daun Sirsak terhadap Mortalitas Imago *C. analis* F. pada Kedelai Hitam Varietas Detam – 3

Perlakuan	Mortalitas Imago *C. analis* F. %					
	5 HSA		10 HSA		15 HSA	
A (tanpa serbuk daun sirsak)	1,88	a	55,00	a	75,63	a
B (0,50 gram)	24,38	b	48,75	a	75,63	a
C (1,00 gram)	43,75	c	67,50	a	85,00	a
D (1,50 gram)	65,00	d	89,38	b	100,00	b
E (2,00 gram)	78,13	de	100,00	c	100,00	b
F (2,50 gram)	83,13	e	98,75	c	100,00	b

Keterangan : Nilai rata – rata yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama berbeda tidak nyata berdasarkan Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5%.

Pada pengamatan 5 HSA mulai terlihat adanya tingkat mortalitas pada perlakuan F dengan dosis 2,50 gram serbuk daun sirsak menunjukkan pengaruh paling besar apabila dibanding dengan dosis yang lainnya. Hal ini disebabkan adanya senyawa *tanin* yang dapat memblokir ketersediaan protein dengan menbentuk kompleks yang kurang bisa dicerna oleh serangga atau dapat menurunkan kemampuan mencerna bagi serangga. Senyawa tersebut mampu menghambat aktivitas enzim pada saluran pencernaan sehingga akan merobek pencernaan serangga, dan akhirnya menimbulkan efek kematian bagi serangga (Panda dan Gurdev, 1995)

b. Jumlah Telur *C. analis* F.

Berdasarkan Tabel 2 dan Tabel 3 pada pengamatan rata–rata jumlah telur perlakuan E (2,00 gram) dan F (2,50 gram) menunjukkan berbeda nyata dengan perlakuan A (tanpa serbuk daun sirsak), B (0,50 gram), C (1,00 gram), dan D (1,50 gram) pada setiap pengamatan. Pada umur 15 HSA, 30 HSA, 35 HSA, dan 40 HSA perlakuan E (2,00 gram) dan F (2,50 gram) menunjukkan berbeda nyata dengan perlakuan lainnya.

Dosis yang diberikan semakin meningkat akan mengakibatkan menurunnya jumlah telur yang diletakkan oleh imago betina. Hal ini disebabkan dengan semakin meningkatnya dosis akan mengakibatkan mortalitas imago betina semakin tinggi sehingga jumlah telur yang diletakkan semakin berkurang. Ini menunjukkan daya racun senyawa aktif pada daun sirsak cukup tinggi. Secara umum, senyawa tersebut dapat berperan sebagai insektisida nabati. Hal ini sesuai yang diungkapkan oleh Novizan (2002), bahwa daun sirsak mengandung senyawa aktif *annonain* dan *asetogenin* yang berfungsi sebagai insektisida, *repellent*, dan *antifeedant*. Kardinan (2001) melaporkan bahwa ekstrak daun sirsak dapat menanggulangi hama belalang dan thrips pada tanaman cabai.

Tabel 2. Pengaruh Dosis Serbuk Daun Sirsak terhadap Jumlah Telur *C. analis* Fpada Kedelai Hitam Varietas Detam – 3 Prida pada umur 10 HSA, 15 HSA, 20 HSA, 25 HSA, dan 30 HSA

Perlakuan	Rata-rata Jumlah Telur *C. analis* F. (Butir)									
	10 HSA		15 HSA		20 HSA		25 HSA		30 HSA	
A (tanpa serbuk daun sirsak)	126,50	d	159,13	d	143,63	d	127,38	d	109,25	d
B (0,50 gram)	121,50	cd	145,25	d	125,38	c	114,25	c	96,00	c
C (1,00 gram)	108,50	bc	121,13	cd	113,38	bc	104,63	c	86,50	c
D (1,50 gram)	96,25	b	107,63	bc	100,13	b	84,63	b	67,25	b
E (2,00 gram)	80,63	a	83,13	ab	83,25	a	69,13	a	56,75	ab
F (2,50 gram)	68,25	a	70,38	a	71,25	a	60,75	a	48,88	a

Keterangan : Nilai rata – rata yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama berbeda tidak nyata berdasarkan Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5%.

Tabel 3. Pengaruh Dosis Serbuk Daun Sirsak terhadap Jumlah Telur *C. analis* F. pada Kedelai Hitam Varietas Detam – 3 Prida pada umur 35 HSA,

40 HSA, 45 HSA, 50 HSA, 55 HSA, dan 60 HSA

Perlakuan	Rata-rata Jumlah Telur *C. analis* F. (Butir)											
	35 HSA		40 HSA		45 HSA		50 HSA		55 HSA		60 HSA	
A (tanpa serbuk daun sirsak)	85,25	d	70,13	c	120,13	a	136,50	a	114,75	a	96,63	a
B (0,50 gram)	73,75	cd	63,25	c	108,38	a	126,50	a	106,38	a	86,38	a
C (1,00 gram)	67,38	bcd	55,88	bc	97,50	a	109,13	a	94,50	a	77,00	a
D (1,50 gram)	53,13	abc	44,25	abc	91,38	a	101,63	a	90,25	a	70,25	a
E (2,00 gram)	43,00	ab	36,00	ab	81,38	a	90,50	a	81,13	a	58,75	a
F (2,50 gram)	35,00	a	28,38	a	74,25	a	85,88	a	76,50	a	54,63	a

Keterangan : Nilai rata – rata yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama berbeda tidak nyata berdasarkan Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5%.

Dosis serbuk daun sirsak 2,00 gram dan 2,50 gram menunjukkan paling sedikit jumlah telur yang disimpan hanya mencapai 58,75% dan 54,63% pada umur pengamatan 60 HSA. Hal ini berarti bahwa dosis serbuk daun sirsak 2,00 gram sudah cukup efektif, penambahan dosis semakin tinggi dapat menyebabkan tingginya mortalitas kumbang tersebut. Menurut Kardinan (2001), mortalitas yang tinggi dapat diakibatkan oleh kombinasi pengaruh penolak, tidak suka makan (*antifeedant*), dan akan mematikan imago *C. analis* F.

c. Jumlah Larva, Pupa, Imago *C. analis* F.

Tabel 4. Pengaruh Dosis Serbuk Daun Sirsak terhadap Jumlah Larva, Pupa dan Imago *C. analis* F. pada Kedelai Hitam Varietas Detam – 3 Prida pada umur 60 HAS

Perlakuan	Σ Larva (ekor)	Σ Pupa (ekor)	Σ Imago (ekor)
A (tanpa serbuk daun sirsak)	44,25 e	19,63 a	200,88 d
B (0,50 gram)	36,75 e	14,00 a	157,88 c
C (1,00 gram)	27,88 d	8,13 a	129,50 c
D (1,50 gram)	19,38 c	5,25 a	97,75 b
E (2,00 gram)	12,00 b	1,38 a	75,38 b
F (2,50 gram)	6,25 a	0,13 a	47,50 a

Keterangan : Nilai rata – rata yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama berbeda tidak nyata berdasarkan Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5%.

Berdasarkan Tabel 4 menunjukkan bahwa jumlah larva pada perlakuan F (2,50 gram) berbeda nyata dengan seluruh perlakuan. Hal ini menunjukkan bahwa senyawa *flavonoid*, *saponin* dan *tanin* yang terkandung pada serbuk daun sirsak dengan dosis semakin tinggi akan mengganggu tahapan proses perkembangan larva *C. analis* F. Bila senyawa–senyawa ini masuk ke dalam tubuh larva maka alat pencernaannya akan terganggu (*stomach poisoning)* (Endah dan Heri, 2000). Selain itu senyawa ini menghambat reseptor perasa pada daerah mulut larva sehingga akan menyebabkan larva tidak mau makan dan mengakibatkan larva gagal mendapatkan stimulus rasa sehingga tidak mampu mengenali makanannya dan mengakibatkan larva mati (Cahyadi, 2009).

Pada pengamatan jumlah pupa seluruh dosis serbuk daun sirsak berbeda tidak nyata. Menurut (Kardinan, 2005) daun sirsak mengandung senyawa aktif *annonasinon* dan *annonasin* yang mampu memperlambat pembentukan pupa karena terhambat laju makan larva, sehingga jumlah pupa pada percobaan ini menurun.

Pada pengamatan jumlah imago generasi ke dua perlakuan F (2,50 gram) menunjukkan berbeda nyata dengan seluruh perlakuan. Semakin tinggi dosis serbuk daun sirsak maka jumlah telur yang menetas menjadi larva, pupa dan imago semakin sedikit. Minimnya jumlah larva, pupa dan imago yang muncul disebabkan adanya pengaruh dari serbuk daun sirsak sebagai *antifeedant*, yaitu senyawa yang mencegah serangga memakan tanaman terutama disebabkan rasanya yang pahit.

d. Persentase Kerusakan Biji Kedelai Hitam

Tabel 5. Pengaruh Dosis Serbuk Daun Sirsak terhadap Persentase Kerusakan Biji pada Kedelai Hitam Varietas Detam – 3 Prida

Perlakuan	Rata-Rata Kerusakan Biji Kedelai Hitam (%)
A (tanpa serbuk daun sirsak)	69,60 c
B (0,50 gram)	27,19 bc
C (1,00 gram)	17, 39 ab
D (1,50 gram)	15,68 ab
E (2,00 gram)	9,06 ab
F (2,50 gram)	3,13 a

Keterangan : Nilai rata – rata yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata menurut Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5%.

Berdasarkan Tabel 5 menunjukkan pada perlakuan F (2,50 gram) berbeda nyata dengan perlakuan A (tanpa serbuk daun sirsak), B (0,50 gram), tetapi berbeda tidak nyata dengan perlakuan C (1,00 gram), D (1,50 gram), dan E (2,00 gram). Hal ini

menunjukkan bahwa pemberian dosis serbuk daun sirsak dengan dosis yang semakin tinggi akan menyebabkan kerusakan biji kedelai semakin rendah.

e. Persentase Susut Bobot Biji Kedelai Hitam

Tabel 6. Pengaruh Dosis Serbuk Daun Sirsak terhadap Susut Bobot Biji Pada Kedelai Hitam Varietas Detam – 3 Prida

Perlakuan	Rata-rata Susut Bobot (%)
A (tanpa serbuk daun sirsak)	12,50 c
B (0,50 gram)	3,91 ab
C (1,00 gram)	1,56 ab
D (1,50 gram)	1,69 ab
E (2,00 gram)	0,00 a
F (2,50 gram)	0,00 a

Keterangan : Nilai rata – rata yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama berbeda tidak nyata berdasarkan Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5%.

Berdasarkan Tabel 6 menunjukkan pengaruh dosis serbuk daun sirsak terhadap susut bobot biji pada perlakuan F (2,50 gram) berbeda nyata dengan perlakuan A (tanpa serbuk daun sirsak), tetapi berbeda tidak nyata terhadap perlakuan lainnya. Pada perlakuan E (2,00 gram) dan F (2,50 gram) bobot biji akhir masih tetap 100 gram, sedang pada perlakuan B (0,50 gram), C (1,00 gram) dan D (1,50 gram) berkisar antara 1,56 % - 3,91 %. Susut bobot biji terbesar diperoleh pada tanpa perlakuan serbuk daun sirsak yaitu sebesar 12,50 %. Hal ini menunjukkan bahwa tanpa pemberian serbuk daun sirsak biji - biji kedelai yang disimpan di gudang penyimpanan akan kehilangan bobot sebesar 12,50 %.

Rendahnya persentase kerusakan biji kedelai hitam akibat serangan yang disebabkan oleh *C. analis* F. akan memperkecil kehilangan bobot biji. Hal ini disebabkan dengan sedikitnya biji yang rusak (pada jumlah biji per g yang sama), susut bobot yang ditimbulkan akan semakin rendah. Menurut Soekarna (1982), besarnya kerusakan dan penyusutan bobot biji di tempat penyimpanan tergantung dari tinggi rendahnya populasi serangga hama gudang. Pada populasi yang semakin padat, kerusakan dan penyusutan bobot biji akan semakin meningkat.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan dari percobaan dapat disimpulkan bahwa:

1. Serbuk daun sirsak (*Annona muricata* L.*)* berpengaruh terhadap mortalitas, jumlah telur, jumlah larva, jumlah pupa, jumlah imago, persentase kerusakan biji, dan persentase susut bobot.
2. Dosis serbuk daun sirsak (*Annona muricata* L.) sebanyak 2,50 gram dapat berpengaruh terhadap perkembangan *Callosobruchus analis* F. pada biji kedelai hitam (*Glycine max* (L) Merrit) varietas Detam 3 Prida di penyimpanan.

DAFTAR PUSTAKA

Adie , M., Gatut W., AS., A. Krisnawati, E. Ginting dan A. Taufiq. 2013. Detam 3 Prida dan Detam 4 Prida: Kedelai Hitam Berumur Genjah. Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi. http://balitkabi.litbang.pertanian.go.od/info - teknologi/1355-detam-3-prida-dan-detam-4-prida-kedelai-hitam-berumur-genjah.html. diakses pada tanggal 11 Januari 2016.

Anugeraheni, D. P dan R. Brotodjojo, 2002. Pengaruh Konsentrasi Ekstrak Biji Nimba (*Annona squamosa* L.) terhadap Mortalitas Hama Bubuk Beras (*Sitphilus oryzae* L.). Jurnal Agrivet 4 (2): 75-76.

Badan Pusat Statistik, 2015. Konsumsi dan Produksi Kedelai Menurut Provinsi (ton) 1993-2015. http://www.bps.go.od/, Diaskes pada tanggal 10 Februari 2016.

Bilqisti F. 2013. Efek Kemopreventif Pemberian Infusa Daun Sirsak (*Annona Muricata)* Pada Epitel Duktus Jaringan Payudara Tikus Betina Galur *Sprague Dawley* Yang Diinduksi Senyawa *7,12-Dimethylbenz[A]Anthracene* (Dmba) [*Skripsi*]. Lampung: Fakultas Kedokteran Universitas Lampung.

Cahyadi, 2009. *Analisis & Aspek Kesehatan Bahan Tambahan Pangan*. Edisi Kedua. Jakarta: Bumi Aksara. Halaman 134.

Dadang, 1999. Bahan Penelitian Pengembangan Dan Pemanfaatan Insektisida Alami. Pusat Kajian Pengendalian hama Terpadu Institut Pertanian Bogor.

Dajanta, K., Janpum, P. & Leksing, W. 2013. Antioxidant Capacities, Total Phenolics and Flavonoids in Black and yellow Soybens Fermented by Baciliius subtilis: A Comparative Study of Thai Fermented Soybens (thuanao). Internasional Food Reaserch Journal. Vol. 20 (6): 3125-3132.

Damardjati D. 2005. Struktur Biji Serealia dan Implikasinya terhadap Penyimpanan. *Buletin Perhimpunan Ahli Teknologi Pangan Indonesia*.

Dewi, I.R. 2007. Prospek Insektisida yang Berasal dari Tumbuhan untuk Menanggulangi OPT. Makalah Program Pascasarjana. Universitas Padjadjaran, Bandung.

Djalil, R. 1992. Petunjuk Bergambar Untuk Identifikasi Hama dan Penyakit Kedelai di Indonesia. Program Nasional Pengendalian Hama Terpadu. Jakarta.

Drees, B.M. and J. Jackman, 1999. Field Guide to Texas Insects. Gulf Publishing Company Haouston.

Endah, S. dan Heri, K. 2000. *Manfaat Daun Ekstrak Pare Cegah Demam Berdarah*. http://www.jawapos.co.id/in. Diunduh pada tanggal 09 Mei 2016.

Ginting, E. dan M.M, Adie., 2007. Sifat Fisik dan Kimia Lima Galur Kedelai Hitam serta Kualitas Kecap yang Dihasilkan. hlm. 495−510.Bogor.

Gruber, L.C. dan George S. Karganilla, 1989. Neem Production and use. Philippine-German Biological Plant Protection Project Bureau of Plant Industry Department of Agriculture 692 San Andress Street Malate. Philippiness

Harinta Y.W. 2003. Pengaruh Tepung Cabai Merah Terhadap Mortalitas dan Perkembangan *C.analis F*. Pada biji kedelai. *Laporan hasil* penelitian. LPPM Univet Bantara Sukoharjo.

Harinta Y.W. 2004. Efektivitas Bahan Non Toksik Untuk Mengendalikan Kumbang Bubuk Kacang (*Callosobruchus chinensis* L) Pada Kacang Hijaun (*Vigna Radiata* L). jurnal Ilmiah-Widyatama,2.

Herliana E, Rifai N. 2011. Khasiat dan Manfaat Daun Sirsak Menumpas Kanker. Jakarta: Mata Elang Media. hlm. 12-16.

Herminanto, 2004. Pengendalian Hama Kumbang *Callosobruchus analis* pada Biji Kedelai Dalam Simpanan Dengan Menggunakan Tepung Daun dan Biji Sirsak. Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan. Fakultas Pertanian Unsoed Purwokerto.

Hidayat, *et al*. 2010. Perbandingan Kandungan Makronutrisi dan Isoflavon dari Kedelai Detam-1 dan Wilis Serta Potensinya dalam Menurunkan Berat Badan. Jurnal Ilmu – Ilmu Hayati dan Fisik.

Indratiningsih, 2011. Dasar Teknologi Hasil Ternak. Fakultas Peternakan. Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.

Kalshoven, L.,G.E. 1981. Pest of Crops in Indonesia. Resivedand Translated by Van der Loan. Jakarta: Ichtiar Baru Van Hoeve.

Kardinan A., 2005. Pestisida Nabati, Kemampuan dan Aplikasi. Jakarta: Penebar Swadaya.

Kardinan, A., M. Iskandar, dan E.A. Wikardi, 1994. Uji Toksisitas Ekstrak Daun Aglaia odoratalour Prosiding Simposium Penelitian Bahan Obat Almai VIII, Bogor 24-25 November 1994.

Kartasapoetra, A.G., 1991. Hama Hasil Tanaman Dalam Gudang. Jakarta: Rineka Cipta.

Mardiani, Lina. Ratnasari, Juwita. 2011. Ramuan dan Khasiat Sirsak. Jakarta:Penebar Swadaya.

Mangoendiharjo, S., 1997. Hama-hama Tanaman Pertanian Indonesia. Yayasan Pembinaan Fakultas Pertanian. Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.

Mayasari, Susan. 2010. Kajian Karakteristik Kimia dan Sensoris Sosis Tempe Kedelai Hitam (*Glycine max* L.) dan Kacang Merah (*Phaseolus vulgaris*) dengan Bahan Biji Berkulit dan Tanpa Kulit. Unversitas Sebelas Maret. Surakarta.

Mueller. 2012. Soy intake and Risk of Type 2 Diabetes Mellitus in Chinese Singaporeans. Soy intake and risk of type 2 diabetes. Eur J nutr.; 51(8): 1022-40.

Moniharapon, 2015. Efek Pemberian Daun Sirsak *(Annona muricata)* Sebagai Insektisida Botani Terhadap Mortalitas *Sitophilus oryzae.* Universitas Patimura Ambon. Agrologia, Vol 4, No.2, Oktober 2015, Hal. 114-118.

Nurrahman, (2015). Evaluasi Komposisi Zat Gizi dan Senyawa Antioksidan Kedelai Hitam dan kedelai Kuning. Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan, 4(3): 89-93.

Novizan, 2002. Membuat dan Memanfaatkan Pestisida Ramah Lingkungan. Jakarta: Agromedia Pustaka.

Nwanze, K.F., E. Horber and C.W. Pitts. 1975. Evidence for Ovipositional Preference of *Callosobruchus* spp. Env. Entomol. 4:.409-412

Nyoman, 2005. *Supply chain management*. Penebar Guna Widya. Surabaya.

Panda, N dan S.K. Gurdev 1995. Host Plant Resistence to insect. CABI dan IRRI. Program Studi Entomologi/Fitopologi Program Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.

Purwatresna, 2012. Aktifitas Antidiabetes Ekstrak Air dan Ethanol Daun Sirsak Secara In Vitro melalui Inhibisi Enzim α-Glukosidase. Bogor: Institut Pertanian Bogor.

Pranata, R.I. 1982. Metode Pendugaan Susut Berat karena Serangga. Direktorat Perlindungan Tanaman, Bogor.

Prasodjo, BJ. 2003. Petunjuk Penggunaan Pestisida. Jakarta: Ghalia Indonesia.

Ramulu, U.S. 1979. *Chemistry of Insecticides and Fungicides*. Mohan Primlani, Oxford abd IBH, Publishing Co., New Delhi.

Retnosari. 2013. *Hama Gudang*.

Riaman, 2016. Pemberian Tepung Daun Sirsak (*Annona muricata* L.) Dalam Mengendalikan Hama Kumbang Bubuk Jagung (*Sitophilus zeamais* M.) Pada Biji Jagung Di Penyimpanan.

Departemen Of Agroteknologi, Faculty of Agriculture, University of Riau. Jom Faperta Vol 1. No. 2 Oktober 2014.

Rioardi, 2009. Hama Gudang Tanaman Pangan. www.wikipedia.com. Diakses pada tanggal 27 Januari 2019.

Septerina, 2002. Pengaruh Ekstrak Daun Sirsak sebagai Insektisida Rasional terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Paprika Varietas Bell Boy. Tesis S-2 Fakultas Pertanian. Universitas Muhammadiah. Malang.

Soekarna, D. 1982. Hubungan Perkembangan Populasi Kumbang Callosobruchus abalis F. (Coleoptera : Bruchidae) dengan Kerusakan dan penyusutan Bobot Biji Kacang-kacangan. Balai Penelitian Tanaman Pangan, Bogor. 6 hal.

Soomaatmadja, Sadikin. 1985. Kedelai. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Bogor.

Sugandi, E. Dan Sugiarto. 1994. Rancangan Percobaan dan Aplikasi. Andi offset, Yogyakarta.

Sumarno, 1983. Kedelai dan Cara Bercocok Tanamannya. Bull Tekn. No. 6. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan Bogor. 53 Hlm.

Sunjaya, P.I. 2002. Dasar-Dasar Ekologi Serangga. Bagian Ilmu Tanaman Pertanian IPB Bogor.

Suranto A., 2011. Dahsyatnya Sirsak Tumpas Penyakit. Pustaka Bunda, Jakarta.

Suyono, 1998. Interaksi *Callosobruchus analis* F. (Celeopatera: Bruchidae) dan Biji Kedelai dari Berbagai Varietas. Balai Penelitian Tanaman Pangan, Bogor.

Suyono, Naito. 1990. Pengaruh Bahan Non Toksik pada Biji Kedelai terhadap Hama *Callosobruchus*. Bogor: IPB Press.

Untung, 2003. Pengaturan Pengelolaan Hama Terpadu. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.

Zuhud EA. 2011. Bukti Kedahsyatan Sirsak Menumpas Kanker. Jakarta:Agromedia Pustaka, hlm. 20-110.

.

Tantangan Dan Prospek Pengembangan Jagung Hibrida Menghadapi Perubahan Iklim di Nusa Tenggara Timur

Noldy R.E Kotta*[1], Yohanis Ngongo*[1], Alfonso Sitorus*[1]
*[1]Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Nusa Tenggara Timur,
Alamat korespondensi*: noldy_kotta@yahoo.com*

ABSTRAK

Produksi tanaman pangan khususnya tanaman jagung sangat dipengaruhi oleh perubahan iklim. Perubahan iklim akibat meningkatnya suhu mempengaruhi meningkatnya populasi hama penyakit. Serangan hama dan penyakit ini secara langsung mempengaruhi pengembangan jagung hibrida di NTT. Oleh karena itu, tulisan ini bertujuan untuk membahas tantangan dan prospek pengembangan tanaman jagung hibrida di tengah perubahan iklim di NTT. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode survei yang dilaksanakan di Desa Oeteta, Kecamatan Sulamu, Kabupaten Kupang, Provinsi Nusa Tenggara Timur pada bulan Januari - Maret 2020. Pengambilan data biaya output dan input dilakukan dengan teknik wawancara langsung kepada petani pada kelompok tani Amkenat. Pengamatan dilakukan dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan tiga kali ulangan dengan empat perlakuan dengan menggunakan 4 varietas jagung hibrida yaitu: Nasa 29, JH 27, JH 37, JH 45. Hasil penelitian menunjukan bahwa pada lahan jagung ditemukan adanya serangan *Spodoptera frugiperda* yang menjadi tantangan pengembangan jagung hibrida di NTT. Berdasarkan hasil analisis *One Way Anova*, semua varietas jagung diserang oleh *S. frugiperda* dengan intensitas kerusakan lebih dari 50%. Pengamatan dilakukan sebanyak 3 kali yaitu pada 14 HST, 21 HST dan 28 HST tanpa terkecuali. Tingkat serangan ini menyebabkan tingginya biaya produksi, karena intensitas penyemprotan insektisida terhadap *S. frugiperda* yang tinggi. Oleh karena itu untuk pengembangan jagung hibrida di NTT, perlu dilakukan deteksi dini perkembangan *S. frugiperda*, dan pengendalian di awal untuk menekan populasi *S. frugiperda*.

Kata kunci: Perubahan iklim, hama, FAW, jagung, NTT

PENDAHULUAN

Kondisi lahan kering ini merupakan salah satu tantangan dalam pengembangan pertanian Provinsi Nusa Tenggara Timur. Wilayah NTT memiliki tingkat curah hujan kurang dari 2.000 mm/tahun sehingga memiliki tingkat kesuburan tanah yang rendah, karena kadar bahan organik rendah (Sardiana *et al.*, 2017) .

Produktivitas tanaman di wilayah lahan kering dan iklim kering tidak terlepas dari pengaruh perubahan iklim. Dampak perubahan iklim berkaitan erat produktivitas sektor pertanian. Peningkatan suhu akibat perubahan iklim menyebabkan evapotranspirasi. Dalam Ruminta dan Nurmala (2016) menyatakan bahwa perubahan pola curah hujan menyebabkan kekeringan berdampak pada sistem pertanian tanaman pangan dimana penurunan Indek Pertanaman (IP) atau luasan panen (Runtunuwu dan Syahbuddin, 2007), penurunan produksi (Ratag, 2006; Naylor *et al.*, 2007). Meningkatnya suhu berbanding terbalik dengan produksi tanaman pangan, misalnya naiknya suhu 2 ºC mengurangi produksi jagung sebesar 20 % dan produksi padi berkurang 10 % (IPCC, 2007). Food and Agriculture (FAO) juga menunjukkan bahwa perubahan iklim dapat menimbulkan kehilangan hasil sereal (Boer, 2010). Hal ini disebabkan karena adanya fenomena El Nino dan La Nina (Harmoni, 2005).

Tanaman jagung merupakan salah satu tanaman pangan yang paling banyak dibudidayakan di NTT. Hal ini dibuktikan dengan data BPS tahun 2017, lahan tanam jagung seluas 379 968 ha sedangkan lahan tanam padi tahun 2017 seluas 322 709 ha. Jika dibanding dengan luas lahan tanaman padi maka lahan untuk tanaman jagung lebih banyak dibanding lahan untuk tanaman padi. Selain luas lahan, produksi tanaman jagung juga lebih tinggi dibandingkan dengan produksi tanaman padi. Pada tahun 2017 produksi tanaman jagung mencapai 809 830 ton/ha (BPS NTT, 2018). Selain digunakan sebagai makanan pokok, juga sebagai pakan ternak oleh sebagian besar penduduk. Oleh karena itu, jagung dibudidayakan mulai dari dataran rendah sampai ke pegunungan. Ini terbukti dengan melihat produksi jagung untuk pangan di NTT sebesar 591.301 ton, sedangkan jagung non pangan hanya 81.811 ton. Produktivitas jagung di wilayah ini 2,48 t/ha (BPS NTT, 2019). Rendahnya produktivitas di NTT disebabkan karena perubahan pola hujan dan kemarau panjang akibat perubahan iklim.

Selain penurunan IP dan produksi tanaman, perubahan iklim juga menyebabkan *outbreak* hama *Spodoptera frugiperda* atau *Fall Army Worm* (FAW). Pada awal tahun 2019, dilaporkan hama ini ditemukan pada tanaman jagung di daerah Sumatera (Kementan, 2019). Pada awal tahun 2020, FAW telah dilaporkan

menyerang tanaman jagung di NTT pada 6 kabupaten yakni Kabupaten Sikka, Flores Timur, Lembata, Alor, Nagekeo dan Sumba Timur (Pos Kupang, 2020).

Adanya *Outbreak* hama FAW ini, diprediksi sebagai dampak perubahan iklim. Parry *et al.* (1990) melaporkan bahwa hama ini dapat berkembang dilingkungan baru sehingga memiliki kemampun bermigrasi yang tinggi dan tidak memiliki periode diapauses (Luginbill, 1928; Sparks, 1979). Perubahan iklim dapat menimbulkan tekanan fisiologi tanaman inang sehingga menyebabkan peningkatan serangan hama dan penyakit (Allen *et al*., 2010; Bentz *et al*., 2010; Boggs, 2016). Kondisi temperatur yang lebih tinggi dapat meningkatkan populasi hama karena baik untuk perkembangan dan reproduksi hama. Cekaman kekeringan juga akan mengurangi kemampuan inang untuk merespon wabah hama (Boggs, 2016; Ramsfield *et al*., 2016). Díaz-Álvarez, *et al*. (2021) juga melaporkan bahwa perubahan siklus hidup FAW berlangsung selama gradie suhu 23ºc - 31ºc. Hal ini membuktikan bahwa perkembangan FAW lebih cepat dan setiap siklus hidup menjadi pendek jika suhu tinggi.

Berdasarkan uraian diatas maka perubahan iklim dapat menimbulkan dampak ekonomi pada sektor pertanian baik secara langsung maupun tidak langsung (Mendelsohn, 2008). Oleh karena itu, penelitian ini diharapkan dapat menghasilkam strategi dalam penanganan berbagai tantangan pengembangan jagung khususnya terkait intensitas kerusakan yang disebabkan oleh hama sehingga dapat meningkatkanb prospek pengembangan jagung hibrida di NTT ditengah perubahan iklim yang terjadi.

METODE

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode survei yang dilaksanakan di Desa Oeteta, Kecamatan Sulamu, Kabupaten Kupang, Provinsi Nusa Tenggara Timur pada bulan Januari - Maret 2020. Untuk data biaya output dan input dilakukan dengan teknik wawancara langsung kepada petani pada kelompok tani Amkenat. Penelitian dilanjutkan dengan pengamatan serangan hama untuk melihat tantangan perubahan iklim. Pengamatan dilakukan dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan tiga kali ulangan dengan empat perlakuan dengan menggunakan 4 varietas jagung hibrida yaitu: Nasa 29, JH 27, JH 37, JH 45. Pengamatan dilakukan dengan menghitung jumlah tanaman yang terserang pada tiap plot. Masing-masing varietas terdiri atas 3 plot sehingga keseluruhan plot pengamatan berjumlah 12 plot.

HASIL

Tantangan Pengembangan Usaha Tani Jagung

Dalam pengembangan usaha tani jagung, tentunya tidak terlepas dari masalah hama dan penyakit. Pada musim tanam tahun 2020, petani mengalami kendala yaitu masalah hama Fall Army Worm (FAW) *Spodoptera frugiperda* yang menyerang hampir seluruh hamparan jagung. Hama ini berasal dari Amerika, menyebar ke Afrika dan masuk ke Asia tahun 2018, serta berkembang ke Sri Lanka, Bangladesh, Myanmar, Thailand, dan Tiongkok (FAO, 2019).

S. frugiperda dilaporkan masuk Indonesia yakni di Sumatera Utara tahun 2019 (Kementan 2019). Hal ini terjadi karena tekanan abiotik seperti meningkatnya areal lahan marginal dan biotik seperti seperti ledakan hama dan penyakit (Aqil *et al.*, 2013).

Berdasarkan hasil wawancara, petani menyatakan bahwa pada tahun 2019, serangan hama tidak separah tahun 2020 sehingga tidak memerlukan biaya pengendalian tinggi. Namun pada musim tanam tahun 2020, petani mengalami kewalahan karena serangan hama FAW sudah terdeteksi sejak 13 hari setelah tanam. Pada tabel 1, dapat dilihat perbandingan biaya yang dikeluarkan untuk pengendalian serangan ringan dan berat.

Tabel 1. Perbandingan biaya pengendalian hama di Desa Oeteta, MT 1 Tahun 2020

No	Uraian	Intensitas Penyemprotan	Pestisida yang di gunakan					Biaya (Rp/ha)
		Pestisida	Alika	Curacron	Amistartop	Proclaim	Carbofuran	
1	Kondisi Serangan Normal	1	√	√	√			335,000
2	Kondisi Serangan Berat	3	√	√	√	√	√	1,485,000

Berdasarkan data Ditjen Tanaman Pangan (2019) luasan serangan FAW pada tanaman jagung di Indonesia adalah 31.856 ha, luas serangan FAW di NTT mencapai 6.225 ha. Tingkat serangan FAW tertinggi terdapat di Provinsi Nusa Tenggara Timur tahun 2020 dengan luas serangan 19.015 ha. Dari data tersebut

dapat disimpulkan bahwa perkembangan serangan FAW di NTT sangat signifikan. Oleh karena itu perlu upaya khusus untuk segera mengendalikan hama ini. Pada tabel 2 dapat dilihat perbedaan tingkat kerusakan yang disebabkan oleh FAW pada keempat varietas jagung hibrida.

Tabel 2. Rerata Intensitas Serangan Hama *Spodoptera frugiperda* (FAW) pada tanaman jagung di Desa Oeteta, MT 1 Tahun 2020

Varietas	Rerata (%) ± SD		
	14 HST	21 HST	28 HST
JH 27	5.11 ± 5.35	38.0 ± 35.8	42.8 ± 4.3
JH37	3.00 ± 2.872	30.6 ± 38.9	37.9 ± 48.6
JH45	5.00 ± 6.60	30.1 ± 36.1	36.9 ± 48.0
Nasa 29	4.22 ± 4.32	30.0± 24.33	49.2 ± 37.7

Berdasarkan Tabel 2, rerata intensitas kerusakan tertinggi terdapat pada varietas JH 27 pada pengamatan I (14 HST), sebesar 5.11 % dan pengamatan II (21 HST), sebesar 38 %. Sedangkan, pada pengamatan ke III (28 HST) rerata intensitas tertinggi terdapat pada varietas Nasa 29. Intensitas kerusakan yang tinggi disebabkan perubahan pola hujan yang tidak menentu sehingga menyebabkan kondisi hangat berlangsung lama. Hal ini berpengaruh pada siklus hidup *S. frugiperda* yang tergantung kondisi lingkungan sekitar (suhu dan kelembaban) (Kementan, 2019).

Peningkatan suhu berperan penting dalam penurunan atau peningkatan produktivitas tanaman. Jika suhu meningkat maka produktivitas tanaman berkurang (Tschirley, 2007). Selain proses fisiologis pada tanaman yang tidak berjalan dengan baik, juga memicu peningkatan hama dan penyakit. Hal ini disebabkan karena tekanan abiotik dan biotik akibat perubahan iklim (Aqil, *et al* , 2013).

Larva instar 2-4 *S. frugiperda* memiliki kemampuan makan yang tinggi. Larva instar 2-3 masuk ke dalam bagian pucuk tanaman dan amasuk ke titik tumbuh sehingga populasi sulit dideteksi. Selain itu juga imagonya memiliki daya jelajah yang tinggi (CABI, 2019).

A

B

Gambar 1: A) Serangan FAW pada titik tumbuh tanaman jagung pada saat proses pembentukan bunga jantan; B) Lubang bekas gerekan hama FAW pada batang tanaman jagung

Prospek Pengembangan Usaha Tani Jagung Hibrida

Biaya Usahatani

Nilai dari semua faktor produksi merupakan bagian dari biaya usaha tani. Biaya yang diperhitungkan dalam penelitian ini meliputi: (1) Biaya tunai yang digunakan untuk pembelian faktor produksi, sarana produksi (pupuk, benih, pestisida) serta upah tenaga kerja luar keluarga (Rp/ha). (2) Biaya tidak tunai meliputi biaya penyusutan alat-alat pertanian, biaya tenaga kerja dalam keluarga (Rp/ha) dan sewa lahan (Soekartawi, 1991).

Analisis Efisiensi Usaha

Adapun rumus umum dalam mendapatkan nilai R/C rasio adalah :

$$\frac{R}{C} Rasio = \frac{Jumlah\ Penerimaan\ (Rp/Ha/Musim\ tanam\ )}{Jumlah\ Biaya\ Pengeluaran\ (Rp/Ha/Musim\ tanam\ )}$$

Analisis pendapatan usaha tani bertujuan untuk mengetahui pendapatan petani dalam usaha tani jagung dengan melihat perbandingan antara pengeluaran dengan pendapatan usaha tani. Dalam analisis pendapatan menjelaskan tentang bagaimana struktur biaya, pendapatan dan rasio R/C dari usahatani jagung. Dimana R adalah penerimaan dan C adalah pengeluaran. Biaya pengeluaran terdiri atas biaya tunai dan biaya yang diperhitungkan. Biaya tersebut dapat dilihat pada tabel 3 yaitu upah tenaga kerja yang termasuk dalam biaya yang diperhitungkan.

Tabel 3. Persentase struktur biaya usahatani jagung di Desa Oeteta, MT 1 Tahun 2020.

No	Uraian	Upah Tenaga Kerja (Rp/Ha)
1.	Biaya persiapan lahan	450,000
2.	Biaya pengolahan tanah	2,000,000
3.	Biaya penanaman	900,000
4.	Biaya pemupukan	900,000
5.	Biaya penyiangan	200,000
6.	Biaya pengendalian H/P	200,000
7.	Biaya panen	600,000
8.	Biaya prosesing	800,000
	Total	6,050,000

Penerimaan tunai merupakan hasil perkalian antara jumlah produksi yang dijual dengan harga satuannya, sedang penerimaan tidak tunai berupa hasil produksi yang tidak dijual dan biasanya dikonsumsi oleh petani sendiri. Analisis pendapatan ini juga membahas biaya usahatani yang tunai dan tidak tunai. Biaya tunai adalah biaya yang secara langsung dikeluarkan oleh petani. Biaya diperhitungkan (tidak tunai) meliputi semua pengeluaran yang tidak dibayarkan secara tunai tetapi diperhitungkan dalam biaya.

Kekurangan tenaga kerja, merupakan salah satu faktor tingginya biaya usaha tani. Di Desa Oeteta, kebanyakan petani masih menggunakan tenaga kerja mulai dari pengolahan tanah sampai panen dan prosesing. Biaya persiapan lahan didalamnya termasuk penyemprotan rumput dan pembuatan bedeng. Upah kerja Rp. 50.000/hari untuk 3 orang kerja selama 3 hari. Biaya yang paling tinggi adalah biaya pengolahan lahan yaitu mencapai Rp. 2.000.000/ Ha. Hal ini disebabkan karena kekurangan tenaga kerja sedangkan lahan yang digarap cukup luas. Kepemilikan lahan di Desa Oeteta bervariasi, mulai dari 25 are – 1 ha per orang dalam kelompok tani.

Biaya pengolahan tanah yang dimaksud adalah biaya bajak lahan. Biaya ini cukup tinggi dibanding biaya yang lain karena biaya sudah termasuk didalam biaya sewa traktor. Pada persiapan lahan, biaya tenaga kerja terdiri atas 8 orang yang dikerjakan selama 5 hari. U pah per hari adalah Rp. 50.000,-. Biaya terbesar kedua adalah penanaman dan pemupukan, masing-masing Rp. 900.000,-. Pada tahap penanaman dan pemupukan masing-masing menggunakan 6 orang kerja , selama 3 hari dengan upah per hari Rp. 50.000,-.

Biaya penyiangan dan pengendalian H/P yang dimaksud adalah penyiangan rumput dan penyemprotan pestisida. Pada masing-masing tahap ini pemilik lahan menggunakan jasa 2 orang kerja selama 2 hari dengan upah Rp. 50.000/hari. Biaya panen menggunakan 6 orang kerja selama 2 hari dengan upah kerja Rp. 50.000,-/hari, sehingga total biaya yang dikeluarkan untuk panen yaitu Rp. 600.000,-. Untuk biaya prosesing, biasanya menggunakan sistem borong dimana pemborong adalah pemilik alat pipil. Kebanyakan petani di Desa Oeteta belum mempunyai alat pipil sehingga masih menggunakan penyewaan alat pipil. Biaya yang ditetapkan yaitu Rp. 250/kg jagung yang telah dipipil sehinggga produksi 3200 kg, dan total biaya yang harus dibayar untuk prosesing yaitu Rp. 800.000,-. Total biaya untuk upah tenaga kerja yaitu Rp. 6.050.000,-.

Selain biaya upah tenaga kerja, petani juga harus mempersiapkan biaya saprodi yang terdiri dari biaya benih, herbisida, pestisida, dan pupuk. Biaya benih yang digunakan untuk luasan 1 ha biasanya 15 kg dengan harga Rp. 110.000,-. Benih yang digunakan adalah benih Lamuru, sehingga total pengeluaran untuk biaya benih adalah Rp. 1.650.000,- per MT. Biaya untuk pembelian herbisida yaitu Rp. 1.000.000,-. Penggunaan herbisida biasa digunakan sebelum

pengolahan tanah dan 2 minggu setelah tanam. Herbisida yang digunakan yaitu Roundup Rp. 160.000,-/botol dan calaris Rp. 90.000,-. Pestisida yang digunakan adalah Alika, Curacron dan Amistartop. Harga insektisida Alika adalah Rp. 140.000,-/botol, Curacron Rp. 55.000,-, dan Amistartop Rp. 140.000,-.

Pada serangan ringan, pengendalian hanya dilakukan sekali. Menurut wawancara dengan petani, tahun 2019 pengendalian hanya dilakukan sekali karena serangan masih tergolong ringan. Namun, tahun 2020 serangan cukup berat sehingga perlu dilakukan penyemprotan sampai tiga kali per musim tanam. Hal ini menyebabkan biaya pengendalian hama dan penyakit adalah Rp. 1.485.000,-/ MT. Untuk biaya pupuk, petani menggunakan pupuk bersubsidi dengan harga Rp.100.000,-/karung (50 kg) dan Phonska Rp. 130.000,-/karung (50kg). sehingga total untuk pengeluaran pupuk yaitu Rp.230.000,-/MT.

Tabel 4. Struktur biaya saprodi usahatani jagung di Desa Oeteta, MT 1 Tahun 2020

No	Uraian	Harga (Rp/Ha)
1	Biaya Benih	1,650,000
2	Biaya Herbisida	1,000,000
3	Biaya Pestisida	1,485,000
4	Biaya Pupuk	230,000
	Total	4,365,000

Biaya produksi tinggi tidak menjamin produktiv itas. Produktiv itas jagung tergolong rendah, per musim tanam petani hanya menghasilkan 4,6 ton per ha. Hasil produksi oleh pemborong dibeli dengan harga Rp. 4.800,-/kg. sehingga pendapatan kotor petani per musing tanaman adalah Rp. 22.080.000,-.

Tabel 5. Rata-rata produksi dan pendapatan kotor petani jagung/ha

No	Uraian	Per Hektar
1	Produksi Jagung (Ton)	4,600
2	Harga Jual (Rp)	4,800
	Total Pendapatan Kotor (Rp)	22,080,000

Berdasarkan biaya pengeluaran dalam proses budidaya jagung, maka untuk menghitung rata-rata pendapatan bersih petani dari hasil budidaya jagung per musim tanam adalah total pendapatan kotor dikurangi dengan biaya produksi yang terdiri dari biaya upah tenaga kerja dan biaya saprodi maka total pendapat bersih petani per musim tanam adalah Rp. 11.665.000,-.

Tabel 6. Rata-rata pendapatan bersih petani jagung/ha.

No	Uraian	Per Hektar
1	Pendapatan Kotor (Rp)	22,080,000
2	Pengeluaran Biaya Produksi (Rp)	10,415,000
	Total Pendapatan Bersih (Rp)	11,665,000

KESIMPULAN

Perubahan iklim memegang peranan penting dalam peningkatan produktiv itas tanaman jagung di NTT. Akibat perubahan iklim, mempengaruhi peningkatan tekanan biotik dan abiotik pada tanaman. Selain dampak secara langsung, juga dampak terhadap aspek sosial dan ekonomi dalam mengatasi efek perubahan iklim.

Salah satu pengaruh tekanan biotik adalah munculnya hama *S. frugiperda* dengan intensitas kerusakan tinggi. Hal ini menyebabkan tingginya biaya produksi, karena intensitas penyemprotan insektisida terhadap *S. frugiperda* yang tinggi. Oleh karena itu untuk pengembangan jagung hibrida di NTT, perlu dilakukan deteksi dini perkembangan *S. frugiperda,* dan pengendalian di awal untuk menekan populasi *S. frugiperda*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tulisan ini merupakan bagian dari Kegiatan Adaptasi Jagung Hibrida di Lahan Kering Iklim Kering, Nusa Tenggara Timur oleh BPTP NTT. Oleh karena itu, kami mengucapkan terima kasih kepada petani di Kelompok Tani Amkenat, Oeteta, Kabupaten Kupang, NTT sebagai pemilik lahan serta Ir. Evert Y. Hosang, M.Si., Ph.D., sebagai pembimbing dalam penulisan sistem budidaya dan Dr. Ir. Bernad B. deRosari, M.Si dan Ir. Yohanis Ngongo, M.Si., Ph.D sebagai pembimbing dalam penulisan sistem usaha tani.

DAFTAR PUSTAKA

Allen, C.D., Macalady, A.K., Chenchouni, H., Bachelet, D., McDowell, N., Vennetier, M., Kitzberger, T., Rigling, A., Breshears, D. D. & Hogg, E. T. (2010). A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests. *Forest Ecology and Management* 259, 660–684.CrossRefGoogle Scholar

Aqil M., Bunyamin Z dan N.N. Andayani. (2013). Inovasi Teknologi Adaptasi Tanaman Jagung Terhadap Perubahan Iklim. Balai Penelitian Tanaman Serealia. Seminar Nasional Inovasi Teknologi Pertanian.

Bentz, B. J., Régnière, J., Fettig, C. J., Hansen, E. M., Hayes, J. L., Hicke, J. A., Kelsey, R. G., Negrón, J. F. & Seybold, S. J. (2010). Climate change and bark beetles of the western United States and Canada: direct and

indirect effects. *BioScience* 60, 602–613.CrossRefGoogle Scholar

Boer, R. (2010). Ancaman Perubahan Iklim Global terhadap Ketahanan Pangan Indonesia (The Threats of Global Climate Change on Food Security in Indonesia). Jurnal Agrimedia, Vol.15(2), pp: 1621 Central Agency of Statistics (BPS). (Various Issues). Statistical Yearbook of Indonesia Jakarta: BPS.

Boggs, C. L. (2016). The fingerprints of global climate change on insect populations. *Current Opinion in Insect Science* 17, 69–73.Cross Ref Google Scholar

BPS NTT (2018). https://ntt.bps.go.id/publication/2018/08/16/d94e38a4fda352a452976ffb/ provinsi- nusa-tenggara-timur-dalam-angka-2018.html

BPS NTT (2019). https://ntt.bps.go.id/publication/2019/08/16/da2737bf17e4d09b5c5022bc/ provinsi-nusa-tenggara-timur-dalam-angka-2019.html

CABI. (2019). Spodoptera frugiperda (Fall Armyworm). *https://www.cabi.org/ISC/ fallarmyworm*.

E. A. Díaz-Álvarez, J. P. Martínez-Zavaleta,E. E. López-Santiz,E. de la Barrera, J. Larsen & E. del-Val . (2021). Climate change can trigger fall armyworm outbreaks: a developmental response experiment with two Mexican maize landraces

FAO. (2019). FAO Regional Office for Asia and the Pacific. http://www.fao.org/ asiapacific/news/detail-events/en/c/1186008/

Harmoni, A. (2005). DAmpak social ekonomi perubahan iklim. Prosiding Seminar PESAT. Universitas Gunadarma, Jakarta.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2007). Climate Change 2007: Synthesis Report. Geneva, Switzerland: IPCC.

Kementerian Pertanian. (2019). Pengenalan Fall Armyworm (Spodoptera frigiperda J. E. Smith) Hama Baru pada Tanaman Jagung di Indonesia. Jakarta: Balai Penelitian Tanaman Serealia. 64 p.

Luginbill, P. (1928). *The Fall Army Worm*. Washington, DC: USDA.Google Scholar

Naylor, R., D.S. Battisti, W. P. Falcon, M. Burke, and D. Vimont. (2007). "Assessing risks of climate variability and climate change for Indonesian rice agriculture", PNAS (Proceeding of the National Academy of Science) Vol. 104 (19), May 8, 2007. pp: 7752-7757.

Parry, M. L., Porter, J. H. & Carter, T. R. (1990). Agriculture: climatic change and its implications. *Trends in Ecology & Evolution* 5, 318–322.CrossRefGoogle Scholar

Pos Kupang, (2020). https://kupang.tribunnews.com/2020/02/08/gawat-hama-ulat-grayak-serang-6-kabupaten-di-ntt-petani-cemas-gagal-panen-jagung.

Ramsfield, T. D., Bentz, B. J., Faccoli, M., Jactel, H. & Brockerhoff, E. G. (2016). Forest health in a changing world: effects of globalization and climate change on forest insect and pathogen impacts. *Forestry* 89, 245–252.CrossRefGoogle Scholar

Ratag, M.A. (2006). "Climate change and climate variability projections and their application in Indonesia: Range of uncertainty and variability in future climate". Paper presented in the Regional Meeting of TroFCCA Southeast Asia, 29-30 May, 2006, held in CIFOR, Bogor, Indonesia.

Ruminta dan T. Nurmala. (2016). Dampak Perubahan Pola Curah Hujan Terhadap Tanaman Pangan Lahan Tadah Hujan Di Jawa Barat. Departemen Budidaya Pertanian Universitas. ISSN: 1410-0029 Agrin Vol. 20, No. 2, Oktober 2016. 155

Runtunuwu. E dan syahbuddin. H. (2007). Perubahan pola curah hujan dan dampaknya terhadap periode masa tanam. Peneliti pada balai penelitian agroklimat dan hidrologi, bogor. peneliti pada pusat penelitian dan pengembangan perkebunan, Bogor. jurnal tanah dan iklim.

Sparks, A. N. (1979). A review of the biology of the fall armyworm. *The Florida Entomologist* 62, 82–87.CrossRefGoogle Scholar

Sardiana. I.K., Susila. D., Supadma. A.A., and Saifulloh. M. (2017). Soil Fertility Evaluation and Land Management of Dryland Farming at Tegallalang Sub-District, Gianyar Regency, Bali, Indonesia. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volume 98, The 5th Geoinformation Science Symposium 2017 (GSS 2017) 27–28 September 2017, Yogyakarta, Indonesia

Tschirley, J. (2007). Climate Change Adaptation: Planning and Practices. Power Point Keynote Presentation of FAO Environment, Climate change, Bioenergy Division, 10-12 September 2007, Rome.

Profil Keanekaragaman Arthropoda Pada Beberapa Sistem Tanam Padi Gogo di Lahan Kering

N. Usyati[1], Nia Kurniawati[1], dan Oco Rumasa[1]

[1]Balai Besar Penelitian Tanaman Padi
Jl. Raya IX, Sukamandi 41256, Kec. Ciasem, Kab. Subang, Jawa Barat
*Alamat korespondensi: n_usyati06@yahoo.co.id

ABSTRAK

Lahan kering di Indonesia potensial sebagai lumbung padi. Namun produktivitas padi gogo di lahan kering masih di bawah padi sawah. Hasil padi gogo yang rendah salah satunya disebabkan masalah biotik, seperti hama. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui profil keanekaragaman arthropoda pada beberapa sistem tanam padi gogo di lahan kering sebagai acuan untuk langkah pengendalian yang tepat. Penelitian dilakukan di Banten pada Oktober 2014–Maret 2015 dengan metode survey. Survey dilakukan pada 3 lokasi yang menerapkan sistem tanam padi gogo berbeda, yaitu: 1) monokultur, 2) tumpang sari, dan 3) di sela tanaman jati muda. Pengamatan pada setiap sistem tanam padi gogo dilakukan pada 5 titik dan pada setiap titik diamati sebanyak 20 rumpun, sejak pra tanam sampai menjelang panen dengan interval 2 minggu sekali. Variabel yang diamati meliputi populasi arthropoda dan kondisi iklim. Hasil penelitian menunjukkan bahwa indeks keanekaragaman (H') pada tiga sistem tanam padi gogo adalah sedang. Nilai indeks kemerataan (e') pada sistem tanam padi gogo secara tumpang sari dan di sela tanaman jati muda adalah rendah (0,29 ; 0,06), sedang pada monokultur adalah sedang (e'=0,4). Indeks dominansi berkisar antara 0,19–0,35. Selain Aranea, ordo yang ditemukan pada tiga sistem tanam padi gogo adalah Orthoptera, Hemiptera, Lepidoptera, dan Coleoptera. Jumlah famili tertinggi terlihat pada sistem tanam padi gogo secara tumpang sari (13) dan terendah pada monokultur (9). Jumlah jenis tertinggi terlihat pada sistem tanam padi gogo secara tumpang sari (986) dan terendah di sela tanaman jati muda (791). Fungsi arthropoda yang ada pada tiga sistem tanam padi gogo hanya meliputi herbivora dan predator. Komposisi herbivor pada sistem tanam padi gogo secara tumpang sari dan di sela tanaman jati muda lebih tinggi dibandingkan pada sistem tanam padi gogo secara monokultur. Dengan demikian apabila akan mengembangkan padi gogo secara tumpang sari dan di sela tanaman jati muda perlu pengendalian hama yang lebih intensif dibanding pada sistem tanam padi gogo secara monokultur.

Kata kunci: keanekaragaman, arthropoda, sistem tanam padi gogo, lahan kering

PENDAHULUAN

Lahan kering di Indonesia potensial sebagai lumbung padi. Namun hingga saat ini baru sebagian kecil lahan kering yang telah dimanfaatkan untuk budidaya padi gogo dengan produktivitas masih di bawah padi sawah (Hairmansis, *dkk..,* 2016). Produktivitas padi gogo pada tahun 2013 rata-rata 3,3 t/ha, di bawah produktivitas padi sawah yang mencapai 5,3 t /ha (Kementan, 2014). Rendahnya hasil padi gogo disebabkan oleh masalah abiotik dan biotik pada lahan kering. Masalah biotik yang menjadi penghambat penanaman padi gogo diantaranya adalah hama dan penyakit (Anonim, 2013).

Padi gogo dapat dibudidayakan sebagai tanaman utama dengan pola monokultur. Selain itu, padi gogo dapat dibudidayakan secara tumpang sari. Pada sistem tanam tumpang sari tersebut padi gogo ditanam bersama-sama dengan tanaman semusim lainnya atau disisipkan di antara tanaman tahunan sebagai tanaman sela (Sasmita, *dkk.*, 2006). Toha, *dkk.* (2009) menyatakan bahwa padi gogo juga dapat dibudidayakan secara tumpang sari dengan tanaman perkebunan dan hutan tanaman industri (Toha, *dkk.*, 2009). Padi gogo juga potensial ditanam di sela-sela tanaman hortikultura tahunan sedurian. Pada ekosistem tersebut padi gogo dapat ditanam di sela-sela tanaman utama sampai naungannya mencapai 50% (Sopandie, *dkk.*, 2003).

Setiap agroekosistem memiliki keanekaragaman arthropoda yang berbeda. Agroekosistem padi sawah mempunyai keragaman flora dan fauna yang rendah sehingga keseimbangan yang tercipta bersifat labil (Hendrival, *dkk.*, 2017). Informasi keanekaragaman arthropoda pada beberapa sistem tanam padi gogo di lahan kering masih terbatas. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui profil keanekaragaman arthropoda pada beberapa sistem tanam padi gogo di lahan kering sebagai acuan untuk langkah pengendalian yang tepat.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di lahan petani di Provinsi Banten pada musim tanam Oktober 2014–Maret 2015.

Metode Penelitian

Penelitian dilakukan dengan metode survey. Survey dilakukan pada 3 lokasi yang menerapkan sistem tanam padi gogo yang berbeda yaitu: 1) sistem tanam padi gogo secara monokultur di lahan terbuka, 2) sistem tanam padi gogo secara tumpang sari dengan tanaman semusim, dan 3) sistem tanam padi gogo di sela tanaman jati muda. Pengamatan pada setiap sistem tanam padi gogo dilakukan secara visual pada 5 titik dan pada setiap titik diamati sebanyak 20 rumpun. Pengamatan dilakukan sejak pra tanam sampai menjelang panen dengan interval pengamatan 2 minggu sekali. Variabel yang diamati meliputi populasi arthropoda dan kondisi iklim.

Analisis Data

Jumlah dan jenis arthropoda yang diamati dianalisis dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

- ***Shannon-Wienner***

  Keanekaragaman arthropoda dianalisis dengan indeks keragaman Shannon-Wienner (Odum, 1994):

  $$H' = -\sum_{t=1}^{s} pi \ In \ pi$$

  H' = Indeks keanekaragaman
  Pi = proporsi tiap spesies dalam sampel
  lnPi = natural logarithm dari proporsi ini

- ***Indeks kemerataan***

  Nilai indeks kemerataan antar famili (*e'*) (Odum, 1994):

  e' = H'/lnS
  e' = Indeks kemerataan (nilai antara 0–1)
  H' = Indeks keanekaragaman Shannon – Wiener
  S = jumlah ordo atau famili yang ditemukan
  ln = natural logaritma

- ***Indeks dominansi***

  Indeks dominansi dihitung dengan indeks dominansi Simpson (Odum, 1994) :

  $$D = \sum Pi^2 D = \sum Pi^2 \ , \ Pi = \frac{ni}{N} Pi = \frac{ni}{N}$$

  D = Indeks Simpson
  ni = jumlah individu dari satu ordo atau famili lainnya
  N = jumlah individu dari semua ordo atau famili
  Pi = proporsi tiap spesies dalam sampel

HASIL DAN PEMBAHASAN

Populasi Arthropoda

Berdasarkan hasil analisis menunjukkan bahwa indeks keanekaragaman (H') pada tiga sistem tanam padi gogo yang diamati bernilai sedang. Hal ini menunjukkan bahwa pada sistem tanam padi gogo secara monokultur, tumpang sari, dan di sela tanaman jati muda, ekosistemnya cukup seimbang. Selain itu, nilai indeks keanekaragaman tertinggi terlihat pada sistem tanam padi gogo secara tumpang sari (1,93) dan nilai indeks keanekaragaman terendah terlihat pada sistem tanam padi gogo di sela tanaman jati muda (1,38) (Tabel 1). Tinggi rendahnya H' dipengaruhi oleh jumlah famili dan jumlah populasi. Bila jumlah spesies lebih banyak tetapi dalam satu famili maka keanekaragamannya rendah dibanding dengan jumlah spesies lebih sedikit tetapi termasuk dalam beberapa famili (Subagja, 1996).

Semakin tinggi nilai e', maka keanekaragaman jenis dalam komunitas semakin stabil dan semakin rendah nilai e', maka kestabilan keanekaragaman jenis dalam komunitas tersebut semakin rendah (Soerianegara & Indrawan, 1976; Odum, 1994). Kisaran untuk indeks keseragamanperti jeruk dan menurut Odum (1994) adalah: J > 0,6 = keseragaman jenis tinggi, 0.4 < J < 0.6 = keseragaman jenis sedang, dan J < 0.4 = keseragaman jenis rendah. Tidak adanya nilai indeks kemerataan E = 1 atau E > 1 menunjukkan bahwa terdapat satu famili yang mendominasi. Pada ketiga sistem tanam padi gogo menunjukkan nilai indeks kemerataan (e') yang berbeda. Pada sistem tanam padi gogo secara monokultur, nilai indeks kemerataannya sedang (0,40), sedangkan pada sistem tanam padi gogo secara tumpang sari (0,29) dan di sela tanaman jati muda (0,06) nilai indeks kemerataannya rendah (Tabel 1).

Hasil analisis untuk indeks dominansi (D) menunjukkan tingkat dominansi yang rendah pada ketiga sistem tanam padi gogo, dengan nilai indeks dominansi berkisar antara 0,19 – 0,35 (Tabel 1). Menurut Ludwig & Reynolds (1988) kisaran indeks dominansi adalah: 0.0 < D ≤ 0.5= dominansi rendah, 0.5 < D ≤ 0.75 = dominansi sedang, dan 0.75 < D ≤ 1 = dominansi tinggi. Tingginya tingkat dominansi di suatu ekosistem berarti terjadi dominansi yang sangat tinggi oleh spesies tertentu dibandingkan dengan spesies yang lain.

Jumlah ordo yang ada pada tiga sistem tanam padi gogo yang diamati adalah 5 ordo, yaitu Coleoptera, Lepidoptera, Hemiptera, Orthoptera, dan Araneae. Jumlah famili, jumlah spesies, dan jumlah jenis pada masing-masing sistem tanam padi gogo adalah berbeda. Jumlah famili dan spesies tertinggi terlihat pada sistem tanam padi gogo secara tumpang sari (13) dan terendah pada sistem tanam padi gogo secara monokultur (9). Jumlah jenis tertinggi terlihat pada sistem tanam padi gogo secara tumpang sari (986) dan terendah pada sistem tanam padi gogo di sela tanaman jati muda (791) (Tabel 2). Agroekosistem

yang memiliki keanekaragaman biotik dan genetik yang rendah dan cenderung semakin seragam, merupakan ekosistem yang tidak stabil dan rawan terhadap peningkatan populasi spesies hama (Pradhana, *dkk*, 2014).

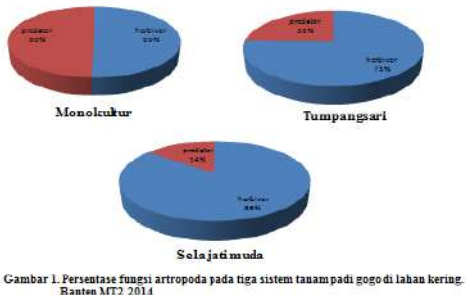
Tabel 1. Nilai keanekaragaman, kemerataan, dan dominansi arthropoda pada beberapa sistem tanam padi gogo di lahan kering. Banten, Oktober 2014–Maret 2015

Sistem tanam padi gogo	Indeks keanekaragaman (H')	Indeks kemerataan (e')	Indeks dominansi (D)
Monokultur	1,81	0,40	0,19
Tumpang sari	1,93	0,29	0,19
Disela tanaman jati muda	1,38	0,06	0,35

Tabel 2. Jumlah ordo, famili, spesies dan jenis pada beberapa sistem tanam padi gogo di lahan kering. Banten, Oktober 2014–Maret 2015

Sistem tanam padi gogo	Jumlah			
	Ordo	Famili	Spesies	Jenis
Monokultur	5	9	9	889
Tumpang sari	5	13	13	986
Disela tanaman jati muda	5	10	10	791

Berdasarkan fungsi arthropoda, pada ketiga sistem tanam padi gogo yang diamati hanya terlihat dua fungsi yaitu herbivora dan predator. Komposisi atau perbandingan herbivora dan predator pada sistem tanam padi gogo secara monokultur terlihat seimbang dengan persentase antara herbivora dan predator adalah 50,38% : 49,62% (50:50). Pada sistem tanam padi gogo secara tumpang sari dan dis ela tanaman jati muda persentase herbivor terlihat lebih tinggi dibanding dengan predator yaitu untuk tumpang sari (herbivora = 75,21% ; predator = 24,79% (75:25)), dan di sela tanaman jati muda (herbivor = 85,53% ; predator = 14,47% (86:14)) (Gambar 1).

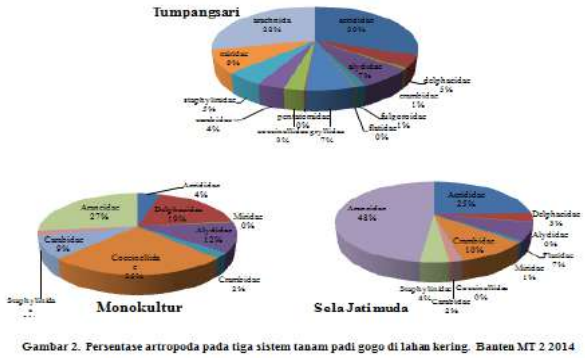


Gambar 1. Persentase fungsi arthropoda pada beberapa sistem tanam padi gogo di lahan kering. Banten, Oktober 2014–Maret 2015

Hasil pengamatan menunjukkan ordo yang berperan sebagai hama (herbivora) adalah ordo Lepidoptera, Hemiptera, dan Orthoptera, sementara ordo yang berperan sebagai predator adalah ordo Coleoptera, Hemiptera, dan Aranea.

Berdasarkan jenis arthropoda, pada sistem tanam padi gogo secara monokultur terdapat 9 famili dengan persentase masing-masing adalah Acrididae (4,50%); Delphacidae (18,56%); Alydidae (11,70%); Crambidae (2,25%); Coccinellidae (24,86%); Carabidae (9%); Staphylinidae (2%); Miridae (0,45%); dan Araneidae (26,55%). Pada sistem tanam padi gogo secara tumpang sari terdapat 5 ordo dengan 13 famili dengan persentase masing-masing adalah Acrididae (30,32%); Delphacidae (4,87%); Crambidae (0,61); Fulgoroidae (7,40%); Flatidae (1,32%); Pentatomidae (0,20%); Coccinellidae (2,64%); Alydidae (0,20%); Gryllidae (6,49%); Carabidae (3,65%); Staphylinidae (5,07%); Miridae (8,82%); Araneidae (28,40%). Pada sistem tanam padi gogo di sela tanaman jati muda, terdapat 10 famili dengan persentase masing-masing adalah Acrididae (26,42%); Delphacidae (3,54%); Crambidae (11,00); Flatidae (7,96%); Coccinellidae (0,25%); Alydidae (0,25%); Carabidae (1,64%); Staphylinidae (4,30%); Miridae (0,76%); Araneidae (51,96%) (Gambar 2).

Famili Acrididae yang dijumpai pada saat penelitian berperan sebagai hama dan persentase tertingginya terdapat pada sistem tanam padi gogo secara tumpang sari. Keberadaannya di lahan karena tersedia tanaman inangnya. Famili lainnya dengan persentase tertinggi adalah laba-laba yang merupakan kelompok Arthropoda yang mampu beradaptasi di berbagai habitat.



Gambar 2. Persentase arthropoda pada beberapa sistem tanam padi gogo di lahan kering. Banten, Oktober 2014–Maret 2015

Kondisi Iklim

Hasil pengamatan terhadap kondisi iklim pada sistem tanam padi gogo secara monokultur menunjukkan bahwa suhu berkisar 29,6 – 33,4°C dan kelembaban berkisar 68 – 79%, kondisinya dari mendung, cerah setelah hujan sampai cerah (Tabel 3). Pada sistem tanam padi gogo secara tumpang sari, suhu berkisar 22,9 – 33,9°C dan kelembaban berkisar 51-82%, sementara kondisinya dari cerah, mendung, hujan kecil sampai hujan deras (Tabel 4). Pada sistem tanam padi gogo di sela tanaman jati muda, suhu berkisar 27,9 – 36,1°C dan kelembaban berkisar 68-77%, sementara kondisinya dari cerah sampai hujan (Tabel 5). Hal ini menunjukkan bahwa kondisi iklim pada tiga sistem tanam tersebut berbeda, namun masih dalam batas normal.

Tabel 3. Kondisi iklim pada sistem tanam padi gogo secara monokultur. Banten, Oktober 2014–Maret 2015

Waktu Pengamatan	Stadia Tanaman (minggu setelah tanam=MST)	Kondisi iklim		
		Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Keterangan
1	2 MST	30,5	78	Mendung
2	4 MST	30,0	70	Cerah setelah hujan
3	6 MST	29,6	79	Cerah setelah hujan
4	8 MST	32,9	68	Cerah
5	10 MST	32,4	78	Cerah
6	12 MST	33,4	76	Cerah setelah gerimis

Tabel 4. Kondisi iklim pada sistem tanam padi gogo secara tumpang sari. Banten, Oktober 2014 – Maret 2015

Waktu Pengamatan	Stadia Tanaman (minggu setelah tanam=MST)	Kondisi iklim		
		Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Keterangan
1	1 HST	33,9	69	Mendung
2	2 MST	32,9	65	Hujan kecil
3	4 MST	27,7	70	Hujan deras
4	6 MST	22,9	51	Cerah
5	8 MST	28,2	68	Hujan deras
6	10 MST	28,2	68	Cerah
7	12 MST	33,6	75	Cerah
8	14 MST	32,6	72	Cerah
9	16 MST	31,6	82	Cerah
10	18 MST	30,2	79	Cerah

Tabel 5. Kondisi iklim pada sistem tanam padi gogo di sela tanaman jati muda. Banten, Oktober 2014–Maret 2015

Waktu Pengamatan	Stadia Tanaman (minggu setelah tanam=MST)	Kondisi iklim		
		Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Keterangan
1	2 MST	32,6	69	Hujan
2	4 MST	27,9	69	Hujan
3	6 MST	27,9	69	Hujan
4	8 MST	28,8	74	Hujan
5	10 MST	28,8	74	Hujan
6	12 MST	31,8	77	Cerah
7	14 MST	32,9	68	Cerah
8	16 MST	35,0	71	Cerah
9	18 MST	36,1	77	Cerah

Keanekaragaman dan kemerataan secara umum akan ditentukan oleh faktor lingkungan. Setiap jenis arthropoda memiliki kesesuaian terhadap faktor lingkungan tertentu. Faktor lingkungan yang berpengaruh antara lain suhu dan kelembaban udara (Artanti, *dkk*., 2020). Menurut Haneda dkk. (2013), kondisi lingkungan yang berbeda menyebabkan kelimpahan arthropoda yang berbeda. Suhu udara berpengaruh terhadap aktivitas arthropoda, penyebaran, dan perkembangannya. Kelembaban udara mempengaruhi penguapan cairan tubuh dan pemilihan habitat yang cocok.

Berdasarkan hasil analisis data secara keseluruhan seperti tersebut diatas menunjukkan bahwa sistem tanam padi gogo secara monokultur, tumpang sari, dan di sela tanaman jati muda, ekosistemnya cukup seimbang dan tidak ada jenis spesies yang mendominasi. Selain itu, pada ketiga sistem tanam padi gogo menunjukkan nilai indeks kemerataan (e') yang berbeda. Pada sistem tanam padi gogo secara monokultur, nilai indeks kemerataannya sedang (0,40), sedang pada sistem tanam padi gogo secara tumpang sari (0,29) dan di sela tanaman jati muda (0,06) nilai indeks kemerataannya rendah.

Namun berdasarkan fungsi arthropoda, pada sistem tanam padi gogo secara tumpang sari dan disela tanaman jati muda terlihat komposisi herbivoranya lebih tinggi dibanding pada sistem tanam padi gogo secara monokultur. Dengan melihat kondisi tersebut maka apabila akan mengembangkan padi gogo secara tumpang sari dan di sela tanaman jati muda perlu pengendalian hama yang lebih intensif dibandingkan pada sistem tanam padi gogo secara monokultur.

SIMPULAN

- Sistem tanam padi gogo secara monokultur, tumpang sari, dan di sela tanaman jati muda memiliki ekosistem cukup seimbang dan tidak ada jenis spesies yang mendominasi.
- Pada sistem tanam padi gogo secara monokultur, nilai indeks kemerataannya sedang (0,40), sedangkan pada sistem tanam padi gogo secara tumpang sari (0,29) dan di sela tanaman jati muda (0,06) nilai indeks kemerataannya rendah.
- Komposisi herbivor pada sistem tanam padi gogo secara tumpang sari dan di sela tanaman jati muda lebih tinggi dibanding pada sistem tanam padi gogo secara monokultur. Dengan demikian apabila akan mengembangkan padi gogo secara tumpang sari dan di sela tanaman jati muda perlu pengendalian hama yang lebih intensif dibanding pada sistem tanam padi gogo secara monokultur.

UCAPAN TERIMA KASIH

Karya tulis "Keanekaragaman Arthropoda Pada Beberapa Sistem Tanam Padi Gogo di Lahan Kering" ini merupakan hasil penelitian dengan sumber dana dari Dipa 2014. Untuk itu kami sampaikan terima kasih kepada Kepala Balai Besar Penelitian Tanaman Padi. Kami juga menyampaikan terima kasih kepada Bapak Oco Rumasa, Bapak Amar Sulaeman, Bapak Tarip, dan Bapak Toha yang membantu pelaksanaan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim. 2013. Penerapan Komponen Teknologi PTT pada Tanaman Padi Gogo. http://sulsel.litbang.deptan.go.id/ind/index.php?option=com_content&view=article&id=743&Itemid=284 [diakses 22 juni 2013].

Artanti, H., Rosmanah, S., Miswarti, dan Rubiana, R. 2020. Keanekaragaman serangga tanaman kedelai pada gawangan karet belum menghasilkan di Bengkulu Utara. Prosiding Seminar Nasional 30 Tahun Pengelolaan Hama Terpadu (PHT) di Indonesia. Yogyakarta, 17–18 Juli 2019. Hal. 109–117.

Baehaki, Toha, H.M., Samaullah, Y., Sudarmaji, Suwarno, dan Wardana, P. 2010. Panduan Umum Sekolah Lapang Pengelolaan Tanaman Terpadu (SL-PTT) Padi Gogo. Sukamandi: Balai Besar Penelitian Tanaman Padi. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 37 hal.

Hairmansis, Yullianida, Supartopo, dan Suwarno. 2016. Pemuliaan padi gogo adaptif pada lahan kering. Iptek Tanaman Pangan 11(2): 95–106.

Haneda, N.F., Kusmana, C., dan Kusuma. 2013. Keanekaragaman serangga di ekosistem mangrove.

Hendrival, Hakim, L., dan Halimuddin. 2017. Komposisi dan keanekaragaman arthropoda predator pada agroekosistem padi. J. Floratek 12 (1): 21–33.

Kementerian Pertanian (Kementan). 2014. Statistik pertanian 2014. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian.Kementerian Pertanian. Jakarta. 348p.

Ludwig, J. A. & Reynolds, J.F. 1988. Statistical Ecology: A primer Methods and Computing. John Wiley & Sons, New York: xviii . 337 p.

Odum, E. P. 1994. *Dasar-Dasar Ekologi.* Edisi ketiga. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta. 697 p.

Pradhana, R., Iman , A., Gatot, M., dan Sri, K. 2014. Keanekaragaman serangga dan laba-laba pada pertanian organik dan konvensional. Jurnal HPT 2(2): 2338 – 4336.

Sasmita, P., Purwoko, B.S., Sujiprihati, S., Hanarida, I., Dewi, I.S., dan Chozin, M.A. 2006. Evaluasi pertumbuhan dan produksi padi gogo haploid ganda toleran naungan dalam sistem tumpang sari. Bul. Agron. 34(2):79–86.

Sopandie, D., Chozin, M.A., Sastrosumarjo, S., Juhaeti, T., dan Sahardi. 2003. Toleransi padi gogo terhadap naungan. Hayati 10(2):71–75.

Subagja, J. 1996. Prinsip keanekaragaman hayati dalam ekosistem. Prosiding Makalah Utama Seminar Nasional Pengendalian Hayati (SNPH), Yogyakarta.

Toha, H.M., Pirngadi, K., dan Fagi, A.M. 2009.Meningkatkan dan memantapkan produktivitas dan produksi padi gogo. Dalam: Daradjat, A.A., Setyono,A., Makarim, A.K., Hasanuddin, A. (Eds.). Padi Inovasi Tenologi Produksi Buku 2. LIPI Press. Jakarta.

.

Dynivitas Kupu-Kupu Bermotif Hahslm 472319 Sebagai Simbol Salat Pada Tuhan Di Era Ekonomi Covid

R Mochamad A[1]*, Sekar Arum Aniswari[2]
[1] UIN Syarif Hidayatullah Jakarta
[2] Institut Teknologi Bandung
*Alamat korespondensi: hs.dynivi@gmail.com

ABSTRAK

Kupu-kupu merupakan bagian dari populasi serangga. Kupu-kupu mampu melakukan metamorphosis dengan perubahan dari telur, ulat, kepompong, dan kupu-kupu. Morofologi kupu-kupu identic dengan motif sayap, juga bentuk sayap atau bentuk tubuh. Tujuan enelitian ini adalah untuk menganalisis motif sayap kupu-kupu sesuai rumus Hahslm 472319 dalam Dynivtas symbol salat pada Tuhan dengan ekonomi Covid-19. Obyek riset ini adalah motif sayap kupu-kupu dengan spesies tertentu yang memunculkan kesamaan pola dengan angka 7 dan huruf Sinlammim. Studi ini dilakukan dengan pendekatan agama untuk merefleksikan makna Islam dalam morfologi kupu-kupu. Metodologi yang digunakan yaitu refleksivitas dan rumus Hahslm 472319. Derivasi QS. Al-Hijr [15]: 87 dengan Konstanta Roikhan berupa digitalisasi 472319 dan nilai salat yaitu Sembilan (9). Hasil yang diperoleh adalah terdapat morofologi natural pada bagian sayap atas kupu-kupu berupa individual garis berjumlah tujuh (7). Dan motif sayap bagian bawah menunjukkan pola tiga (3) bulatan kecil berupa huruf sin, ada juga tonjolan sayap dalam yang memiliki motif panjang berpola angka satu (1) berupa huruf lam, dan pola bulatan paling besar (9) pada bagian dalam berupa huruf mim, sehingga berpenampakan 319 dan sinlammim. Bilangan 19 menunjukkan symbol salat (9) tentang ibadah kepada Tuhan (1). Angka 19 lain juga terdapat pada Covid-19 yang berdampak ekonomi. Simpulan bahwa kupu-kupu membawa pesan rumus penciptaan di sayapnya berupa rumus Hahslm 472319. Rumus ini memberi makna integrasi dalam kupu-kupu dan juga makna dalam kehidupan pandemic berupa kaitan antara keberadaan kupu-kupu untuk mengingatkan perlunya integrasi antar Kesehatan, ekonomi, dan agama. Kebaruan dari riset ini adalah rumus integrasi yang tersimpan pada sayap kupu-kupu bisa dijadikan pembelajaran bagi situasi ekonomi Covid sekarang ini.

Kata kunci: hahslm, 472319, dynivitas, sayap, motif, salat

PENDAHULUAN

Serangga memiliki keunikan dalam rantai ekosistem kehidupan. Kekhasan yang mecolok adalah corak warna yang kontras dengan lingungan daur hidupnya. Kupu-kupu merupakan keluarga serangga yang mempunyai difrerensiasi dengan warna sayap yang sangat kontras dan sangat beragam. Dengan corak warna yang sangat *eye-catching* inilah menjadikan kupu-kupu lebih sering menjadi pusat perhatian dibandingkan dengan serang lainnya. Secara selintas corak warna sayap kupu-kupu merupakan gejala alam biasa seperti fenomena perkembangan kupu-kupu pada umumnya.

Tetapi dengan sejalan ketajaman riset dan perluasan perspektif studi yang tidak dibatasi hanya pada entomologi saja, juga mulai bersinggungan dengan budaya dan agama. Maka, penelitian ini melihat fungsi dan keberadaan kupu-kupu yang memiliki corak warna yang seolah-olah random dan acak itu pada kajian simbol agama. Simbol agama sebenarnya sudah diterapkan dari awal penciptaan, tetapi secara berangsur akan bergabung dengan symbol kehidupan lainnya seperti corak warna sayap kupu-kupu ini.

Studi lintas disiplin seperti ini, dengan menggabungkan disiplin Entomologi dengan ilmu agama sudah mulai terjadi sejak adanya Covid-19. Penyebab awal dari masalah global adalah kesehatan yaitu dengan muncul strain virus baru, kemudian menjadi pandemic di seluruh dunia. Akibat yang terjadi pada lingkungan global, tidak hanya pada kesehatan saja tetapi lebih dari itu yaitu terjadi krisis ekonomi secara meluas di semua negara. Artinya sumber masalah kesehatan, ternyata berdampak pada masalah non kesehatan, yaitu ekonomi.

Pada akhirnya, banyak peneliti yang memasukkan nilai agama dalam penyelesaian masalah ini. Yang berarti, sumber non agama, dampak pada non agama, tapi diselesaikan dengan agama. Atau bias disebutkan bahwa sumber masalah di sains, ternyata berdampak pada empiris kehidupan nyata, dan solusinya ada pada non sains yaitu agama.

Pengembangan keilmuan corak warna kupu-kupu yang dikaitkan dengan agama, menjadi awal dari keilmuan lintas disiplin. Gejala perpaduan warna pada

suatu lingkup kesatuan dapat dilihat di sekitar lingkungan manusia. Seekor kupu-kupu dapat memiliki perpaduan warna dari berbagai pola. Diantaranya adalah dengan terbentuknya perpaduan warna pada sayap kupu-kupu disebabkan oleh interferensi. Sayap kupu-kupu memiliki pigmen yang memunculkan warna berdasarkan ukuran dan struktur dari sayap. Ketika ada cahaya yang mengenainya terjadi pantulan kepada mata manusia yang sudah mengalami interferensi. Ada cahaya putih kena sayap kupu-kupu kemudian memantul ke arah manusia, sebagian cahaya putih tersebut yang di dalamnya terdiri dari warna pelangi ada yang mengalami pantulan warna tersebut (Serway, 2004).

Warna-warni cerah pada sayap kupu-kupu muncul dari pigmen pada sayap, dan juga muncul dari adanya efek multi cahaya yang dipantulkan oleh lapisan tipis lamellae. Lapisan tersebut berbentuk bukit seperti kisi yang terdapat pada sayap kupu-kupu. Lapisan lamellae juga menyebabkan cahaya terdifraksi. Kombinasi dari dua efek tersebut mengakibatkan terciptanya warna-warni yang menarik pada sayap kupu-kupu.

Interferensi terjadi ketika dua gelombang cahaya datang bersama pada suatu tempat. Sedangkan difraksi akan terjadi jika gelombang datang pada suatu celah sempit dan mengalami pelenturan. Gelombang cahaya yang mampu melewati kisi-kisi sayang kupu-kupu mengalami difraksi dan menyebabkan interferensi konstruktif dan destruktif, akibatnya terciptanya panjang gelombang tertentu yang menghasilkan warna warni tertentu. Motif yang terlihat ini merupakan perpaduan warna yang terlihat pada sayap kupu-kupu juga berasal dari pigmen sayap tersebut. Motif dan perpaduan warna tersebut mengalami interferensi dalam system pertumbuhan sayap kupu-kupu itu sendiri (Peggie, 2016).

Kupu-kupu biasa yang sering terlihat merupakan kelompok Superfamilify Papilionoidea Hesperioidea. Jenis ini memiliki variasi sayap berwarna-warni yang dibahas dalam riset ini. Sayap kupu-kupu biasa juga digunakan untuk beristirahat dengan menegakkan sayapnya. Kekhususan kupu-kupu biasa ini antara lain: memiliki diurnal, bermetaforsisi dari pupa menjadi chrysalis, merupakan club antennae atau imago antenna yang diakhir dengan knob.

Sedangkan selain dari kupu-kupu biasa adalah kupu-kupu malam dengan warna kusam, kelabu atau gelap dan tidak berwarna-warni. Sayap ini juga digunakan untuk beristirahat dengan cara dibentangkan. Kelompok ini hanya mememiliki seratus family dan tidak memiliki superfamiliy. Antena yang dimiliki merupakan heterocera dengan varied antennae atau imago memiliki antenna berbulu, menebal dan tidak memiliki knob atau hook (Fitriani, 2016).

Ada kelompok kupu-kupu yang memiliki anggota terbanyak yaitu Papilionoidae Nymphalidae yang memiliki sepasang kaki depan yang tereduksi sehingga sering tampak hanya berkaki 4 (empat). Sepasang kaki yang mereduksi tersebut berbulu halus pada ujungnya sehingga disebut sebagai Brush Footed Butterfly. Ada kelompok kupu-kupu yang memiliki banyak anggotanya yaitu Papilioidae Lycanidae dengan jumlah spesies terbanyak ke-2 setelah Nymphalidae. Ciri khasnya adalah berukuran kecil dengan sayap mengkilat.

Saat hinggap di dahan mayoritas Lyvanidae akan menggerakkan sayapnya ke depan-belakang. Ada kelompok Papolionoidae yaitu Papilionidae yang tidak terlalu banyak anggotanya tetapi secara morfologi paling beragam motif sayapnya. Kelompok ini memiliki ukuran yang besar, lebih atraktif, dan memiliki nilai ekonomi yang tinggi antara lain kupu-kupu jenis Swallowtail dan Birdwings dengan variasi warna yang menarik dan cantik (Anugrah, 2020).

Dengan nilai ekonomi yang tinggi dan juga dengan kondisi morfologi yang diincar oleh pemerhati Kupu-kup, maka elompok jenis ini di Indonesia malah menjadi kelompok yang dilindungi. Kelompok kupu-kupu Papilionoidae Pieridae memiliki ukuran yang kecil hingga sedang. Didominasi oleh kupu-kupu berwarna puith-kunin-oranye cerah dengan sedikit corak hitam pada sayapnya. Kelompok family terbesar ke-3 setelah Numphalidae dan Lycanidae adalah Papilionoidae Riodinidae.

kupu-kupu ini mayoritas memiliki sayap mengkilat cerah. Ada kelompok kupu-kupu yang memiliki daya terbang yang cepat dengan meloncat disebut sebagai Hesperioeidea Herpesriidae. Saat higgap di daun, posisi sayap dengan dan belakang kadang tidak sejajar. Dengan bentuk badan lonjong membulat. Terkadang ukuran sayap tidak proporsional dengan badannya. kupu-kupu ini memiliki antenna yang melengkung ke belakang dengan mayoritas berwarna kusam (Sumah, 2019).

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis motif sayap kupu-kupu sesuai rumus Hahslm 472319 dalam dynivitas symbol salat pada Tuhan dengan ekonomi Covid-19. Rumus Hahslm 472319 merupakan sebuah rumus berupa bilangan 472319 yang berasal dari makna 7 dan Quran pada QS. Al-Hijr [15]: 87. Bilangan 472319 ini dikonversikan menjadi huruf yaitu Hahslm (Aziz, 2016). Arti dari Hahslm adalah petunjuk jalan lurus mahluk kepada Tuhan dengan ibadah.

TEORI

Klasifikasi dan Taksonomi

Kupu-kupu merupakan serangga bersayap (Pterygota) yang menjadi salah satu keanekaragaman hayati di Indonesia. kupu-kupu adalah bagian dari ordo Lepidoptera dan masih berkerabat dengan ngengat (Triplehorn dan Johnson, 2005). Berikut ini merupakan taksonomi dari kupu-kupu yaitu: Kingdom: Animalia, Phylum: Arthropoda, Sub-Phylum: Hexapoda, Class: Insecta, Sub-Kelas: Pterygota, Ordo: Lepidoptera.

Ekologi

Kupu-kupu adalah salah satu kelompok serangga yang paling berkembang dan bersifat diurnal (Kristensen 1999). Beberapa kupu-kupu merupakan spesies yang generalis, yaitu dapat hidup diberbagai tipe habitat. Namun, sebagian besar kupu-kupu termasuk spesies yang terspesialisasi, dimana masing-masing spesies memiliki kebutuhan tipe habitat, temperatur, kelembapan, sumber pakan larva, dan sumber pakan kupu-kupu dewasa (Nepali dkk., 2018). Maka dari itu, kupu-kupu memiliki nilai ekologi yang penting dalam tatanan ekosistem, khususnya ekosistem hutan.

Peran utama kupu-kupu dalam ekosistem adalah sebagai polinator atau penyerbuk bunga tumbuhan. Keberadaan kupu-kupu terhadap bunga tumbuhan tidak hanya sebagai sumber pakan, tetapi juga untuk membantu perkembangbiakan tumbuhan yang dijadikan sumber pakan. Keberadaan kupu-kupu juga dapat memberi informasi tentang gangguan antropogenik yang terjadi di suatu daerah. Adanya keankeragaman spesies kupu-kupu di suatu daerah menandakan bahwa kualitas lingkungan daerah tersebut masih baik ditandai dengan kondisi vegetasi hutan yang rimbun dan terjaga serta minim polusi udara.

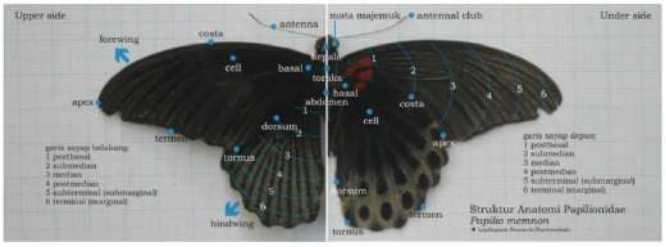
Kupu-kupu termasuk kelompok holometabola, sehingga melalui metamorfosis sempurna (Eswa, 2010). Siklus hidup kupu-kupu melalui fase telur, larva (ulat), pupa (kepompong), dan imago (kupu-kupu dewasa). kupu-kupu akan meletakkan telurnya di tumbuhan inang, seperti di permukaan daun, ranting, cabang, dan lain sebagainya. Telur tersebut akan menetas menjadi ulat atau larva. Larva akan memakan daun hijau sebagai pakan utamanya.

Larva akan berganti kulit secara berkala dan setelah pergantian kulit terakhir akan bersiap untuk fase kepompong atau pupa. Sebelum menjadi pupa, larva akan menyiapkan landasan sutera (kremaster) sebagai penopang badan pupa. Kemudian, pupa akan ditempelkan pada ranting atau daun tumbuhan inang. Perkembangan organ tubuh kupu-kupu terjadi di fase pupa seperti antenna, mata majemuk, sayap, alat kelamin, dan kaki. Selanjutnya, imago atau kupu-kupu dewasa akan keluar setelah beberapa waktu tertentu tergantung dengan spesiesnya. Beberapa menit sampai dengan beberapa jam, sayap kupu-kupu akan terbentuk dan berkembang sempurna. Sumber pakan utama bagi kupu-kupu dewasa tergantung dengan famili kupu-kupu (Triplehorn dan Johnson, 2005).

Morfologi

Identifikasi kupu-kupu umumnya dilakukan dengan acuan utama berupa karakteristik sayap. Selain itu, identifikasi kupu-kupu juga dilakukan dengan karakteristik lainnya, yaitu ukuran, warna, antena, bagian mulut, mata tunggal (ocelli), kaki, alat kelamin, dan bagian tubuh abdomen (Triplehorn dan Johnson, 2005). Maka dari itu, pemahaman tentang morfologi kupu-kupu menjadi penting dalam identifikasi dan determinasi jenis. Pada pembahasan ini akan lebih difokuskan kepada karakteristik sayap.

Kupu-kupu termasuk dalam sub-filum Hexapoda, dimana kupu-kupu termasuk ke dalam kelompok serangga berkaki enam (Beutel dkk., 2017). Kelompok ini memiliki tiga bagian utama tubuh meliputi kepala (caput), toraks (dada), dan abdomen (perut). Ilustrasi morfologi kupu-kupu secara umum dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Morfologi kupu-kupu jenis Papilio memnon
Sumber: Purwowidodo, 2015

Bagian toraks atau dada merupakan penghubung antara kepala dan tubuh dari kupu-kupu. Toraks terdiri dari tiga segmen, yaitu protoraks, mesotoraks, dan metatoraks. Bagian toraks dilengkapi dengan sekumpulan otot yang digunakan untuk bergerak dan terbang (Sterry, 1995). Selain itu, setiap segmen toraks memiliki satu pasang tungkai kaki. Bagian mesotoraks terdapat satu pasang sayap depan dan bagian metatoraks terdapat satu pasang sayap belakang.

Sayap kupu-kupu muncul dari fase kepompong melalui proses eklosi dan kemudian sirkulasi darah dipompa ke dalam pembuluh darah yang menyebabkan membran sayap meregang dan mengeras dengan adanya struktur pembuluh darah tersebut yang memperkuat pelekatan sayap pada toraks (Powell, 2009). Struktur pembuluh darah ini membentuk susunan gurat-gurat atau sistem venasi sayap. Sehingga, sayap kupu-kupu seperti lapisan membran yang dialiri pembuluh darah dari basal ke bagian tepi (termen) (Gupta dan Majumdar, 2012). Sistem venasi sayap

diselimuti oleh kumpulan struktur-struktur kecil dan memberi corak warna pada sayap yang disebut dengan scale atau sisik (Giraldo, 2008). Pigmen warna yang dihasilkan oleh kupu-kupu dan sebagian besar makhluk hidup berasal dari panjang gelombang cahaya tampak yang diserap oleh molekul pigmen (Fox, 1976 dalam Prum dkk., 2005). Sehingga, corak warna kupu-kupu terlihat cerah dan menarik serta menjadi salah satu karakteristik khas dari jenis kupu-kupu tertentu. Namun, corak warna atau motif pada sayap bagian atas dan sayap bagian bawah kupu-kupu berbeda.

Sayap bagian atas umumnya terlihat lebih cerah dan memiliki pola yang indah, sedangkan sayap bagian bawah terlihat warna yang lebih kusam dan memiliki pola yang menjemukan. Sayap bagian atas kupu-kupu digunakan untuk memikat pasangannya, sehingga memiliki warna yang cerah. Sedangkan sayap bagian bawah kupu-kupu digunakan untuk bersembunyi dari predator, sehingga memiliki warna dan pola yang menyerupai batang kayu, serasah, atau pola-pola tertentu (Prakash, 2018).

Motif sayap kupu-kupu dapat berbentuk garis, bulat, cincin, dan lain sebagainya. Bentuk sayap dari kupu-kupu bervariasi tergantung dari keanekaragaman kondisi ekologi (Roy dkk., 2019). Selain itu, terdapat banyak spesies yang menunjukkan dimorfisme seksual dimana ukuran tubuh dan motif sayap kupu-kupu betina dan jantan berbeda (Ruslan, 2015).

Kupu-kupu mampu melakukan metamorphosis dengan perubahan dari telur, ulat, kepompong, kemudian kupu-kupu. Morfologi kupu-kupu identik dengan motif sayap, selain dari bentuk sayap, bentuk tubuh kupu-kupu, dan cara terbang. Obyek riset ini adalah motif sayap kupu-kupu dengan spesies tertentu yang memunculkan kesamaan pola dengan angka 7 dan huruf Sinlammim.

Kupu-kupu ada yang memproduksi satu warna tunggal sebagai Lepidoptera atau sayap bersisik. Warna tunggal ini yang keluar dari sayap serangga sayap besar ini dan menghasilkan satu warna sehingga dianggap seperti unit warna. Dalam sistem biologis dapat dianalogikan dengan tv atau monitor yang menghasilkan pixel tapi berbeda sama ketika diperbesar atau dizoom sehingga terbentuk pola array yang unik. kupu-kupu memiliki panjang 200 mikrometer dan tebal sekitar 50 mikrometer.

Terdapat struktur kecil pada permukaan setiap skala individu kupu-kupu dari berbagai jenis terlihat seperti pelangi. Cahaya akan berinteraksi dengan struktur ini untuk menghasilkan panjang gelombang biru yang disebut sebagai struktur.

Budaya Dan Agama

Kupu-kupu telah umum dijadikan sebagai sebuah simbol dengan berbagai makna. Metamorfosis sempurna menjadi salah satu karakteristik yang identik dengan kupu-kupu. Perubahan dari fase telur, larva, pupa, dan imago merupakan gambaran dari ketahanan sekaligus kerentanan fisik yang beradaptasi dengan kondisi lingkungan yang berubah secara dinamis. Berdasarkan Abubakar (2017), tahapan metamorfosis menggambarkan kehidupan yang memerlukan tahapan-tahapan untuk mencapai tujuan yang diinginkan.

Fase telur menunjukkan bahwa manusia pada awalnya tidak berdaya dan ketergantungan terhadap manusia yang lain. Fase larva menggambarkan perjuangan hidup untuk bertahan hidup. Fase pupa menunjukkan manusia yang senantiasa memperbaiki diri dan berkontemplasi untuk hidup yang lebih baik. Fase imago menggambarkan manusia yang menebar manfaat kepada sekitarnya. Faktor agama menjadi lintas disiplin baru untuk melengkapi aspek yang bisa dipelajari dari perkembangan teori yang ada. Ketajaman teori sampai pada struktur sayap kupu-kupu yang terdiri dari dua dimensi yaitu sayap kanan dan kiri, atau sayap atas dan bawah. Dalam agama dimensi dua ini tersimpan dalam penciptaan alam semesta yang berpasang-pasangan.

Sedangkan untuk bilangan lain, agama juga memiliki symbol tersendiri seperti keistimewaan angka 7. Dalam QS. Al-Hijr [15]:87 tercetus kata tujuh, secara frasa disebutkan sebagai tujuh yang diulang. Makna dari adanya dimensi tujuh dan dimensi dua ini menyatakan bahwa dalam Islam sudah tercetak desain bilangan tersebut. Selain dari bilangan 72, ada juga bilangan 319 yang merupakan rujukan pada kata Islam dalam QS. Ali Imran [3]: 19 yang berbunyi Islam di sisi Allah. Dan juga bentuk huruf 319 ini menyerupai huruf sinlammim dalam bahasa Arab (Mochamad AR, 2020).

BAHAN DAN METODE

Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian ini yaitu menganalisis kesamaan pola yang ada pada corak warna sayap kupu-kupu dengan symbol agama yang ada pada kitab suci dalam teori Hahslm disertai dengan perkembangan ekonomi dan Covid-19. Penelitian ini bersifat kualitatif, epistemology dan komparasi dari data, gambar, jurnal atau buku, dokumentasi berupa foto maupun video, artikel dan juga membaca ulang ilmu pengetahuan Entomologi dengan perspektif agama.

Metode Analisis Epistemology Penelitian

Memahami hingga ilmu pada obyek dengan realitas Entomologi ini dibatasi sendiri oleh obyek riset yaoti kupu-kupu. Pemahaman terhadap Entomologi

adalah satu usaha untuk melaksanakan perintah agama. Dengan studi fenomena alam beruap corak warna sayap kupu-kupu dan Entomologi serta agama menghindarkan generasi umat Islam dari kebiasaan berpedoman dengan kitab suci tanpa empiris. Studi empiris dari symbol agama selain dari ayatt kauliyah (itab suci) dapat diperoleh dari ayat kauniyah (fenimena alam) beruap motif sayap kupu-kupu. Manusia akan menyadari akan kebenaran ajaran-ajarannya, yang telah mereka buktikan sendiri dari pemahaman terhadap alam semesta (Roikhan, 2020).

Metodologi yang digunakan yaitu refleksivitas dari rumus Hahslm 472319. Derivasi QS. Al-Hijr [15]: 87 dengan Konstanta Roikhan berupa digitalisasi 472319 dan nilai salat yaitu Sembilan (9). Metode refleksivitas berupa kesamaan pola dari corak warna sayap kupu-kupu dengan symbol agama yang ada seperti hahslm 472319. Rumus penciptaan mahluk oleh Tuhan dibuat dalam persamaan sederhana. Rumus ini berlaku untuk semua ragama spesies hewan termasuk kupu-kupu. Tuhan memiliki 1 buah rumus tetap untuk semua system, sub system, mahluk, tumbuhan, hewan, manusia termasuk kupu-kupu. Rumus Hahslm 472319 ini dapat bertransformasi ke dalam berbagai bentuk yang menyerupai pola bilangan 472319 beserta derivasinya dan juga menyerupai pola huruf hijaiyah Hahslm.

Selain itu juga digunakan pendekatan dynivitas yaitu pendekatan dalam sebuah system yang terdiri dari tiga bagian utama dengan dua tambahan pendukung. Kegunaan Hahslm 472319 terkait erat dengan situasi pandemic. Di dalam rumus tersebut terdapat makna integrasi antara biologi dan agama. Hal ini sangat sesuai dengan integrasi pandemic yang berakibat krisis ekoknomi dengan panduan agama. Kondisi Covid ini membuat makna integratif atau lintas disiplin menjadi jalan keluar bagi permasalahan multi dimensi seperti sekarang ini. Rumus multi dimensi ternyata tersimpan pada rumus Hahslm, sehingga dengan rumus ini bahwa bukti keberadaan kupu-kupu juga terkait dengan situasi ekonomi Covdi dengan solusi agama. Dengan merawat fungsi dan keberadaan kupu-kupu supaya lestari maka secara langsung manusia juga menjaga keberlangsungan ekonomi dalam skala mikro.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sayap kupu-kupu memiliki motif yang beraneka ragam. Dalam riset ditemukan adanya pemisahan sayap bagian atas dengan sayap bagian bawah secara dimensional. Pemisahan sayap atas dan sayap bawah ini disebut sebagai sayap dengan 2 dimensi atas dan bawah. Dan di dalam masing-masing sayap tersebut, sayap bagian atas dan sayap bagian bawah terdapat pola interferensi warna. Pada sayap bagian atas terjadi interferensi warna yang memunculkan motif interferensi lingkaran 7. Interferensi tujuh lingkaran ini, merupakan kuantum fisika yang terjadi pada sebuah materi. Bahwa materi yang memiliki massa, akan menghasilkan gelombang ketika terjadi pemisahan 2 dimensi atau ada celah ganda. Interferensi tujuh lingkaran ini merupakan pola kesatuan dengan dua dimensi pemisahan. Interferensi 7 dan 2 ini dapat ditemukan pada eksperimen gelombang, air, suara, dan cahaya.

Sesuai refleksivitas Hahslm, symbol agama yang muncul pertama adalah konstanta 7 yang dikutip dari bilangan 472319, sedangkan konstanta 2 muncul dari dimensi dua berupa pemosahan dimensional atau celah ganda. Sampai di sini, sudah diperoleh konstanta 7 dan 2 dalam agama yang bermakna jalan lurus. Atau dalam Entomologi disebut sebagai motif sayap atas dan dimensi dua sayap atas-bawah. Sedangkan dalam interferensi bilangan ini diperoleh dari gelombang melalui 2 celah dengan superposisi yang membentuk lingkaran 7 atau heksagonal.

Gambar 2. Interferensi Warna Simbol Kupu
Sumber: Analisis, 2021

Untuk sayap bawah, interferensi yang terjadi merupakan polarisasi dari motif yang muncul berupa huruf sin atau serupa angka 3 sebagai string dimensi pertama, kemudian motif yang bersifat up berupa huruf lam atau serupa angka 1 dan motif yang bersifat down berupa huruf mim atau serupa angka 9. Makna yang terkandung dalam motif hurus sinlammim merupakan kata dasar dari Islam. Masing-masing huruf memiliki singkatan yang bermakna alam semesta (sin), Tuhan (lam), dan ibadah (mim) bahwa alam semesta diciptakan Tuhan untuk ibadah.

Terjadi refleksivitas Hahslm berupa konstanta 72 dalam bentuk interferensi sayap atas dan motif sinlammim atau 319 dalam bentuk polarisasi motif sayap bawah. Kesamaan motif ini menunjukkan bahwa pola dasar desain penciptaan alam semesta termasuk sayap kupu-kupu sudah ditentukan oleh Tuhan. Atau bahasa agama, motif kupu-kupu menyimpan makna agama, karena desain penciptaan alam semesta sudah ada dalam agama.

SIMPULAN

Morfologi natural pada bagian sayap atas kupu-kupu memiliki konstanta 72 berupa individual garis berjumlah sekitar enam dengan satu sumber di basal dari interferensi 2 dimensi pada sayap atas dan sayap bawah. Dan motif sayap bagian bawah menunjukkan pola tiga (3) bulatan kecil berupa huruf sin, ada juga tonjolan sayap dalam yang memiliki motif panjang berpola angka satu (1) berupa huruf lam, dan pola bulatan paling besar (9) pada bagian dalam berupa huruf mim, sehingga berpenampakan 319 dan sinlammim. Bilangan 19 menunjukkan symbol salat (9) tentang ibadah kepada Tuhan (1). Makna dari Covid-19 secara langsung muncul pada rumus Hahslm 472319 pada 2 angka terakhir. Kupu-kupu dan kondisi ekonomi Covid terkait erat berdasarkan motif pada sayap kupu-kupu yang memancarkan makna integrasi. Solusi dari situasi pandemi Covid dan krisis ekonomi adalah kembali pada agama. Sayap kupu-kupu dengan simbol Hahslm 472319 mengingatkan manusia untuk kembali pada agama karena maknda dari Hahslm tersebut adalah bahwa manusia diciptakan Tuhan untuk ibadah.

DAFTAR PUSTAKA

Anugrah, A. 2020. Keanekaragaman Jenis Kupu-Kupu (Rhopalocera) Di Resort Talang Lakat, Taman Nasional Bukit Tigapuluh. Jurnal Ilmu-Ilmu Kehutanan, 4(1), 28-31.

A, R Mochamad. 2020. Science Of Salat Movement In Covid-19 Era And Turbulence Economic. Jurnal As-Salam, Vol. 4 No. 1.

Abubakar, I. 2017. "Metamorfosis Institusi Pendidikan Islam di Indonesia". Jurnal Pendidikan Agama Islam 4(1): 37-55.

Aziz, R. M. 2020, February. Universe Created by Allah Equation of Hahslm 472319 as Big Bang Concept and Eid Pray Symbols. In 2nd International Conference on Islam, Science and Technology (ICONIST 2019) (pp. 1-4). Atlantis Press.

Beutel, R. G., dkk. 2017. "The Phylogeny of Hexapoda (Arthropoda) and the Evolution of Megadiversity". Proceeding of the Arthropodan Embryological Society of Japan 51: 1-15.

Fitriani, N., & Primadiani, D. 2016. Karakteristik Sayap Graphium agamemnon Linnaeus. BIOTIKA Jurnal Ilmiah Biologi, 14(1), 23-27.

Giraldo, M. 2008. "Butterfly wing scales: Pigmentation and structural properties". Advance in Insect Physiology 38.

Gupta, I. J., dan Majumdar, M. 2012. Handbook on Diversity in some of the Indian Butterflies (INSECTA: LEPIDOPTERA): 1-310. India: Zoological Survey of India.

Fox, D. L. Animal Biochromes and Structural Colours. Berkeley: University of California Press.

Prakash, A. 2018. "Two Sides to a Wing: a Gene That Makes Butterfly Upper and Bottom Wing Patterns Different". Biodiversity 6(68).

Powell, J. A. 2009. Encyclopaedia of Insects (Second Edition): Chapter 151 – Lepidoptera: Moths, Butterflies. USA: Academic Press.

Roy, C. L., dkk. 2019. "Adaptive evolution of butterfly wing shape: from morphology to behaviour". Biological Reviews 94(4).

Nepali, K. B., dkk. 2018. "Diversity of Butterfly and its Relationship with Plants in National Botanical Garden, Godawari, Lalitpur, Nepal". Journal of Plant Resources 16(1): 124-129.

Kristensen, N. P. 1999. Handbook of Zoology: Lepidoptera, Moths, and Butterflies. USA: Walter de Gruyter.

Otaki JM, Kimura Y, Yamamoto H (2010) Phenotypic plasticity in the range-margin population of the lycaenid butterfly Zizeeria maha. BMC Evol Biol 10:252.

Prum, R. O., dkk. 2005. "Anatomically diverse butterfly scales all produce structural colours by coherent scattering". The Journal of Experimental Biology 209: 748-765.

Ruslan, H. 2015. Keanekaragaman Kupu-Kupu. Jakarta: LPU – UNAS.

Sterry, P. 1995. Butterflies and Moths: A Portrait of the Animals World. England: Magna Books.

Serway, R. A., & Jewett, J. W. 2018. Physics for scientists and engineers. Cengage learning.

Peggie, D., Amir, M., & Astuti, D. (2016). Pertumbuhan Dan Konsumsi Pakan Larva Kupu Graphium. Zoo Indonesia, (11).

Sumah, A. S. W. 2019. Struktur Sisik Sayap Kupu-Kupu Superfamili Papilionoidea (Lepidoptera). Jurnal Ilmu Alam dan Lingkungan, 10(1).

Triplehorn, C. A., dan Johnson, N. F. 2005. Borror and DeLong's Introduction to the Study of Insects. Peter Marshall: USA.

Purwowidodo. 2015. "Studi Keanekaragaman Hayati Kupu-Kupu (Sub Ordo Rhopalocera) dan Peranan Ekologisnya di Area Hutan Lindung Kaki Gunung Prau Kabupaten Kendal Jawa Tengah". Skripsi. Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan, Universitas Islam Negeri Walisongo, Semarang.

Rayap Tanah *Macrotermes gilvus* Hagen (Blattodea: Termitidae: Macrotermitinae) asal Bogor, Indonesia

Nadzirum Mubin* dan **Idham Sakti Harahap**
Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, IPB University
Alamat korespondensi: mubin.nadzirum@apps.ipb.ac.id

ABSTRAK

Rayap termasuk serangga sosial yang mempunyai peran ganda. Di alam, rayap berperan penting dalam dekomposisi bahan organik, sedangkan di perkebunan dan permukiman perananannya menjadi hama pemakan kayu. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jenis rayap tanah *Macrotermes gilvus* yang berasal dari dua lokasi yang berbeda yaitu di Cagar Alam Yanlappa-Jasinga dan Kampus IPB University-Dramaga. Metode yang digunakan yaitu survei strip sensus, dilanjutkan dengan pengukuran morfometri dan identifikasi. Hasil pengukuran morfometri pada kasta prajurit mayor dan minor dari ukuran kepala hingga mandibel (mayor: 5.18-5.20 mm; minor: 3.16-3.18 mm), jumlah ruas antena (mayor dan minor: 17 ruas), keberadaan hyaline tip dan fontanel (mayor dan minor: berada di pangkal dekat mandibel dan lubang kecil yang nampak dari dorsal), ukuran mesonotum (mayor: 2.21-2.24 mm; minor: 1.10-1.12 mm) dan metanotum (mayor: 2.21-2.24 mm; minor: 1.23 mm). Perbedaan lokasi alami (Cagar Alam Yanlappa) dan permukiman (Kampus IPB University) tidak terlalu signifikan, hal ini diduga karena jarak kedua lokasi belum menjadi pembatas dari spesies tersebut.

Kata kunci: Blattodea, Cagar Alam Yanlappa, Kampus IPB University, Rayap

ABSTRACT

Termites are social insects that have multiple roles. In nature, termites play an important role in the decomposition of organic matter, while in plantations and settlements their act as eating-wood pest. This study aims to determine the types of subterranean termites originating from two different locations, namely in the Yanlappa Sanctuary-Jasinga and IPB University Campus-Dramaga. The method used was a census strip survey, followed by morphometric measurements and identification. The results of morphometric measurements for major and minor warrior caste from head size to mandible (major: 5.18-5.20 mm; minor: 3.16-3.18 mm), number of antenna segments (major and minor: 17 segments), presence of hyaline tips and fontanels (major and minor: located at the base near the mandible and a small hole visible from the dorsal), mesonotum size (major: 2.21-2.24 mm; minor: 1.10-1.12 mm) and metanotum (major: 2.21-2.24 mm; minor: 1.23 mm). The difference in natural location (Yanlappa Sanctuary) and settlement (IPB University Campus) is not too significant, this is presumably because the distance between the two locations has not become a barrier for these species.

Keywords: Blattodea, Yanlappa Sanctuary, IPB University Campus, Termites

PENDAHULUAN

Rayap merupakan kelompok serangga eusosial yang dapat ditemukan melimpah di Indonesia (Nandika *et al.* 2015, Mubin *et al.* 2019). Rayap berperan sebagai dekomposer, sehingga seringkali ditemukan di hutan, permukiman, pertanian, dan perkebunan. Di Indonesia, dilaporkan ada 3 famili rayap yang diketahui menyebabkan kerusakan yaitu Termitidae, Rhinotermitidae, dan Kalotermitdae (Nandika *et al.* 2015). Ketiga famili rayap tersebut memakan semua bahan yang mengandung selulosa mulai dari pohon di hutan hingga kursi, meja dan furniture lainnya di permukiman.

Macrotermes gilvus termasuk rayap dari famili Termitidae yang kelimpahan sangat tinggi. Rayap tanah ini membentuk gundukan-gundukan (*mounds*) sebagai sarangnya. Di hutan yang masih alami, rayap ini diketahui dapat ditemukan membentuk gundukan setinggi 2-3 meter, di perkebunan dapat membentukan gundukan setinggi 1-1.5 meter, sedangkan di permukiman rayap *M. gilvus* jarang ditemukan

membentuk gundukan akan tetapi keberadaannya sering ditemukan.

Rayap mempunyai perilaku grooming atau berkumpul, saling memberi makan (trofalaksis), serta menghindari cahaya (kriptobiotik). Perilaku-perilaku tersebut dapat berubah disebabkan karena adanya perubahan lingkungan. Lingkungan alami seperti hutan merupakan lingkungan yang tidak terganggu sehingga perilaku rayap akan lebih stabil, sedangkan lingkungan seperti permukiman merupakan lingkungan terganggu sehingga rayap membutuhkan usaha yang lebih untuk bertahan hidup.

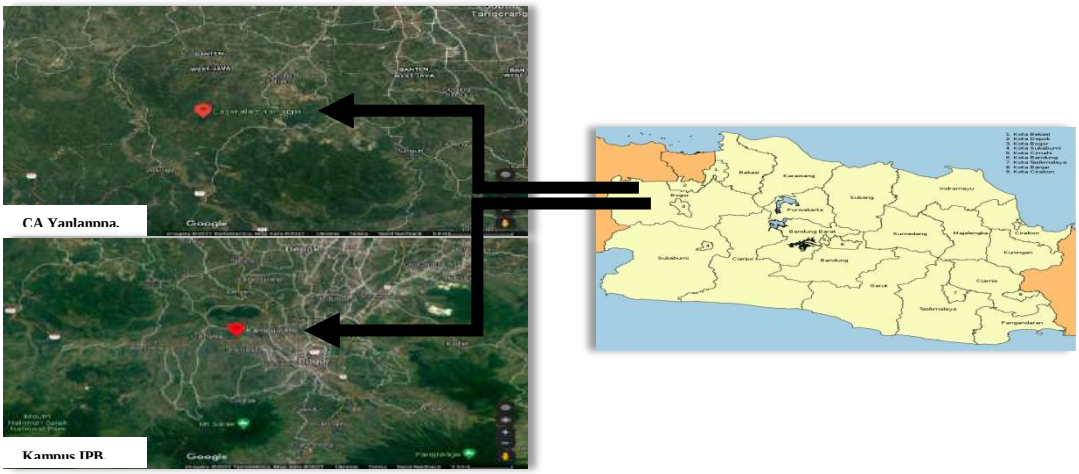
Cagar Alam Yanlappa yang terletak di Jasinga, Bogor merupakan hutan percobaan yang tergolong ke dalam lingkungan alami dan tidak terganggu dengan pohon-pohon yang menjulang tinggi. Sedangkan Kampus IPB University yang terletak di Dramaga, Bogor merupakan salah satu kawasan permukiman yang dapat dikategorikan sebagai lingkungan terganggu karena banyaknya aktifitas manusia di dalamnya. Kajian yang sudah banyak dilakukan terkait rayap tanah *M. gilvus* adalah tentang keanekaragaman (Pribadi *et al.* 2011, Mubin *at al.* 2019), perilaku (Neoh *et al.* 2010), struktur sarang (Subekti 2010), serta musuh alaminya (Noknoy *et al.* 2020). Akan tetapi kajian perbedaan morfometri rayap *M. gilvus* dari lokasi yang berbeda belum dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui morfometri dari rayap *M. gilvus* dari lokasi Cagar Alam Yanlappa-Jasinga dan Kampus IPB University-Dramaga.

BAHAN DAN METODE

Pengambilan Sampel Rayap

Sampel rayap diambil pada bulan April – September 2017 yang berlokasi di Cagar Alam Yanlappa-Jasinga dan Kampus IPB University-Dramaga (Gambar 1). Sampel rayap diambil dengan menggunakan metode transek strip sensus dengan ukuran 10 x 10 meter. Teknik ini dilakukan dengan cara berjalan sepanjang garis transek dan pengamatan dilakukan pada kedua sisi transek. Bila ditemukan sarang rayap peneliti berhenti di suatu titik (di sarang rayap) dan mencatat secara langsung posisi sampel dengan menggunakan GPS (*Global Positioning System*).

Habitat pada lokasi pengambilan rayap perlu diamati persentase naungan dan jenis pohon tegakan yang menjadi peneduh di atasnya (Mubin *et al.* 2019). Pohon peneduh memberikan perlindungan dan membuat iklim mikro yang cocok oleh rayap dalam aktivitas mencari makan maupun memberikan kondisi yang cocok dalam membangun sarang.



Gambar 1 Lokasi pengambilan sampel rayap di CA Yanlappa-Jasinga dan Kampus IPB University-Dramaga

Identifikasi Rayap Tanah

Rayap yang telah dikoleksi dari kedua lokasi dipisahkan antara kasta pekerja dan prajurit. Kasta prajurit dimasukkan ke dalam botol kaca yang berisi alkohol 70% untuk menjaga agar cairan dari tubuh rayap tidak hilang dan mengering. Rayap kasta prajurit yang diperoleh dari lapangan diidentifikasi di Laboratorium Taksonomi Serangga, Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, IPB University menggunakan buku identifikasi rayap Ahmad (1958) dan Tho (1991). Kasta prajurit digunakan untuk identifikasi karena mempunyai karakter yang mudah dibedakan dibandingkan kasta pekerja yang karakter pencirinya terlalu rumit untuk dibedakan antar spesiesnya.

Morfometrik Kasta Prajurit

Pengukuran morfometrik rayap dilakukan pada kasta prajurit rayap meliputi beberapa karakter. Karakter yang diukur yaitu panjang kepala + mandibel, lebar kepala, jumlah ruas antena, lebar meso- dan metanotum. Selain itu juga dilihat warna kepala, keberadaan *hyaline tip* dan *fontanel* pada kepada rayap kasta prajurit.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Habitat Koloni Rayap

Rayap yang dikoleksi dari lapangan ditemukan pada lokasi dengan ketinggian yang berbeda. Lokasi CA Yanlappa-Jasinga berada pada ketinggian 106 m dpl, sedangkan rayap yang berlokasi di Kampus IPB University-Dramaga berada pada ketinggian 205-213 m dpl (Tabel 1).

Koloni rayap yang ditemukan di lapangan sebanyak 3 koloni pada setiap lokasi yaitu 3 koloni dari CA Yanlappa-Jasinga dengan kode koloni Mg 3 JSG, Mg 4 JSG, dan Mg 5 JSG, sedangkan koloni rayap dari Kampus IPB University yaitu Mg 2 DMG, Mg 4 DMG, dan Mg 6 DMG (Tabel 1). Pohon tegakan yang menjadi naungan pada lokasi pengambilan sampel di CA Yanlappa-Jasinga pada petak 46, 29, dan 28 secara berurutan yaitu *Hymaneae caubaril*, *Schima walichi*, dan *Artocarpus altisima*, sedangkan pohon yang menjadi naungan pada lokasi pengambilan sampel di Kampus IPB University yaitu *Cyrtostachys* sp., *Ficus* sp., *Elaeis guineensis*, dan *Hevea brasiliensis* (Tabel 3). Lokasi CA Yanlappa-Jasinga mempunyai naungan pohon-pohon yang besar, sehingga tingkat persentase naungannya lebih dari 90% dan sinar matahari yang masuk sangat sedikit ke dalam tanaman di bawahnya. Lokasi Kampus IPB Dramaga mempunyai naungan dengan tingkat persentase yang cukup tinggi juga yaitu sekitar 80% (Mubin *et al.* 2019), sehingga sinar matahari yang masuk juga tidak terlalu banyak. Kanopi dengan jumlah yang semakin banyak akan menutupi permukaan tanah maka akan berpengaruh dengan kelimpahan dan keanekaragaman jenis rayap (Dibog *et al.* 1999).

Tabel 1 Lokasi pengambilan sampel rayap di lapangan

Plot	Lokasi petak (tanaman pelindung)	Kode koloni	Koordinat	Elevasi (mdpl)
CA Yanlappa-Jasinga				
1	Petak 46 (*Hymaneae caubaril*)	Mg 3 JSG	S: 06^0 24.951’ E: 106^0 29.972’	106
2	Petak 29 (*Schima walichi*)	Mg 4 JSG	S: 06^0 25.080’ E: 106^0 30.013’	106
3	Petak 28 (*Artocarpus altisima*)	Mg 5 JSG	S: 06^0 25.080’ E: 106^0 30.013’	106
Kampus IPB University-Dramaga				
1	Perumahan Dosen IPB (*Cyrtostachys* sp., *Ficus* sp.)	Mg 2 DMG	S: $06^0$33.229’ E: $106^0$43.428’	209
2	Kebun Percobaan Kelapa Sawit Cikabayan (*Elaeis guineensis*)	Mg 4 DMG	S: $06^0$33.119’ E: $106^0$43.997’	213
3	Kebun Percobaan Karet Rektorat (*Hevea brasiliensis*)	Mg 6 DMG	S: $06^0$33.640’ E: $106^0$43.476’	205

Keterangan: CA: Cagar Alam Yanlappa, Mg: *Macrotermes gilvus*, JSG: Jasinga, DMG: Dramaga, S: *South* (Lintang Selatan), E: *East* (Lintang Timur), m dpl: meter di atas permukaan laut.

Lokasi penemuan koloni rayap di CA Yanlappa-Jasinga mempunyai jarak yang berdekatan, begitu pula dengan koloni rayap yang ditemukan di Kampus IPB Dramaga. Koordinat pada lokasi pengambilan sampel di CA Yanlappa-Jasinga dan Kampus IPB University-Dramaga mempunyai perbedaan yaitu lokasi pengambilan sampel di CA Yanlappa-Jasinga hanya berbeda di bagian koordinat menit, sedangkan lokasi pengambilan sampel di Kampus IPB University hanya berbeda di bagian koordinat detik. Akan tetapi, lokasi yang dijadikan pengambilan sampel di CA Yanlappa-Jasinga mempunyai elevasi yang sama (106 mdpl), sedangkan di Kampus IPB mempunyai elevasi yang berbeda (205, 209, dan 213 mdpl) (Tabel 1).

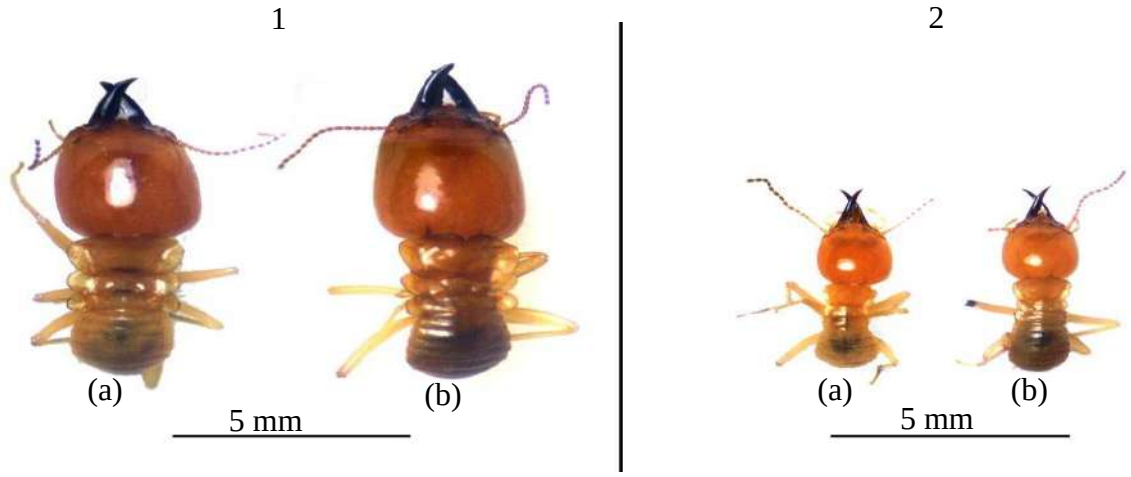
Berdasarkan koordinat dan elevasi, sampel koloni rayap rayap yang diambil dari CA Yanlappa-Jasinga maupun dari Kampus IPB University-Dramaga merupakan koloni rayap yang berasal dari koloni yang berbeda. Koordinat yang telah tercatat hanya menunjukkan bahwa koloni rayap mempunyai perbedaan lokasi berdasarkan nilai koordinat menit dan detik, sehingga sampel rayap yang ditemukan pada lokasi pengambilan sampel tidak jauh dengan koloni yang lain.

Rayap Tanah *Macrotermes gilvus* Hagen

Kasta prajurit pada rayap tanah *M. gilvus* mempunyai polimorfisme yaitu prajurit mayor dan minor (Gambar 2). Ciri-ciri dari kasta prajurit adalah mandibel yang berkembang dengan baik, simetris, dan tanpa gigi yang berfungsi untuk memotong atau mencabik, kepala berwarna coklat kemerahan, labrum dengan ujung hialin, meso - dan metanotum melebar, dan antena terdiri atas 17 ruas (Ahmad 1959, Nandika *et al.* 2015). Kasta prajurit mayor berukuran lebih besar dibandingkan dengan prajurit minor. Identifikasi morfologi pada koloni rayap dari CA Yanlappa-Jasinga dan Kampus IPB University-Dramaga pada keenam koloni menggunakan beberapa karakter morfologi. Karakter morfologi yang diamati yaitu bentuk dan warna kepala, jumlah ruas antena, keberadaan *hyaline tip* dan fontanel, serta ukuran meso- dan metanotum pada kasta prajurit. Berdasarkan karakter tersebut menunjukkan bahwa koloni rayap dari kedua lokasi merujuk pada spesies rayap *Macrotermes gilvus* Hagen (Blattodea: Termitidae).

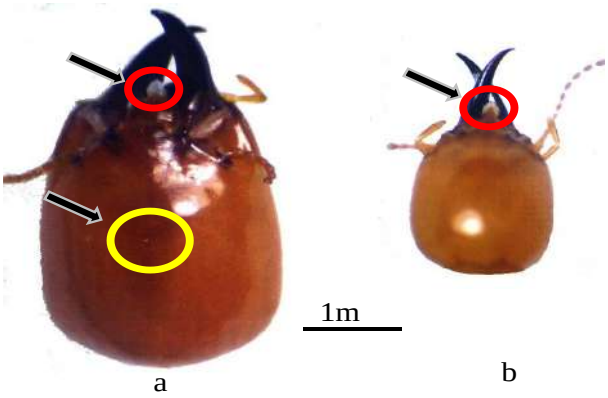
Filum	: Arthropoda
Kelas	: Insekta
Ordo	: Blattodea (Lo *et al.* 2000)
Famili	:Termitidae
Subfamili	: Macrotermitinae
Genus	: *Macrotermes*
Spesies	: *M. gilvus* Hagen

Kasta Prajurit Mayor. Karakter morfologi pada kepala kasta prajurit mayor yaitu kepala berwarna coklat kemerahan, berambut jarang, mempunyai panjang (kepala+mandibel) 5.18-5.20 mm, dan lebar kepala 2.90-2.93 mm. Bagian tengah kepala (nampak dorsal) akan terlihat adanya *fontanel* dan *hyaline tip* yang berada di ujung kepala (dekat mandibel) (Gambar 3a). Mandibel pada rayap prajurit mayor terlihat kuat (*robust*) dengan warna hitam yang berfungsi untuk mencabik musuhnya. Ruas antena berjumlah 17 ruas (Gambar 4). Ukuran meso- dan metanotum hampir sama yaitu 2.21-2.24 mm (Tabel 2 dan Gambar 5a).

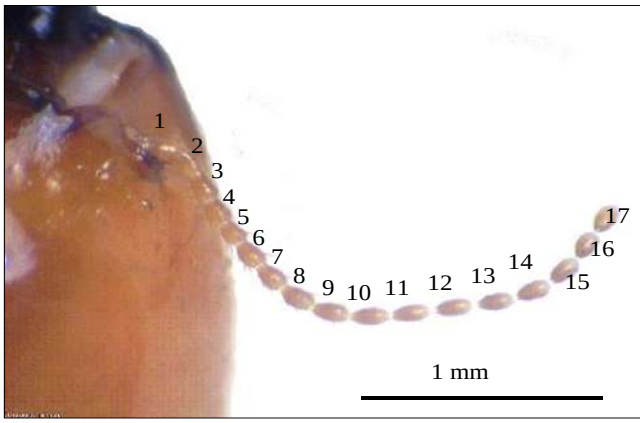


Gambar 2 Rayap *M. gilvus* kasta prajurit mayor dan minor Keterangan: 1) prajurit mayor, 2) prajurit minor, a) CA Yanlappa-Jasinga, b) Kampus IPB University-Dramaga.

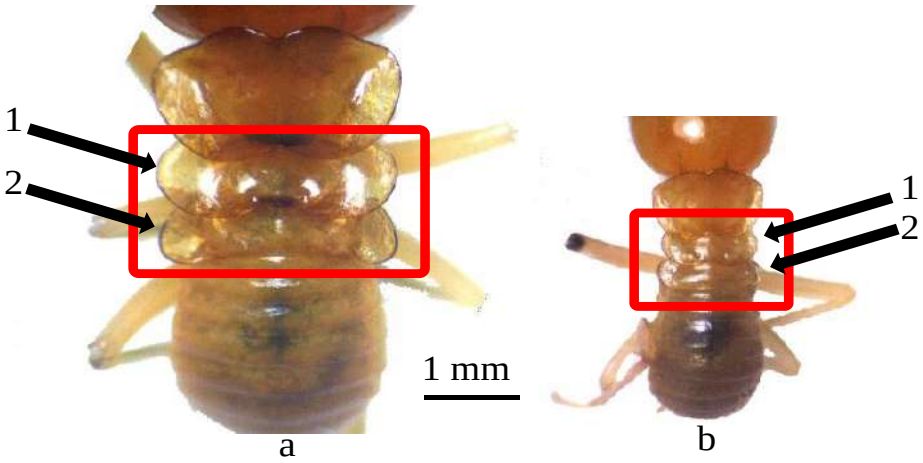
Kasta Prajurit Minor. Karakter kepala pada kasta prajurit minor yaitu kepala berwarna coklat terang, mempunyai panjang (kepala+mandibel) 3.16-3.18 mm, dan lebar kepala 1.11 mm. Bagian tengah kepala (nampak dorsal) akan terlihat adanya *hyaline tip* yang berada di dekat mandibel (Gambar 3b). Mandibel pada rayap prajurit minor tidak sekuat prajurit mayor tetapi mempunyai fungsi yang sama yaitu mencabik musuhnya. Ruas antena berjumlah 17 ruas. Ukuran meso- dan metanotum tidak sama, ukuran mesonotum lebih kecil (1.10-1.12 mm) sedangkan ukuran metanotum lebih lebar (1.23 mm) (Tabel 2 dan Gambar 5b.



Gambar 3 Karakter *hyaline tip* dan fontanel pada kasta prajurit rayap *M. gilvus* Keterangan: a) Prajurit mayor, b) Prajurit minor, lingkaran merah: *hyaline tip*, lingkaran kuning: fontanel



Gambar 4 Ruas antena rayap *M. gilvus*



Gambar 5 Karakter mesonotum dan metanotum kasta prajurit rayap *M. Gilvus* Keterangan: 1: mesonotum, 2: metanotum. a) prajurit mayor, dan b) prajurit minor

Tabel 2 Ukuran tubuh rayap kasta prajurit *M. gilvus* dari CA Yanlappa-Jasinga dan Kampus IPB University-Dramaga

Karakter	Ukuran morfometrik (mm)		
	JSG	DMG	Ahmad[1]
Panjang kepala + mandibel	PM : 5.20 Pm : 3.18	PM : 5.18 Pm : 3.16	PM : 4.80-5.48 Pm : 3.07-3.43
Lebar kepala	PM : 2.93 Pm : 1.11	PM : 2.90 Pm : 1.11	PM : 2.88-3.17 Pm : 1.14-1.35
Mesonotum	PM : 2.23 Pm : 1.10	PM : 2.21 Pm : 1.12	PM : 2.10-2.30 Pm : 1.09-1.14
Metanotum	PM : 2.24 Pm : 1.23	PM : 2.21 Pm : 1.23	PM : 2.20-2.40 Pm : 1.19-1.25

Keterangan: JSG: CA Alam Yanlappa-Jasinga, DMG: Kampus IPB University-Dramaga, PM: Prajurit mayor, Pm: Prajurit minor, [1]Ahmad (1958).

Rayap *M. gilvus* diidentifikasi berdasarkan kasta prajurit yang mempunyai karakter morfologi yang lebih mudah dibedakan dibandingkan kasta pekerja. Kasta prajurit mempunyai ukuran dan bentuk dari kepala dan mandibel yang mudah diamati, dibandingkan dengan kasta pekerja yang mempunyai struktur mandibel yang cukup rumit sehingga jarang dilakukan identifikasi. Ukuran kepala dan mandibel pada kasta prajurit

digunakan sebagai karakter khusus dalam identifikasi. Kasta prajurit mayor dan minor yang ditemukan di CA Yanlappa-Jasinga dan Kampus IPB University mempunyai ukuran kepala dan mandibel yang relatif sama pada kedua lokasi, sehingga identifikasi berdasarkan Ahmad (1958) dan Tho (1992) sudah tepat.

Spesies ini melimpah di Cagar Alam Yanlappa-Jasinga (Subekti 2010) dan di Kampus IPB University-Dramaga (Mubin *et al.* 2019). Hal ini menunjukkan bahwa rayap spesies *M. gilvus* dapat ditemukan pada lokasi dengan tingkat gangguan yang tinggi hingga rendah serta pada ketinggian yang berbeda yang ternyata tidak menyebabkan perubahan pada bentuk morfologinya.

Rayap *M. gilvus* mempunyai perilaku umum yaitu tidak menyukai cahaya (kriptibiotik) sehingga membutuhkan bahan yang dapat melindungi tubuhnya dari dehidrasi akibat paparan sinar matahari langsung dan serangan predator. Liang kembara atau *tunnel* yang terbuat dari tanah atau lumpur sering digunakan sebagai material untuk melindungi diri serta dapat digunakan juga sebagai tanda kehadiran dari rayap tanah.

Rayap *M. gilvus* yang ditemukan di CA Yanlappa-Jasinga maupun di Kampus IPB University-Dramaga, keduanya tidak ditemukan liang kembara di atas permukaan tanah. Umumnya liang kembara ditemukan sebagai upaya dari rayap dalam memperluas jangkauan mencari sumber pakan, sedangkan koloni rayap yang ditemukan yaitu berada pada sarangnya langsung serta sumber pakan yang ada di sekitarnya sangat melimpah sehingga upaya untuk memperluas pencarian pakan belum dibutuhkan. Selain itu, rayap *M. gilvus* juga dikenal sebagai rayap penumbuh jamur (*fungus-growing termite*) yang berarti sumber pakan sudah tersedia di dalam sarangnya. Sehingga upaya pencarian sumber pakan di luar sarang tidak terlalu dibutuhkan.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil identifikasi dan morfometri karakter morfologi bentuk dan warna kepala, mandibel, ruas antena, keberadaan *hyaline tip* dan fontanel, ukuran meso- dan metanotum pada kasta prajurit mayor maupun minor menunjukkan bahwa rayap yang berasal dari kedua lokasi berasal dari satu spesies yang sama. Spesies rayap dari keenam koloni tersebut merujuk pada spesies rayap tanah *Macrotermes gilvus* Hagen. Perbedaan jarak kedua lokasi bukan menjadi pembatas dari kedua spesies tersebut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih saya ucapkan kepada Bapak Jumsa dan polisi hutan CA Yanlappa Jasinga yang sudah membantu dalam proses pencarian dan koleksi rayap di CA Yanlappa.

DAFTAR PUSTAKA

Ahmad M. 1958. *Key to The Indomalayan Termites*. Lahore (PK): University of The Punjabi.

Dibog L, Eggleton P, Norgrove L, Bignell DE, Hauser S. 1999. Impacts of canopy cover on soil termite assemblages in an agrisilvicultural system in southern Cameroon. *Bull Entomol Res.* 89:125–132.

Lo N, Tokuda G, Watanabe H, Rose H, Slaytor M, Maekawa K, Bandi C, Noda H. 2000. Evidence from multiple gene sequences indicates that termites evolved from wood-feeding cockroaches. *Current Biol.* 10(13):801-804.

Mubin N, Harahap IS, Giyanto. 2019. Diversity of subterranean termites (Blattodea: Termitoidea) on various types habitat around IPB University Kampus, Bogor, Indonesia. *J HPT Tropika*. 19(2): 158-169. doi: 10.23960/j.hptt.219158-169.

Nandika D, Rismayadi Y, Diba F. 2015. *Rayap: Biologi dan Pengendaliannya, edisi 2*. Editor: Mubin N. Muhammadiyah Univeristy Press.

Neoh KB, Lee CY. 2010. Behavioral and morphological changes in soldiers of *Macrotermes gilvus* (Termitidae: Macrotermitinae) parasitized by *Misotermes mindeni* (Diptera: Phoridae) *Environ Entomol*. 39:835–840. doi: 10.1603/EN09212.

Noknoy R, Sunantaraporn S, Phume A, Siriyasatien P, Sanguansub S. 2020. Parasitism of soldiers of the Termite, *Macrotermes gilvus* (Hagen), by the scuttle fly, *Megaselia scalaris* (Loew) (Diptera: Phoridae). Insects. 11(5): 318-328. doi: 10.3390/insects11050318

Pribadi T, Raffiudin R, Harahap IS. 2011. Termites community as environmental bioindicators in highlands: a case study in eastern slopes of Mount Slamet. Central Java. Biodiversitas. 12:235-240.

Subekti N. 2010. Kelimpahan, sebaran, dan arsitekstur sarang serta ukuran populasi rayap tanah *Macrotermes gilvus* Hagen (Blattodea: Termitidae) di Cagar Alam Yanlappa, Jawa Barat [disertasi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.

Tho YP. 1992. *Termites of Peninsular Malaysia*. Kirton LG. editor. Kepong, Kuala Lumpur (MY): Malayan Forest Records.

pada Tanaman Lada (*Piper nigrum*) dengan Refugia Berbunga sebagai Sumber Nektar

Rohimatun*, Sitti Fatimah Syahid, Rismayani, I Wayan Laba, Molide Rizal, Ahyar, dan Nurbetti Tarigan

Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat
Jalan Tentara Pelajar No. 3, Bogor 16111
*Alamat korespondensi: ima.faizfatin@gmail.com

ABSTRAK

Salah satu pendekatan yang dilakukan untuk mengendalikan pengisap buah lada *Dasynus piperis* adalah menggunakan parasitoid telur *Anastatus dasyni* dan memanfaatkan refugia berbunga di sekitar pertanaman lada untuk menjaga kelangsungan hidupnya. Penelitian bertujuan untuk mendapatkan karakteristik morfologi dan kimia gula reduksi refugia berbunga serta spesies refugia berbunga potensial untuk kelangsungan hidup *A. dasyni*. Penelitian terdiri dari koleksi, perbanyakan, karakterisasi, dan analisis gula reduksi refugia berbunga. Perbanyakan *Riptortus linearis* untuk mendapatkan telur sebagai inang parasitoid. Pengujian lama hidup dan keperidian parasitoid, menggunakan bunga segar (hasil koleksi, kumis kucing, *Asystacia gangetica*, *Arachis pintoi*), dan ekstrak bunga (taraf 5, 10, 15, dan 20%), serta pembanding (madu 10%, air, dan kontrol/tanpa pakan). Pengujian lama kunjungan parasitoid yang lapar dan kenyang serta pengujian preferensi imago betina *A. dasyni* lapar dan kenyang menggunakan bunga, ekstrak bunga, dan telur dengan menggunakan lorong "Y". Hasil penelitian diperoleh tiga refugia berbunga yang potensial sebagai sumber nektar parasitoid *A. dasyni*, yaitu *Turnera subulata*, *A. gangetica*, dan *A. pintoi*. Ketiganya memiliki karakteristik morfologi, warna, dan bentuk mahkota yang terbuka yang memungkinkan *A. dasyni* tertarik dan mudah mengisap nektar. Disamping itu, ketiganya memiliki kandungan gula reduksi yang tinggi, masing-masing 2,35; 1,32; dan 1,10%. Lama hidup *A. dasyni* pada ketiga bunga tersebut lebih panjang, jumlah *A. dasyni* yang memilih berkunjung ke ketiga bunga tersebut lebih banyak dengan waktu memilih lebih cepat, serta waktu kunjungan lebih lama. Oleh karena itu, keberadaan refugia berbunga, seperti *A. pintoi*, *A. gangetica*, dan *T. subulata*, perlu dikelola untuk mengendalikan *D. piperis* dan menjaga ekosistem di pertanaman lada.

Kata kunci: gula reduksi, kunjungan parasitoid, lama hidup, morfologi bunga, preferensi

PENDAHULUAN

Lada (*Piper nigrum* L.) merupakan salah satu tanaman rempah yang penting, ditinjau dari peranannya sebagai penghasil devisa, penyedia lapangan kerja, bahan baku industri, dan kegunaannya yang tidak dapat digantikan oleh produk rempah lain (Kementan, 2013). Salah satu kendala dalam budidaya dan produksi lada adalah serangan Organisme Pengganggu Tanaman (OPT). Satu dari berbagai OPT yang menimbulkan kerusakan pada buah lada adalah hama pengisap buah lada (*Dasynus piperis* China) (Hemiptera; Coreidae) (Kalshoven, 1981). Tingkat serangan hama ini dapat mencapai 16% (Rohimatun & Laba, 2013), bahkan Laba *et al.* (2004) menyebutkan 36,80%. Dengan tipe mulut pencucuk pengisapnya, *D. piperis* dapat mengakibatkan buah lada menjadi hitam dengan gejala nekrosis bekas lubang tusukan. Serangan *D. piperis* mengakibatkan untaian buah gugur sebelum tua dan buah menjadi kering pada buah tua (Kalshoven, 1980; Laba & Trisawa, 2006). Tingkat serangan akan menjadi parah apabila disertai kehadiran pathogen, seperti jamur dan bakteri, akibatnya buah menjadi busuk.

Pada umumnya, petani mengendalikan *D. piperis* dengan menggunakan insektisida sintetis. Trisawa (2011) melaporkan bahwa umumnya petani lada menggunakan insektisida sintetik untuk mengendalikan *D. piperis* dengan frekuensi satu bulan sekali sejak berbunga hingga panen atau sepuluh kali penyemprotan dalam setahun. Penggunaan insektisida sintetik banyak digunakan karena lebih praktis dan cepat terlihat hasilnya, namun memiliki dampak negatif, antara lain polusi lingkungan, resistensi dan resurjensi hama, serta dampak negatif lainnya (Dadang, 2015).

Salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk mengurangi penggunaan insektisida kimia adalah dengan menggunakan musuh alami parasitoid. Terdapat tiga jenis parasitoid telur *D. piperis* yang potensial, yaitu *Anastatus dasyni* Ferr. (Hymenoptera; Eupelmidae), *Gryon dasyni* Nix. (Hymenoptera; Scelionidae), dan *Ooencyrtus malayensis* Ferr.

(Hymenoptera; Encyrtidae). *A. dasyni* merupakan jenis yang paling dominan dibandingkan dua parasitoid lainnya, dengan tingkat parasitasi sebesar 75-84% (Deciyanto dkk., 1993; Trisawa dkk., 2007).

Kehadiran refugia berbunga di sekitar tanaman lada dapat meningkatkan parasitisasi parasitoid (Deciyanto & Asnawi, 1997; *Trisawa* dkk., 2007). Refugia berbunga harus mudah didapat oleh parasitoid karena parasitoid dapat pergi ke tempat lain jika tidak ada pakan di sekitar tempat hidupnya. Jika parasitoid pergi hanya untuk mencari pakan, maka waktu untuk mencari inang menjadi berkurang (Baggen & Gurr, 1998; Webster & Cardé, 2017). Oleh karena itu, keberadaan refugia bunga bernektar sebagai sumber nutrisi parasitoid akan meningkatkan efisiensi pengendalian biologi (Patt & Rohrig, 2017).

Morfologi, fisiologi, atau fenologi bunga akan memengaruhi ketertarikan serangga untuk berkunjung. Sebagai contoh, mahkota bunga yang panjang banyak dikunjungi oleh lebah *Bombus* spp. Latreille (Hymenoptera: Apidae), sedangkan bunga dengan mahkota pendek banyak dikunjungi oleh parasitoid-parasitoid dari Ordo Hymenoptera dan lalat syrphid (Dipetra: Syrphidae) (Campbell *et al.*, 2012). Penelitan ini bertujuan untuk mendapatkan karakteristik morfologi dan kimia gula reduksi refugia berbunga serta spesies refugia berbunga potensial untuk kelangsungan hidup *A. dasyni*, sebagai informasi awal untuk mendukung kegiatan biokonservasi tanaman refugia berbunga di sekitar pertanaman lada yang bermanfaat dalam memperbanyak populasi serangga parasitoid berguna.

METODE PENELITIAN

Kegiatan penelitian dilaksanakan di Laboratorium dan Rumah Kaca Hama Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat, Bogor. Penelitian terdiri dari beberapa tahap kegiatan.

Koleksi dan perbanyakan refugia berbunga

Koleksi refugia berbunga dilakukan di sekitar tanaman lada kemudian diperbanyak di rumah kaca. Refugia berbunga hasil koleksi diamati morfologi bunga dan dianalisis kandungan gula reduksi dengan metode Luff schroll. Hasil dari pengamatan morfologis dan analisis gula reduksi dipilih bunga yang memiliki kandungan gula reduksi tinggi dan tipe bunga yang terbuka sehingga memungkinkan parasitoid untuk datang.

Perbanyakan *Riptortus linearis* (Hemiptera: Alydidae)

Telur yang dihasilkan dari perbanyakan ini digunakan sebagai inang alternatif *A. dasyni*. *R. linearis* diperoleh di sekitar pertanaman kedelai. Imago dan nimfa *R. linearis* dipelihara dalam kurungan berkerangka kayu dan berdinding kain kasa (panjang 35 cm, lebar 35 cm, dan tinggi 75 cm). *R. linearis* diberi pakan kacang panjang yang digantungkan pada kawat di bagian atas kurungan. Pakan diganti setiap dua hari sekali. Untaian benang wol digantungkan di dalam kurungan sebagai tempat peneluran.

Pengujian refugia berbunga terhadap lama hidup *A. dasyni*

Pengujian dilakukan menurut metode Trisawa (2011), dengan dua unit percobaan, yaitu bunga segar dan ekstrak bunga. Pengujian bunga segar dilakukan dengan menyungkup bunga beserta tangkainya dengan botol plastik. Bagian bawah tangkai bunga dilapisi kapas basah dan dibungkus parafilm untuk menjaga kelembapan. Sebanyak sepuluh parasitoid *A. dasyni* asal *R. linearis* yang telah dikopulasikan dengan jantan dan pias yang terdapat sepuluh telur *R. linearis* umur dua hari dimasukkan ke dalam botol. Pias telur diambil dari dalam botol setelah 24 jam kemudian dimasukkan ke dalam tabung gelas (diameter 1,5 cm; panjang 18,0 cm).

Selanjutnya, botol plastik yang berisi parasitoid dipindahkan ke bunga sejenis yang ditanam di polibag dan ke dalam botol dimasukkan pias telur yang baru. Pemindahan parasitoid dan penggantian pias telur dilakukan selama parasitoid betina hidup. Perlakuan terdiri dari bunga hasil koleksi, bunga kumis kucing, dan sebagai pembanding (bunga *A. gangetica*, bunga *A. pintoi*, madu 10%, air, dan kontrol/tanpa pakan).

Unit perlakuan ekstrak bunga menggunakan jenis bunga yang sama dengan pengujian bunga segar dan pembanding. Masing-masing ekstrak menggunakan empat taraf konsentrasi, yaitu 5, 10, 15, dan 20%. Masing-masing unit pengujian dirancang acak kelompok lengkap dengan lima ulangan. Pengamatan dilakukan terhadap lama hidup dan keperidian parasitoid.

Pengujian lama kunjungan parasitoid (menit)

Pengujian menggunakan metode Trisawa (2011). Tanaman berbunga yang digunakan dalam kegiatan sebelumnya diuji pengaruhnya terhadap perilaku kunjungan imago parasitoid betina (lapar dan kenyang) dan imago parasitoid jantan yang lapar. Pengujian dengan parasitoid betina yang lapar menggunakan parasitoid yang baru keluar dari telur *R. linearis* dan tidak diberi pakan selama kurang lebih empat jam. Perlakuan menggunakan bunga segar dan ekstrak bunga seperti pengujian lama hidup serta pembanding (telur *D. piperis* umur dua hari yang dilem dengan lem kertas cair pada pias karton berukuran 1,0 x 5,0 cm). Setiap tangkai bunga tanaman ditancapkan ke dalam tabung film yang berisi air agar bunga tidak cepat layu, sedangkan pias telur diletakkan di atas tabung film. Setiap perlakuan diletakkan secara acak

dalam toples plastik (diameter 14,0 cm dan tinggi 10 cm). Bagian atas sungkup ditutup dengan kain kasa. Pada bagian tengah kasa dibuat lubang 1,5 cm untuk memasukan parasitoid. Lubang tempat pemasukan parasitoid selanjutnya ditutup dengan kapas. Pengamatan dilakukan terhadap perilaku *A. dasyni* dalam memilih bunga. Parasitoid dianggap tidak memberikan respon jika selama 20 menit terhitung mulai dimasukkan ke dalam stoples tidak memilih bunga. Pengamatan dilakukan terhadap sepuluh imago parasitoid betina *A. dasyni* yang lapar.

Pengujian terhadap imago betina *A. dasyni* kenyang menggunakan imago betina *A. dasyni* umur empat hari yang kenyang (parasitoid sudah diberi pakan madu 10% selama hidupnya). Perlakuan dan pengamatan dilakukan seperti pada unit penelitian parasitoid yang lapar. Masing-masing unit pengujian dirancang acak kelompok lengkap dengan lima ulangan. Masing-masing ulangan menggunakan sepuluh imago parasitoid *A. dasyni.*

Uji Preferensi

Berdasarkan hasil pengujian lama hidup dan kunjungan di atas, ditentukan tiga sampai lima jenis bunga yang banyak dipilih oleh parasitoid betina *A. dasyni.* Uji preferensi imago *A. dasyni* yang lapar dan kenyang menggunakan bunga segar, ekstrak bunga, dan telur *R. linearis*. Pengujian dilakukan dengan menggunakan lorong tabung ”Y”. Bunga segar, ekstrak bunga, dan telur *R. linaris* diletakkan secara terpisah, masing-masing pada salah satu ujung lorong dari tiga lorong yang saling berhubungan. Pada ujung lorong yang lain dilepaskan imago betina *A. dasyni* yang lapar atau kenyang. Setiap perlakuan parasitoid kenyang dan lapar diulang pada sepuluh imago betina *A. dasyni*. Pengamatan dilakukan terhadap persentase pilihan parasitoid, antara bunga dan telur untuk masing-masing kondisi parasitoid.

Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis keragamannya dengan sidik ragam yang dilanjutkan dengan Uji Jarak Berganda Duncan (α = 0,05) apabila berbeda nyata dengan bantuan SAS 9.1.3.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi Refugia Berbunga Potensial sebagai Sumber Nektar

Nektar merupakan cairan manis yang diproduksi bunga sewaktu mekar, sebagai mediasi interaksi antara tumbuhan dan organisme mutualis, seperti penyerbuk (Stevenson *et al.*, 2017), termasuk mikrob (Vannette & Fukami, 2017), bahkan herbovora (Pacelhe *et al.*, 2019). Larutan yang manis tersebut mengandung asam amino, protein (Nepi *et al.* 2012), asam lemak (Muth *et al.*, 2018), mineral (Afik *et al.*, 2014), metabolit sekunder (Stevenson *et al.*, 2016) yang menghasilkan warna (Hatt *et al.*, 2018) dan aroma (Desurmont *et al.*, 2020). Nektar dihasilkan kelenjar nektar yang dapat muncul di mana saja pada tumbuhan. Satu-satunya tempat yang belum ditemukan kelenjar nektar adalah akar (Vogel, 1998). Bagi parasitoid, nektar berfungsi sebagai sumber pakan untuk meningkatkan daya tahan hidup, produksi telur, dan kelimpahan populasinya, yang pada akhirnya dapat meningkatkan efektivitas pengendalian populasi hama (Miall *et al*., 2018).

Beberapa jenis refugia berbunga yang terdapat di sekitar pertanaman lada dan kandungan gula reduksi disajikan pada Tabel 1. Kandungan gula tereduksi pada bunga refugia di sekitar pertanaman lada bervariasi. Lima bunga refugia yang memiliki kandungan gula reduksi tertinggi, yaitu bunga telang (*Clitorea ternatea* L. (Fabaceae)) (2,908%), kacang hias (*Arachis pintoi* Krapov. & W.C.Gregory (Fabaceae) (2,345%), kumis kucing (*Orthosiphon aristatus* (Blume) Miq. (Lamiaceae)) (1,415%), ara sungsang (*Asystasia gangetica* (L.) T.Anderson (Lamiales)) (1,320%), dan bunga pukul delapan (*Turnera subulata* SM. (Passifloraceae)) (1,100%). Perbedaan yang cukup signifikan terlihat pada kadar gula reduksi bunga *A. pintoi* yang dapat terdeteksi dan cukup tinggi, yaitu 2,345%, sedangkan hasil penelitian Trisawa (2011) menunjukkan tidak terdeteksi. Diduga, penanganan koleksi bunga sebelum analisis gula menyebabkan perbedaan. Analisis gula reduksi menggunakan bunga segar agar terdeteksi sedangkan penggunaan bunga tidak atau kurang segar menyebabkan kandungan gula reduksi rendah, bahkan tidak terdeteksi (Sukmasari 2015, komunikasi pribadi).

Karakteristik morfologi bunga refugia di sekitar tanaman lada dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 1. Seluruh bunga hasil koleksi bertipe lengkap (memiliki bagian-bagian bunga lengkap dan serta alat kelamin jantan dan betina ada dalam satu bunga). Warna mahkota bunga bervariasi dari putih, kuning, merah muda, hingga ungu. Bunga hasil koleksi yang memiliki aroma adalah bunga *A. gangetica*, *M. jalapa*, *T. subulata*, *C. ternatea*, dan *P. nigrum*, sedangkan bunga jenis yang lain tidak beraroma.

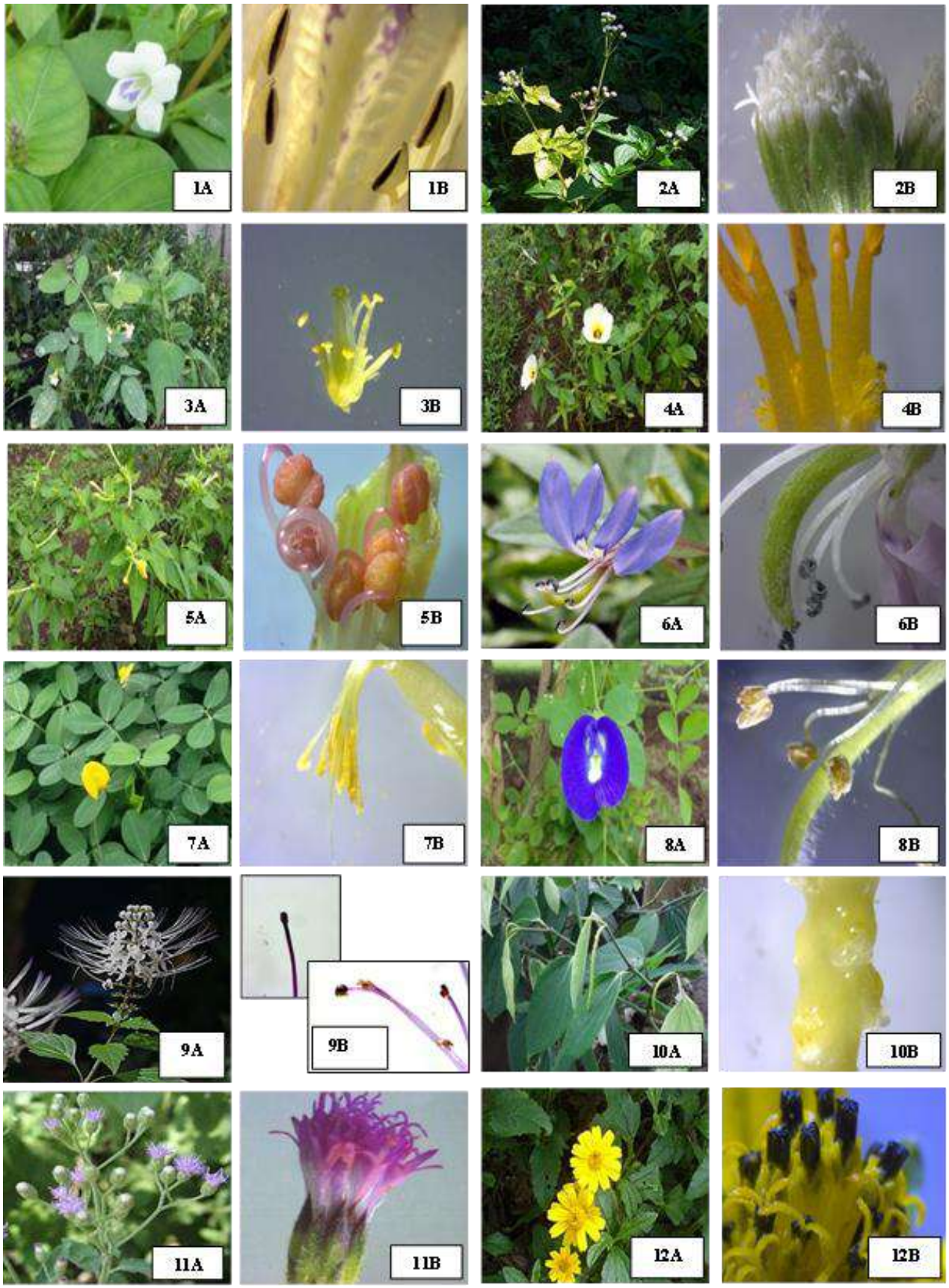
Tabel 1. Refugia berbunga dan kandungan gula tereduksi (%)

No.	Refugia berbunga	Kandungan gula tereduksi (%)	
		1	2*
1	Ara sungsang (*A. gangetica*)	1,320	0,836
2	Babadotan (*Ageratum conyzoides* L. (Asteraceae))	0,080	Tidak terdeteksi
3	Belimbing tanah (*Oxalis barrelieri* L.) (Asteraceae)	0,120	1,420
4	Bunga pukul empat (*Mirabilis jalapa* L.) (Nyctaginaceae)	0,100	Tidak dilakukan
5	Bunga pukul delapan *(T. subulata*)	1,100	Tidak dianalisis
6	*Cleome* sp. L. (Cleomaceae)	0,140	0,046
7	Kacang hias (*A. pintoi*)	2,345	Tidak terdeteksi
8	Kembang telang (*C. ternatea*)	2,905	Tidak dilakukan
9	Kumis kucing (*O. aristatus*)	1,415	Tidak dilakukan
10	Lada *(Piper nigrum* L.) (Piperaceae)	0,085	Tidak dilakukan
11	Sawi langit (*Vernonia cinerea* (L.) Less syn. *Cyanthillium cinereum* (L.) H. Rob. (Asteraceae)	0,140	0,069
12	Wedelia (*Wedelia trilobata* (L.) Hitchc. syn. Sphagneticola trilobata (L.) Pruski (Asteraceae)	0,100	0,520

Keterangan: * hasil Trisawa (2011).

Tabel 2. Karakteristik morfologi bunga refugia di sekitar pertanaman lada

No	Refugia berbunga	Tipe bunga	Warna kelopak	Warna mahkota	Jumlah kelopak	Jumlah mahkota	Panjang mahkota (cm)	Lebar mahkota (cm)	Jumlah bunga jantan	Jumlah bunga betina	Posisi bunga jantan dan betina	Aroma
1.	*A. gangetica*	Lengkap	Hijau	Putih	5	5	1,4	0,4	4	1	Betina lebih tinggi dari jantan	Ada
2.	*A. conyzoides*	Lengkap	Hijau	Putih	10	10	0,2	0,4	15-20	15-20	Berdekatan	Tidak ada
3.	*O. barrelieri*	Lengkap	Hijau muda	Merah muda	5	5	0,7	0,4	7	3	Betina lebih tinggi dari jantan	Tidak ada
4.	*M. jalapa*	Lengkap	Hijau	Kuning	5	5	1,7	3	5	1	Betina lebih tinggi dari jantan	Ada
5.	*T. subulata*	Lengkap	Hijau	Putih kekuningan	5	5	2,3	1,5	5	3	Betina lebih pendek dari jantan	Ada
6.	*Cleome* sp.	Lengkap	Hijau	Ungu muda	4	4	0,5	0,2	6	1	Betina di kelilingi jantan	Tidak ada
7.	*A. pintoi*	Lengkap	Hijau	Kuning	2	2 lapis	1	1,3	5	1	Betina lebih tinggi dari jantan	Tidak ada
8.	*C. ternatea*	Lengkap	Hijau	Ungu	5	2 lapis berbeda	3,5	3	5	1	Betina lebih tinggi dari jantan	Ada
9.	*O. aristatus*	Lengkap	Hijau	Putih keunguan	5	2 ukuran berbeda	1	0,9	4	1	Betina lebih tinggi dari jantan	Tidak ada
10.	*P. nigrum*	Lengkap	Hijau ke-putihan	Putih	2	2	0.1	0,1	-	12	Dari malay langsung keluar betina	Ada
11.	*V. cinerea*	Lengkap	Hijau	Ungu sebagian putih	10	10	0,3	0,2	15-20	15-20	Berdekatan	Tidak
12.	*W. trilobata*	Lengkap	Hijau	Kuning	5	10	0,9	0,3	15-20	15-20	Melekat satu sama lain	Tidak



Gambar 1. Morfologi bunga refugia berbunga di pertanaman lada: *A. gangetica* (1A) dan putik dan benang sari (1B), *A. conyzoides* (2); *O. barrelieri* (3); *T. subulata* (4); *M. jalapa* (5); *Cleome* sp. (6); *A. pintoi* (7); *C. ternatea* (8); *O. aristatus* (9); *P. nigrum* (10); *V. cinerea* (11); dan *W. trilobata* (12)

Lama Hidup dan Keperidian Parasitoid

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nektar bunga segar sebagai sumber pakan berpengaruh sangat nyata terhadap lama hidup imago *A. dasyni* betina (F = 5,91; P = 0,0001) (Tabel 3). Serangga *A. dasyni* jantan tidak diujikan lebih lanjut karena ketersediaan/jumlahnya tidak mencukupi untuk pengujian. Secara umum, parasitoid betina *A. dasyni* yang diberi perlakuan bunga segar dengan ciri khas warna masing-masing lebih lama hidupnya daripada yang diberi perlakuan ekstrak bunga, yang secara umum warnanya hampir sama, yaitu merah gelap. Hal ini menunjukkan bahwa warna bunga berperan dalam pemilihan makan parasitoid. Hal ini sesuai dengan pernyataan Castillo & Rojas (2020) bahwa warna menentukan pemilihan pakan parasitoid.

Imago *A. dasyni* betina yang dipelihara dengan bunga *T. subulata* lebih lama hidupnya (5,9 ± 4,6 hari) dibanding yang lain, diikuti madu 10% (4,3 ± 0,9 hari) dan bunga *A. gangetica* (2,8 ± 1,6 hari). Faktor morfologi, yaitu warna putih kuning, bentuk bunga terbuka, dan kandungan gula reduksi memengaruhi pemilihan parasitod. Lama hidup imago betina yang dipelihara pada bunga segar *T. subulata* tersebut juga terlihat lebih lama dibandingkan madu 10%. Hasil yang berbeda ditunjukkan penelitian Trisawa (2011) yang menyatakan bahwa rata-rata lama hidup imago betina *A. dasyni* yang diberi nektar *A. gangetica* mencapai 9,2 hari, sedangkan yang diberi pakan madu 10% mencapai 36,8 hari. Jenis sumber pakan sangat memengaruhi lama hidup dan laju oviposisi parasitoid (Munir *et al*., 2018). Secara umum, terlihat pemberian ekstrak bunga 5% menyebabkan *A. dasyni* lebih lama hidupnya dibanding konsentrasi lain. Ekstrak bunga *O. aristatus* 5% menunjukkan lama hidup *A. dasyni* paling tinggi dibanding ekstrak bunga yang lain, diikuti oleh *T. subulata*.

Nutrisi yang terkandung pada nektar bunga yang dikonsumsi parasitoid sangat memengaruhi lama hidup, kepiridian, dan kelimpahan populasinya di lapang (Kai *et al.*, 2017). Terdapat faktor lain yang berpengaruh selain asal sumber nektar, yaitu bentuk mahkota, bentuk bunga, lokasi nektar, jumlah benang sari, kedalaman mahkota, warna, aroma, dan kandungan nektar (Zhu *et al*., 2019; Desurmont *et al*., 2020). Bentuk bunga berkaitan dengan kemudahan mendapatkan nektar, sedangkan aroma berkaitan dengan ketertarikan parasitoid (Trisawa, 2011). Aroma dan warna daun mahkota bunga parasitoid (Trisawa, 2011). Aroma dan warna daun mahkota bunga merupakan isyarat bagi serangga akan tersedianya nektar (Lunau *et al*., 2020).

Kelangsungan hidup *A. dasyni* yang diberi nektar dengan bunga segar lebih lama yaitu 1,5 sampai 5,8 kali dibandingkan dengan tanpa pakan, dan hasil ini berbeda dengan penelitian Trisawa (2011).Sementara itu, lama hidup imago betina *A. dasyni* yang diberi ekstrak bunga menunjukkan 1 sampai 3 kali lipat lebih lama dibandingkan imago tanpa pakan. Imago betina *A. dasyni* yang diberi pakan madu 10% menunjukkan paling lama hidupnya pada perlakuan ekstrak bunga. Hal ini disebabkan karena madu mengandung zat-zat yang dibutuhkan oleh parasitoid secara lengkap. Hal ini sejalan dengan penelitian Mahadi *et al*. (2020) yang menyatakan bahwa pemberian madu memengaruhi kelangsungan dan lama hidup serta reproduksi *Trichospilus pupivorus* Ferrière (Hymenoptera: Eulophidae).

Kepiridian dan keefektifan parasitasi *A. dasyni* pada penelitian ini tidak nampak. Hal ini disebabkan karena lama hidup imago *A. dasyni* pada saat dilakukan hanya berlangsung 1 sampai 10 hari. Hasil penelitian Trisawa (2005) menunjukkan keseluruhan lama hidup *A. dasyni* adalah 24 sampai 50 hari dengan rataan 37,6 ± 2,61 hari, dengan rincian lama praoviposisi 0,95 ± 0,05; oviposisi 25,85 ± 1,08; dan pascaoviposisi 4,35 ± 0,67 hari (Trisawa, 2005). Diduga, faktor lingkungan saat penelitian sangat memengaruhi lama hidup, kepiridian, dan keefektifan parasitasi *A. dasyni* walaupun lokasi yang digunakan untuk pengujian sama. Kemungkinan, lama hidup, kepiridian, dan keefektifan parasitasi *A. dasyni* akan lebih meningkat di lapang karena parasitoid lebih bebas mengunjungi sejumlah bunga dan mengkonsumsi nektar lebih banyak (Trisawa, 2011).

Ketersediaan pakan bagi parasitoid, seperti *A. dasyni*, sangat penting. Hal ini disebabkan karena *A. dasyni* termasuk jenis parasitoid sinovigenik yang membutuhkan pakan untuk pematangan telurnya. Jika pakan tidak tersedia atau kurang, maka imago akan disibukkan untuk mencari pakan. Akibatnya, perhatian terhadap inang menjadi berkurang atau mungkin tidak sama sekali (Trisawa, 2005). Keberhasilan reproduksi parasitoid ditentukan oleh kemampuan untuk bertahan hidup, mendeteksi dan menemukan sumber pakan dan inangnya. Kemampuan tersebut dipengaruhi oleh ketersediaan pakan yang mendukung aktivitas parasitoid dalam menurunkan kelimpahan inang (Baggen & Gurr, 1988; Webster & Cardé, 2017).

Lama Kunjungan Parasitoid

Hasil penelitian menunjukkan diantara beberapa bunga yang diujikan, *A. dasyni* lapar paling lama berkunjung pada *T. subulata*, diikuti *A. gangetica*, *A. pintoi*, *C. ternatea*, dan *O. aristatus*. Parasitoid *A. dasyni* lapar paling banyak memilih bunga *T. subulata*, namun waktu untuk memilih dan lama kunjungan pada bunga tersebut paling lama diantara yang lain, setelah madu 10%. Jumlah *A. dasyni* paling sedikit memilih bunga *O. aristatus*, dengan waktu memilih yang cukup

lama, yaitu sekitar tujuh menit, dan waktu kunjungan hanya sebentar (0,02 menit). Kunjungan parasitoid *A. dasyni* pada bunga refugia berbunga di sekitar pertanaman lada dipengaruhi oleh morfologi bunga (Tabel 4).

Tabel 3. Rerata lama hidup (x ± SD) imago *A. dasyni* betina yang dipelihara pada bunga segar dan ekstrak bunga

Perlakuan	Bunga segar*	Ekstrak bunga (%)			
		5	10	15	20
A. gangetica	2,8 ± 1,6 bc	2,00 ± 0,82 bc	2,50 ± 1,73 bc	1,75 ± 0,50 bc	2,00 ± 0,82 bc
T. subulata	5,8 ± 4,6 a	3,00 ± 2,71 b	2,50 ± 0,58 bc	1,25 ± 0,50 bc	1,50 ± 0,58 bc
A. pintoi	1,5 ± 1,0 c	2,25 ± 0,50 bc	2,00 ± 0,00 bc	1,00 ± 0,00 c	1,50 ± 0,58 bc
C. ternatea	2,4 ± 0,5 bc	2,00 ± 0,82 bc	2,25 ± 0,50 bc	2,00 ± 0,82 bc	1,75 ± 0,50 bc
O. aristatus	1,8 ± 0,8 c	7,25 ± 2,22 a	2,25 ± 1,26 bc	1,50 ± 1,00 bc	1,50 ± 1,00 bc
Madu 10%	4,3 ± 0,9 ab	2,25 ± 0,50 bc	2,25 ± 0,50 bc	2,25 ± 0,50 bc	2,25 ± 0,50 bc
Air	2,7 ± 0,8 bc	2,67 ± 1,37 bc	2,67 ± 1,37 bc	2,67 ± 1,37 bc	2,67 ± 1,36 bc
Tanpa pakan	1,0 ± 0,0 c	2,17 ± 1,17 bc	2,17 ± 1,17 bc	2,17 ± 1,17 bc	2,17 ± 1,17 bc

Keterangan:Angka dalam kolom yang sama diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata dengan Uji Duncan 5%. * Data ditransformasi ke (ln + 10).

Warna bunga dan aroma berpengaruh dalam pemilihan parasitoid. Bunga *T. subulata* memiliki warna kuning di bagian tengah mahkota sehingga menarik serangga. Bunga *A. pintoi* juga memiliki warna kuning cerah, namun jumlah *A. dasyni* yang memilih tidak sebanyak pada bunga *T. subulata*. Selain warna bunga, aroma bunga berpengaruh dalam pemilihan *A. dasyni*. Bunga *T. Subulata* memiliki aroma yang menarik dengan kandungan gula reduksi lebih tinggi dibanding *A. pintoi*.

Hasil penelitian dengan menggunakan *A. dasyni* kenyang menunjukkan parasitoid ini lebih banyak mengunjungi telur dibanding bunga maupun madu 10% (P < 0,0001) dengan waktu kunjungan paling lama, yaitu 13,81 menit (P < 0,0001), walaupun waktu untuk memilih yang paling cepat ditujukan pada bunga *O. aristatus* (P = 0,0003). Hal ini sesuai dengan penelitian Trisawa (2011) yang menyatakan perilaku imago betina *A. dasyni* yang kenyang lebih tertarik inang untuk peletakan telur daripada bunga semua jenis tumbuhan (Tabel 5).

Parasitoid *A. dasyni* merupakan tipe parasitoid sinovigenik, yaitu memerlukan pakan terlebih dahulu untuk melakukan oviposisi (Quicke, 1997). Hal ini terlihat *A. dasyni* lapar lebih memilih bunga maupun madu dibanding telur. Sebaliknya, imago *A. dasyni* kenyang lebih memilih telur dibandingkan bunga pada refugia berbunga maupun madu. Dilihat dari sisi fisiologisnya, parasitoid yang lapar akan lebih tertarik untuk mendapatkan pakan daripada inang (Lewis *et al.*, 1998).

Tabel 4. Jumlah, waktu memilih (menit), dan lama kunjungan (menit) imago *A. dasyni* lapar pada bunga refugia berbunga, madu, dan telur (inang)

Perlakuan	Jumlah *A. dasyni (ekor)*	Waktu memilih (menit)	Lama kunjungan (menit)
A. gangetica	4,40 ± 1,94 a	3,35 ± 0,83 ab	0,32 ± 0,10 b
T. subulata	5,00 ± 2,00 a	6,98 ± 2,81 a	0,38 ± 0,15 b
A. pintoi	2,60 ± 1,51 b	5,48 ± 5,55 a	0,15 ± 0,02 b
C. ternatea	2,20 ± 2,04 bc	6,79 ± 7,67 a	0,09 ± 0,08 b
O. aristatus	1,00 ± 1,22 bc	6,93 ± 7,64 a	0,02 ± 0,01 b
Madu 10%	2,00 ± 1,22 bc	5,59 ± 5,06 a	13,40 ± 2,30 a
Telur	1,40 ± 0,54 bc	7,83 ± 0,50 b	0,01 ± 0,01 b

Keterangan: Angka dalam kolom yang sama diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata dengan Uji Duncan 5%. * Data ditransformasi ke (ln + 10).

Tabel 5. Rerata jumlah, waktu memilih (menit), dan lama kunjungan (menit) imago *A. dasyni* kenyang pada bunga refugia berbunga, madu, atau telur (inang)

Perlakuan	Jumlah *A. dasyni (ekor)*	Waktu memilih (menit)	Lama kunjungan (menit)
A. gangetica	3,20 ± 1,30 b	3,59 ± 0,92 b	0,09 ± 0,05 c
T. subulata	6,00 ± 1,58 a	4,31 ± 2,04 ab	0,40 ± 0,19 c
A. pintoi	1,60 ± 0,54 bc	2,95 ± 2,17 bc	0,02 ± 0,00 c
C. ternatea	2,20 ± 1,09 bc	6,23 ± 1,87 a	0,08 ± 0,05 c
O. aristatus	0,80 ± 1,30 c	0,74 ± 1,12 d	0,01 ± 0,01 c
Madu 10%	6,00 ± 1,00 a	2,49 ± 2,49 bcd	2,20 ± 0,83 b
Telur	7,00 ± 2,54 a	1,25 ± 0,37 cd	13,81 ± 2,89 a

Keterangan: Angka dalam kolom yang sama diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata dengan Uji Duncan 5%. * Data ditransformasi ke (ln + 10).

Uji Preferensi

Perilaku parasitoid *A. dasyni* lapar pada saat dilakukan pengujian lorong "Y" terlihat lebih memilih bunga segar dibanding ekstrak bunga maupun telur. Jenis bunga yang banyak dipilih adalah bunga *T. subulata*, diikuti *A. gangetica* dan *A. pintoi* (Tabel 6). Sementara itu, parasitoid *A. dasyni* kenyang lebih memilih telur untuk tiap-tiap unit perlakuan bunga (Tabel 7).

Pada tahap ini bunga dan ekstrak bunga yang diujikan adalah *A. gangetica*, *T. subulata*, *A. pintoi*, serta ditambah unit lagi, yaitu *C. ternatea* dan *O. aristatus*. Dua bunga terakhir diujikan karena diduga *A. dasyni* memiliki preferensi terhadap bunga dan ekstrak bunganya apabila diujikan dengan lorong "Y". Hasil penelitian menunjukkan kedua bunga tersebut dipilih oleh *A. dasyni* dengan jumlah yang cukup banyak dan tidak berbeda nyata dibanding ketiga bunga lainnya. Waktu yang digunakan dan lama kunjungan *A. dasyni* pun tidak berbeda nyata satu sama lain. Secara umum, jumlah dan waktu yang digunakan untuk memilih *A. dasyni* kenyang tidak berbeda nyata antar perlakuan, namun terlihat parasitoid tersebut lebih memilih telur (inangnya) ketika kenyang. Walaupun pada tahap pengujian lama hidup *A. dasyni* tidak mencapai masa oviposisi, parasitoid tersebut menunjukkan perilaku lebih memilih telur daripada sumber nektar (Tabel 7).

Parasitoid betina membutuhkan pakan dan inang untuk kelangsungan hidup dan keturunannya. Betina yang telah melakukan kopulasi lebih mementingkan inang untuk kepentingan reproduksi sedangkan yang tidak atau belum berkopulasi lebih menyukai pakan (Damien *et al.*, 2019).

Konservasi musuh alami (dalam hal ini parasitoid) serangga hama, sebagai penerapan dari konsep pengendalian hayati, akan berjalan dengan baik apabila habitatnya kompleks, tidak menghilangkan refugia, dan memodifikasi praktek budidaya untuk melindungi dan meningkatkan musuh alami (Buchori, 2015; Jonsson *et al*., 2014). Konservasi dapat dilakukan dengan menanam refugia berbunga penghasil nektar sebagai sumber pakan musuh alami, dalam hal ini parasitoid (Mahanani *et al.*, 2020; Fataar *et al.*, 2019).

Tabel 6. Jumlah imago *A. dasyni* (ekor) lapar dan waktu memilih antara bunga segar, ekstrak bunga 5%, atau telur (inang)

Unit perlakuan	Bunga segar		Ekstrak bunga 5%		Telur	
	Jumlah (ekor)	Waktu (menit)	Jumlah (ekor)	Waktu (menit)	Jumlah (ekor)	Waktu (menit)
A. gangetica	3,40 ± 2,06 a	3,69 ± 3,91 a	2,20 ± 1,89 a	3,91 ± 3,04 a	0,10 ± 1,20 a	4,32 ± 5,58 a
T. subulata	4,40 ± 2,50 a	5,60 ± 2,48 a	1,80 ± 1,09 a	8,58 ± 5,33 a	1,40 ± 2,30 a	6,28 ± 4,91 a
A. pintoi	3,40 ± 1,14 a	5,28 ± 3,40 a	2,60 ± 2,60 a	4,75 ± 4,41 a	0,20 ± 1,48 a	4,56 ± 3,43 a
C. ternatea	2,00 ± 0,70 a	8,37 ± 8,21 a	1,40 ± 1,51 a	6,73 ± 6,82 a	0,80 ± 0,83 a	3,26 ± 5,31 a
O. aristatus	3,20 ± 1,30 a	2,36 ± 1,73 a	2,20 ± 2,77 a	2,81 ± 3,74 a	0,80 ± 1,48 a	3,28 ± 2,18 a

Keterangan: Angka dalam kolom yang sama diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata dengan Uji Duncan 5%. * Data ditransformasi ke (ln + 10).

Tabel 7. Jumlah imago *A. dasyni* (ekor) kenyang dan waktu memilih antara bunga segar, ekstrak bunga 5%, atau telur (inang)

Unit perlakuan	Bunga segar		Ekstrak bunga 5%		Telur	
	Jumlah (ekor)	Waktu (menit)	Jumlah (ekor)	Waktu (menit)	Jumlah (ekor)	Waktu (menit)
A. gangetica	0,10 ± 1,23 a	4,87 ± 2,76 a	0,10 ± 1,22 a	7,91 ± 3,13 a	6,03 ± 3,40 a	2,53 ± 2,21 a
T. subulata	0,14 ± 1,20 a	5,77 ± 2,67 a	0,12 ± 1,09 a	12,22 ± 6,32 a	6,78 ± 3,54 a	1,87 ± 2,76 a
A. pintoi	0,31 ± 1,12 a	6,34 ± 3,65 a	0,48 ± 1,87 a	8,64 ± 3,56 a	5,63 ± 1,36 a	2,34 ± 2,23 a
C. ternatea	0,17 ± 0,20 a	10,45 ± 7,32 a	0,37 ± 1,44 a	10,87 ± 6,80 a	5,87 ± 0,33 a	2,45 ± 2,34 a
O. aristatus	0,20 ± 1,10 a	6,35 ± 3,73 a	0,17 ± 2,55 a	8,83 ± 4,68 a	7,67 ± 3,35 a	1,98 ± 2,65 a

Keterangan: Angka dalam kolom yang sama diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata dengan Uji Duncan 5%. * Data ditransformasi ke (ln + 10).

SIMPULAN DAN SARAN

Terdapat tiga refugia berbunga yang potensial sebagai sumber nektar parasitoid *A. dasyni*, yaitu bunga pukul delapan (*T. subulata*), arasungsang (*A. gangetica*), dan kacang hias (*A. pintoi*). Ketiga bunga tersebut memiliki karakteristik morfologi, yang memungkinkan *A. dasyni* tertarik untuk mengisap nektar dengan mudah. Bunga *A. pintoi*, *A. gangetica*, dan *T. subulata* memiliki kandungan gula tereduksi yang tinggi, masing-masing 2,35; 1,32; dan 1,10%. Lama hidup *A. dasyni* pada ketiga bunga tersebut lebih panjang dibanding yang diberi bunga segar lain. Jumlah *A. dasyni* yang memilih ketiga bunga tersebut lebih banyak dibanding perlakuan bunga segar dan ekstrak bunga lainnya dengan waktu memilih yang relatif cepat dan lebih lama berkunjung.

Keberadaan refugia berbunga, seperti *A. pintoi*, *A. gangetica*, dan *T. subulata* harus dikelola dan dikembangkan di pertanaman lada. Kegiatan biokenservasi parasitoid melalui pemanfaatan refugia

berbunga tersebut mendukung parasitoid *A. Dasyni* bekerja secara optimal sehingga mampu mengendalikan serangan hama *D. Piperis* dan menyeimbangkan ekosistem di pertanaman lada.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Kementerian Pertanian yang telah memberikan anggaran penelitian melalui DIPA TA 2015. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Ir. Mahrita Willis, MSc., Dr. Ir. Joko Pitono, dan Dr. Ir. Iwa Mara Trisawa, MSi. yang telah memberikan saran dalam kegiatan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

[Kementan] Kementerian Pertanian. 2013. Peraturan Menteri Pertanian No.10/Permentan/OT.140/1/ 2013. Tentang Pedoman Teknis Pembangunan Kebun Induk Lada. 37 hlm.

Afik, O., Delaplane, K.S., Shafir, S., Moo-Valle, H., dan Quezada-Euán, J.J.G. 2014. Nectar minerals as regulators of flower visitation in stingless bees and nectar hoarding wasps. J Chem Ecol. 40: 476-483. DOI: 10.1007/s10886-014-0455-8.

Baggen, L.R. dan G.M. Gurr. 1998. The influence of food on *Copidosoma koehleri* (Hymenoptera: Encyrtidae), and the use of flowering plants as a habitat management tool to enhance biological control of potato moth, *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera: Gelechiidae). Biol. Control. 11: 9-17. DOI: 10.1006/bcon.1997.0566.

Damayanti, B. 2016. Pengendalian hayati dan konservasi serangga untuk pembangunan Indonesia hijau. Orasi Guru Besar Tetap Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor. 20 September 2014. 83 hlm.

Campbell, A.J., Biesmeijer, J.C., Varma, V., dan Wäckers, F.L. 2012. Realising multiple ecosystem services based on the response of three beneficial insect groups to floral traits and trait diversity. Basic Appl Ecol. 13:363–370. DOI: 10.1016/j.baae.2012.04.003.

Castillo, A. dan Rojas, J.C. 2020. Color preference of three parasitoids imported to the Americas for the biological control of the coffee berrr borer (Curculionidae; Scolytinae). J Insect Sci. 20(3): 1-7. DOI: 10.1093/jisesa/ieaa031.

Deciyanto, S. dan Z. Asnawi. 1997. Pola sebaran parasitoid telur serangga hama buah pada tanaman lada di Bangka. Prosiding Seminar Nasional PEI Cabang Bogor: Tantangan Entomologi pada Abad XXI. Bogor, 8 Januari 1997. hlm. 216-225.

Dadang 2015. Pengembangan Pestisida Nabati untuk Mendukung Pertanian Ramah Lingkungan dan Berkelanjutan. Orasi Ilmiah Guru Besar IPB, 16 September 2015. Institut Pertanian Bogor. 82 hlm.

Damien, M.., Barascou, L., Ridel, A., Baaren, J.V., dan Lann, C.L. 2019. Food or host: do physiological state and flower type affect foraging desicions of parasitoids? Behav Ecol Sociobiol 73(11): 156-169. DOI: 10.1007/s00265-019-2758-9.

Deciyanto S., Trisawa, I.M., dan Muchyadi. 1993. Parasitism fluctuation of egg-parasitoids of pepper bug (*Dasynus piperis* China) in Bangka. J Spice Medic Crops. 1(2): 33-36.

Desurmont, G.A., Von Arx, M., Turlings, T. C., dan Schiestl, F.P. 2020. Floral odors can interfere with the foraging behavior of parasitoids searching for hosts. Front Ecol Evol. 8(148): 1-13. DOI: 10.3389/fevo.2020.00148.

Fataar, S., Kahmen, A., dan Luka, H. 2019. Innate and learned olfactory attraction to flowering plants by the parasitoid *Cotesia rubecula* (marshall, 1885) (Hymenoptera: Braconidae): Potential impacts on conservation biological control. Biol Control. 132: 16-22. DOI: 10.1016/j.biocontrol.2019.01.009.

Hatt S., Uyttenbroeck R., Lopes T., Chen JL; Piqueray J., Monty A., dan Francis F. 2018. Effect of flower traits and hosts on the abundance of parasitoids in perennial multiple species wildflower strips sown within oilseed rape (*Brassica napus*) crops. Arthropod-Plant Interact. 12: 787-797. DOI: 10.1007/s11829-017-9567-8.

Jonsson, M., Bommarco, R., Ekbom, B., Smith, H.G., Bengtsson, J., Caballero-Lopez, B., Winqvist, C., dan Olsson, O. 2014. Ecological production functions for biological control services in agricultural landscapes. Methods Ecol Evol. 5: 243–252. DOI: 10.1111/2041-210X.12149.

Kai, L., Ping-yang, Z., Zhong-xian, L., Gui-hua, C., Jing-ming, Z., Yao-bing, L., dan Yan-hui, L. 2017. Effects of sesame nectar on longevity and fecundity of seven Lepidoptera and survival of four parasitoid species commonly found in agricultural ecosystems. J Integr Agric. 16(11) 2534-2546. DOI: 10.1016/S2095-3119(17)61665-4.

Kalshoven LGE. 1981. The Pest of Crops in Indonesia. van der Laan PA, penervisi dan penerjemah. Jakarta (ID): PT. Ichtiar Baru-Van Hoeve. Terjemahan dari De Plagen van de Cultuurgewassen in Indonesia.

Laba, I.W. dan Trisawa, I.M. 2006. Pengelolaan ekosistem untuk pengendalian hama lada.

Perspektif. 5(2): 86-97.DOI: 10.21082/p.v5n2.2006.%25p.

Laba, I.W., Kilin, D., dan Trisawa, I.M. 2004. Tingkat kerusakan dan serangan hama buah lada, *Dasynus piperis* China pada pertanaman lada di Bangka. J Entomol Indonesia. 1(1): 34-40.DOI: 10.5994/jei.1.1.34.

Lewis, W.J., Stapel, J.O., Cortesero, A.M., dan Takasu, K. 1998. Understanding how parasitoids balance food and host needs: Importance to biological control. Biol Control. 11(2): 175-183. DOI: 10.1006/bcon.1997.0588.

Lunau, K., Ren, Z.-X., Fan, X.-Q., Trunschke, J., Pyke, G.H., dan Wang, H. 2020. Nectar mimicry: a new phenomenon. Sci Rep. 10(7039): 1-11. DOI: 10.1038/s41598-020-63997-3.

Mahadi, N.A., Yusof, T.A.A., dan Mat, M. 2020. Effect of different honey concentrations on survival, longevity and reproduction of *Trichospilus pupivorus* (Hymenoptera: Eulophidae), a parasitoid of coconut black-headed caterpillar, *Opisina arenosella* (Lepidoptera: Oecophoridae). J Agric Sc. 12(10): 57-66. DOI: 10.5539/jas.v12n10p57.

Mahanani, A.P., Ramazayandi, R., dan Suryana, J. 2020. Pengenalan sistem refugia pada lahan pertanian di Desa Jalaksana, Kabupaten Kuningan. JPIM. 2(4): 591-595.

Miall, J.H., Abram, P.K., Cappucino, N., dan Mason, P.G. 2018. Effects of floral resources on the efficacy of a primary parasitoid and a facultative hyperparasitoid. J Appl Entomol. 143(7): 776-786. DOI: 10.1111/jen.12608.

Munir, S., Dosdall, L.M., dan Keddie, A. 2018. Selective effects of floral food sources and honey on life-history traits of a pest-parasitoid system. Entomol Exp Appl. 166(6): 500-507. DOI: 10.1111/eea.12695.

Muth, F., Breslow, P.R., Masek P., dan Leonard, A.S. 2018. A pollen fatty acid enhaces learning and survival in bumblebees. Behav Ecol. 29(6): 1371-1379. DOI: 10.1093/beheco/ary111.

Nepi, M., Soligo, C., Nocentini, D., Abate, M., Guarnieri, M., Cai, G., Bini, L., Puglia, M. Bianchi, L., Pacini, E. 2012. Amino acids and protein profile in floral nectar: much more than a simple reward. Flora. 207: 475–481. DOI: 10.1016/j.flora.2012.06.002.

Pacelhe, F.T., Costa, F.V., Neves, F.S., Bronstein, J., Mello, M.A.R. 2019. Nectar quality affects ant aggressiveness and biotic defenseprovided to plants. Biotropica. 51: 196– 204. DOI: 10.1111/btp.12625.

Patt, J.M. dan Rohrig, E. 2017. Laboratory evaluations of the foraging success of *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) on flowers and extrafloral nectaries: potential use of nectar plants for conservation biological control of Asian Citrus Psyllid (Hemiptera: Liviidae). Flo Entomol. 100(1): 149-156. DOI: 10.1653/024.100.0121.

Quicke, D.L. 1997. Parasitic Wasps. Chapman & Hall. New York. 492 pp.

Rohimatun dan Laba, IW. 2013. Efektivitas minyak serai wangi dan cengkeh terhadap hama pengisap buah lada (*Dasynus piperis* China). Bul Littro. 24(1): 26-34. DOI: 10.21082/bullittro.v24n1.2013.%25p.

Stevenson, P.C, Nicolson, S.W., dan Wright, G.A. 2016. Plant secondary metabolites in nectar: impacts on pollinators and ecologival functions. Funct Ecol. 31(1): 65-75. DOI: 10.1111/1365-2435.12761. Trisawa, I.M. 2005. Biologi dan Parasitisasi *Anastatus dasyni* Ferr. (Hymenoptera: Eupelmidae) pada Telur *Dasynus piperis* China (Hemiptera: Coreidae) di Bangka. Tesis. Institut Pertanian Bogor.

Trisawa, I.M. 2011. Kajian Ekologi Parasitoid *Anastasus dasyni* FERR. (Hymenoptera; Eupelmidae) sebagai Dasar Pengendalian Hayati Kepik Pengisap Buah Lada *Dasynus piperis* China (Hemiptera: Coreidae). Disertasi. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. 104 hlm.

Trisawa, I.M., Rauf, A., dan Kartosuwondo, U. 2007. Biologi parasitoid *Anastatus dasyni* Ferr. (Hymenoptera; Eupelmidae) pada telur *Dasynus piperis* China (Hemiptera; Coreidae). J Hayati. 14(3): 81-86. DOI:10.4308/hjb.14.3.81.

Vannette, R.L. dan Fukami, T. 2017. Dispersal enhances beta diversity in nectar microbes. Ecol Lett. 20(7): 901-910. DOI: 10.1111/ele.12787.

Vogel, S. 1998. Remarkable nectaries: structure, ecology, organophyletic perspectives IV. Miscellaneous cases. Flora. 193(3): 225-248. DOI: 10.1016/S0367-2530(17)30844-7.

Webster, B., dan Cardé, R. T. 2017. Use of habitat odour by host-seeking insects. Biol Rev 92(2), 1241-1249. DOI: 10.1111/brv.12281.

Zhu, P., Zheng, X., Xie, G., Chen, G., Lu, Z., dan Gurr, G. 2019. Relevance of the ecological traits of parasitoid waps and nectariferous plants for conservation biological control: a hybrid meta-analysis. Pest Manag Sci. 76: 1881-1892. DOI: 10.1002/ps.571.

Dampak Aplikasi Pupuk Organik Terhadap Efisiensi Insektisida Nimba Dalam Pengendalian Tungau *Phyllocoptruta Oleivora* Pada Jeruk Keprok Di IP2TP Kliran

Rudi Cahyo. W.[1*], Otto Endarto[1], Susi Wuryantini[1]

[1]Balai Penelitian Tanaman Jeruk dan Buah Subtropika
Jl. Raya Tlekung No.1, Junrejo-Kota Batu (0341) 592683 kode pos 65301
*Alamat korespondensi: rudicahyo@gmail.com

ABSTRAK

Salah satu komoditas buah unggulan di IP2TP Kliran adalah jeruk keprok yang merupakan salah satu komoditas buah ungulan IP2TP Kliran dalam mendukung ketersedian pangan. Untuk memperoleh ketersediaan pangan yang cukup diperlukan pemanfaatan sumberdaya lokal secara baik. Dengan menggali potensi bahan di sekitar kita seperti mikroorgaisme dan agen hayati. Penelitian bertujuan untuk mempelajari kombinasi pupuk kandang dalam efisiensi pengendalian tungau *Phyllocoptruta Oleivora* pada tanaman jeruk. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan dua faktor, yaitu: Faktor satu jenis pupuk kandang, P0.kontrol, P1.pukan sapi, P2. pukan kambing. Faktor dua jenis Agen hayati A0.Kontrol, A1.PGBR, A2.trichoderma, A3.EM-4 dengan 4 kali ulangan. Hasil penelitian menunjukan kombinasi pupuk kandang kambing dengan Trichoderma berpengaruh terhadap penurunan populasi dan intensitas serangan hama tungau pada tanaman jeruk. Hama tungau penyebab burik buah jeruk dapat terkendalikan hingga populasi 1,51 ekor/bauh, dan intensitas serangan berkisar di 12,10 %/tanaman.

Kata kunci: Agens hayati, Pupuk kandang, Jeruk, Tungau.

PENDAHULUAN

Jeruk keprok merupakan salah satu komoditas buah unggulan Instalasi Penelitian dan Pengkajian Teknologi Pertanian (IP2TP) Kliran, yang merupakan salah satu Unit Pelaksana Teknis lingkup Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Dalam menghasilkan produk buah jeruk pemium, IP2TP Kliran banyak bertumpu pada pasokan internal berupa bahan-bahan pengendali alami sebagai alternatif pengendalian Organisne Pengganggu Tanaman (OPT), sekaligus mengurangi dampak negatif penggunaan bahan sintetik kimia. Pasokan internal yang digunakan seperti pupuk kandang, agens hayati dan pestisida nabati.

Salah satu kendala dalam budidaya tanaman jeruk yaitu adanya seranga OPT. Tungau karat jeruk (TKJ) *Phyllocoptruta oleivora* merupakan salah satu spesies hama penting dalam famili Eriophyidae, yang menyebabkan kerusakan buah jeruk (Van Leeuwen, *et al*., 2010). Tungau TKJ menyerang banyak jenis jeruk dan kerusakannya mencapai 70% (Gerson, 2003; Vacante, 2010). Pengendalian umumnya dilakukan dengan aplikasi pestisida sintetik kimia yang bila dilakukan tanpa terkendali dan dalam jangka panjang menyebabkan perubahan populasi hama, dan membahayakan musuh alami (Ibrahim, *et al*., 2000; Oliveira, *et al*., 2004; Lima, *et al*., 2016). Teknologi pengendalian tungau melalui Pengelolaan Hama Terpadu (PHT) merupakan salah satu upaya dalam pengelolaan hama menuju produk yang sehat dan ramah lingkungan. Dengan mengimplementasikan PHT pada setiap tahapan budidaya seperti pemanfaatan agens hayati, perbaikan kompos, dan atau pestisida nabati merupakan tindakan prefentif dalam prinsip PHT (Moraes, *et al*., 2002)

Pupuk kandang dapat dimanfaatkan sebagai alternatif mengurangi pemakaian pupuk kimia, dengan menambahkan aktifator akan menjadi pupuk kandang plus. Rowen, *et al*., (2019) melaporkan bahwa efek pupuk kandang dapat meningkatkan kesuburan tanaman jeruk, ketahanan herbivora dan pengendalian hama. Salah satu aktifator kompos yaitu EM4. Mariatna, M, dkk., (2019) pengaruh bio aktivator EM4 dapat meningkatkan kandungan N,P, dan K menjadi semakin tinggi. Untuk menghasilkan tanaman yang sehat dan tidak mudah terserang hama dapat menambahkan biostimulan, seperti Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) atau trichoderma pada tanaman. Intensitas serangan OPT pada tanaman cabe dapat menurun hingga 89,92% dan produksi meningkat setelah di aplikasi PGPR dengan konsentrasi 10 ml/l. Aplikasi PGPR pada konsentrasi 10 ml/L dapat menurunkan intensitas serangan OPT hingga 89,92%, dan meningkatkan produksi pada tanaman cabai (A'yun, *et al*., 2013). Manfaat trichoderma sebagai agen pengendali hayati memiliki mekanisme antagonis dalam menghambat pertumbuhan patogin antara lain kompetisi, parasitisme, dan antibiosis (Purwantisari. dkk., 2009). Pemanfaatan pestisida alami merupakan Teknologi pengelolaan hama ramah lingkungan dan

ekologis dapat memanfaatkan pestisida alami. Pestisida alami dari tanaman mimba dapat dijadikan pilihan dalam pengendalian OPT. Efektifitas mimba dapat mengendalikan berbagai spesies serangga hama (Schmutterer, *et al*., 2002; Khan, M., *et.al*, 2007)

Teknologi pengendalian hama dengan pemanfaatan berbagai agens hayati melalui pengelolaan hama terpadu memiliki arti penting dalam mendukung pertanian berkelanjutan secara multilateral. Menurut Mariyono, (2008) pengelolaan hama terpadu merupakan penggabungan teknik pengendalian dalam satu kesatuan pengelolaan. Berdasarkan hal tersebut sangatlah penting untuk melakukan peningkatan hasil produksi buah jeruk berkualitas premium dan bebas dari serangan hama. Penelitian bertujuan untuk mempelajari kombinasi pupuk kandang dalam efisiensi pengendalian tungau *Phyllocoptruta Oleivora* di tanaman jeruk.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan di Kebun Percobaan IP2TP Kliran, mulai dari bulan Januari hingga Juli 2020.

Dalam penelitian ini bahan yang digunakan adalah tanaman jeruk milik IP2TP Kliran, pupuk kandang sapi dan pupuk kandang kambing yang diperoleh dari peternak sekitar, PGPR dan Trichoderma didapatkan dari STPP Malang, sedangkan EM4 didapatkan dari toko pertanian setempat.

Metode penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok Faktorial dengan 2 faktor (1. Pupuk kandang, 2. Mikroorganisme). Perlakuan terdiri dari 6 kombinasi dan 1 sebagai kontrol, kemudian diulang sebanyak 4 kali, penggunaan pestisida nabati berbasis mimba sebagai tambahan dalam pengendalian hama, kombinasi perlakuan penelitian sebagai berikut:

(P0A0) = Kontrol pupuk kandang tanpa tambahan
(P1A1) = Pukan sapi + PGPR
(P1A2) = Pupkan sapi + Trichoderma
(P1A3) = Pukan sapi + EM4
(P2A1) = Pukan kambing + PGPR
(P2A2) = Pukan kambing + Trichoderma
(P2A3) = Pukan kambing + EM4

Tanaman jeruk keprok yang digunakan berumur 7 tahun, ditanam dengan jarak 4 x 4 meter pada lahan seluas sekitar 1 ha, tiap perlakuan diberikan sebanyak 25 kg/pohon/kombinasi. Jumlah tanaman per plot adalah 70 tanaman, sehingga jumlah total menjadi 490 tanaman jeruk. Unit pengambilan sampel adalah 10 tanaman jeruk pada tiap perlakuan dengan menggunakan metode destruktif. Pengamatan dilakukan secara langsung dengan menghitung populasi hama tungau pada buah jeruk. Pengamatan dilakukan setiap periode umur buah.

Parameter yang diamati yaitu kepadatan populasi tungau *P. oleivora* dan intensitas serangan (IS) dihitung mengacu pada rumus dari Pedigo & Buntin (2003) yaitu:

$$I = \frac{\Sigma (ni \times vi)}{N \times Z} \times 100\%$$

Keterangan :
I = Intensitas serangan (%)
ni = Jumlah buah yang terserang hama
vi = Besar skala serangan
Z = Nilai skala tertinggi dari kategori serangan yang ditetapkan
N = Jumlah buah yang diamati

Nilai skala intensitas serangan hama *P. oleivora* dilhitung berdasarkan persentase kerusakan tanaman Mardji, D., (2003).

Tabel 1. Nilai skala intensitas serangan

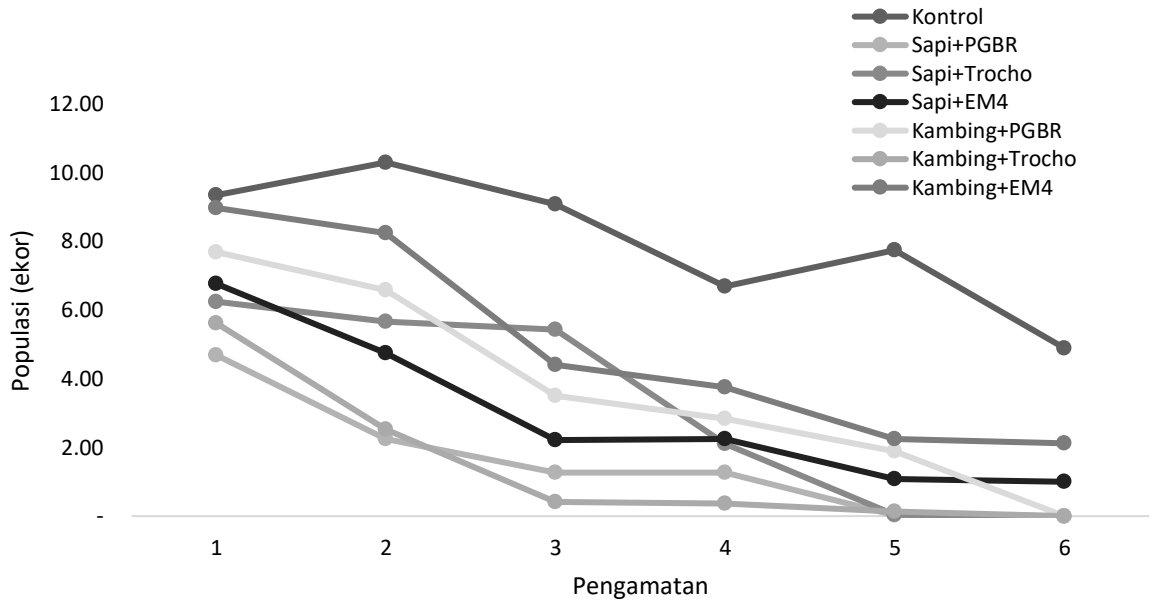
Skor	Skala Kerusakan Buah %
0	Buah tidak terserang
1	0 - 25
2	26 -50
3	51 - 75
4	76 -Keatas

Untuk melihat perbedaan populasi dan intensitas serangan hama *P. oleivora* pada kombinasi perlakuan pupuk kandang dan mikroorganisme pada tanaman jeruk, data hasil pengamatan di analisisis ragam dengan *Analysis of variance* (Anova). Keseluruhan analisis ragam tersebut dilakukan menggunakan perangkat lunak Minitab 17.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Populasi hama tungau *P. oleivora* pada buah jeruk

Hasil pengamatan menunjukan bahwa rerata populasi tungau *P. oleivora* pada tanaman jeruk dengan perlakuan kombinasi pupuk kandang kambing dan Trichoderma (P2A2) (1,51 ekor/buah contoh) dan kombinasi pupuk kandang sapi dengan PGPR (P1A1) (1,58 ekor/buah contoh) secara signifikan lebih rendah dibanding dengan perlakuan lain. Tingkat serangan tertinggi ditemukan pada perlakuan kontrol (4,95 ekor/buah contoh). (Gambar 1).



Gambar 1. Rata rata populasi tungau *Phyllocoptruta oleivora*

Diduga tingginya populasi hama tungau *P. oleivora* pada kontrol disebabkan oleh tidak diberikan aplikasi bahan aktifator atau stimulan pada pupuk kandang. Penambahan agen hayati pada pupuk kandang dapat meningkatkan kesehatan tanaman. Kesehatan tanaman akan sangat perpengaruh terhadap ketahanan tanaman terhadap serangan OPT dalam hal ini tungau *P. oleivora*. Selain sebagai pengurai trichoderma juga dapat berfungsi sebagai stimulator untuk meningkatkan petumbuhan dan kesehatan tanaman. Hasil penelitian Romi, S., (2019) menunjukkan bahwa Trichoderma mampu meningkatkan pertumbuhan dan kesehatan tanaman. Hal tersebut disebabkan oleh penyerapan unsur hara yang optimal, karena bertambahnya jumlah percabangan akar lateral. Santosa, dkk., (2016) menambahkan peningkatan unsur hara yang berimbang dapat menghasilkan pertumbuhan tanaman yang baik.

Rata rata perbandingan populasi hama tungau *P. oleivora* pada perlakuan pukan+trichoderma dan pukan+PGPR tidak berbeda nyata. Hal tersebut menunjukkan bahwa dengan aplikasi pupuk kandang sapi atau kambing ditambah Trichodema atau PGPR dapat membatu menjaga kesehatan tanaman dalam meningkatkan ketahanan terhadap serangan OPT. Prasetyo dan Hidayanto, (2016) menjelaskan jika tanaman sehat tidak mudah mengalami serangan OPT, tanaman mampu bertahan dan memberikan hasil yang baik. Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) berfungsi meningkatkan pertumbuhan dan produktivitas tanaman. Zat pengatur tumbuh yang di produksi oleh PGPR dapat meningkatkan serapan nutrisi oleh tanaman (Kloepper, 2004).

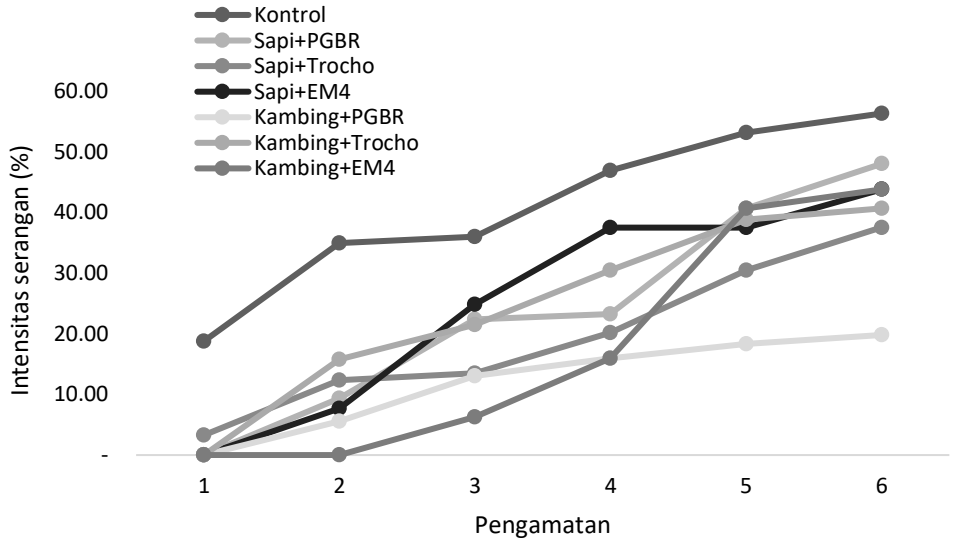
Secara umum, populasi serangan hama tungau *P. oleivora* lebih rendah pada perlakuan pupuk kandang yang mengandung agen hayati dibanding dengan kontrol. Diduga hal ini terjadi karena adanya peranan agen hayati trichoderma maupun PGPR dalam perkembangan fisiologi tanaman. Baset, M., *et. al*., (2010) menjelaskan kemampuan PGPR dalam menghasilkan fitohormon dapat menambah nutrisi dalam tanah untuk pertumbuhan tanaman. Hormon yang dihasilkan oleh PGPR seperti Giberelin (Gac) dan Indole 3-Acetic Acid berfungsi sebagai proses pertumbuhan tunas, kambium, dan buah. (Singh, 2013).

Intensitas serangan hama Phyllocoptruta oleivora pada buah jeruk

Hasil pengamatan menunjukan bahwa rerata intensitas serangan tungau *P. oleivora* pada perlakuan kombinasi pupuk kandang kambing dan PGPR (P2A1) (12,10 %) lebih rendah dibanding dengan kombinasi perlakuan lainya, sedangkan intensitas tertinggi terjadi pada perlakuan kontrol (40,97%) (Gambar 2).

Intensitas serangan dipengaruhi oleh kepadatan populasi hama tungau *P. oleivora*, semakin tinggi kepadatan populasi hama maka intensitas serangan akan tinggi pula. Intensitas serangan pada perlakuan P1A2 dan P2A1 dalam kriteria sedang. Intensitas kerusakan yang disebabkan oleh tunagu *P. oleivora* pada buah jeruk beragam, menyebabkan galls, blister, russeting, bronzing dan silvering pada struktur buah jeruk. Meningkatnya intensitas serangan (gambar 2) tidak diikuti oleh peningkatan populasi tungau (gambar 1), hal ini dikarenakan intensitas serangan hama tungau merupakan akumulasi dari seringnya hama tungau merusak jaringan kulit buah jeruk. Kerusakan ini berkembang karena perubahan fisiologis buah jeruk. Penurunan populasi tungau pada akhir pengamatan

diduga karena adanya pengendalian bahan nabati mimba yang diaplikasikan, sehingga dapat menyebabkan penurunan populasi dan intensitas serangan tungau.



Gambar 2. Rata rata intensitas tungau *Phyllocoptruta oleivora*

SIMPULAN

Kombinasi pupuk kandang Kambing dengan Trichoderma memberikan respon positif terhadap populasi hama tungau *Phyllocoptruta oleivora* pada tanaman jeruk. Hama tungau penyebab burik buah jeruk dapat terkendalikan hingga populasi 1,51 ekor pada perlakuan P2A2. Intensitas serangan tungau *Phyllocoptruta oleivora* pada perlakuan kombinasi pupuk kandang kambing dan PGBR (P2A1) dapat ditekan hingga 12,10%

Kombinasi pupuk kandang Kambing dengan Trichoderma dan PGBR dapat meningkatkan kesehatan tanaman dalam pengelolaan serangan hama, dengan perbaikan organ baru dan pertumbuhan yang sehat, sehingga tanaman dapat mempertahankan diri dari serangan hama.

Budidaya jeruk yang sehat, merupakan bagian dari pengendalian hama terpadu. Implementasi PHT pada tiap tahapan budidaya sebagai strategi memadukan tehnologi pengelolaan hama berbasis kesehatan tanaman, sehingga dihasilkan tanaman yang sehat, dan hasil produksi baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Saya ucapkan terimakasih kepada Kepala Balitjestro dan Yantek yang telah memberikan dana untuk penelitian ini. Tak lupa juga saya sampaikan terimakasih kepada Hadi Muhamad Yusuf, Rizki Arya Yudistira, dan Nur Rohman Santoso sebagai tenaga teknis yang telah banyak membantu saya dalam pelaksanaan kegiatan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

A'yun, K. Q., Hadiastono, T., & Martosudiro, M. (2013). Pengaruh penggunaan PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria) terhadap intensitas TMV (Tobacco mosaic virus), pertumbuhan, dan produksi pada tanaman cabai rawit (Capsicum frutescens L.). *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan*, *1*(1), pp-47.

Baset, M., Shamsuddin, Z. H., Wahab, Z., & Marziah, M. (2010). Effect of plant growth promoting rhizobacterial (PGPR) inoculation on growth and nitrogen incorporation of tissue-cultured'musa'plantlets under nitrogen-free hydroponics condition. *Australian Journal of Crop Science*, *4*(2), 85.

De Moraes, G. J. (2002). Use of predatory mites for the control of eriophyid mites. In *Proceedings of the International Workshop on Coconut mite (Aceria guerreronis), January 6-8, 2000*. Coconut Research Institute.

Gerson, U., Smiley, R. L., & Ochoa, R. (2003). *Mites (Acari) for pest control* (Vol. 558). Oxford: Blackwell Science.

Ibrahim, E. H., Sherman, G., Ward, S., Fraser, V. J., & Kollef, M. H. (2000). The influence of inadequate antimicrobial treatment of bloodstream infections on patient outcomes in the ICU setting. *Chest*, *118*(1), 146-155.

Khan, M., Hossain, M. A., & Islam, M. S. (2007). Effects of neem leaf dust and a commercial formulation of a neem compound on the longevity, fecundity and ovarian development of the melon fly, Bactrocera cucurbitae (Coquillett) and the oriental fruit fly, Bactrocera dorsalis (Hendel)(Diptera: Tephritidae). *Pakistan*

Journal of Biological Sciences, *10*(20), 3656-3661.

Kloepper, J. W., Ryu, C. M., & Zhang, S. (2004). Induced systemic resistance and promotion of plant growth by Bacillus spp. *Phytopathology*, *94*(11), 1259-1266.

Lima, D. B., Melo, J. W., Gondim, M. G., Guedes, R. N., & Oliveira, J. E. (2016). Population-level effects of abamectin, azadirachtin and fenpyroximate on the predatory mite Neoseiulus baraki. *Experimental and Applied Acarology*, *70*(2), 165-177.

Mardji, D. (2003). Identifikasi dan penanggulangan penyakit pada tanaman Kehutanan. *Pelatihan Bidang Perlindungan Hutan di PT ITCI Kartika Utama, Samarinda*.

Mariyono, J. (2008). The impact of integrated pest management technology on insecticide use in soybean farming in Java, Indonesia: two models of demand for insecticides. *Asian Journal of Agriculture and Development*, *5*(1362-2016-107695), 43-55.

Meriatna, M., Suryati, S., & Fahri, A. (2019). Pengaruh Waktu Fermentasi dan Volume Bio Aktivator EM4 (Effective Microorganisme) pada Pembuatan Pupuk Organik Cair (POC) dari Limbah Buah-Buahan. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, *7*(1), 13-29.

Oliveira, S., & Pijoan, C. (2004). Haemophilus parasuis: new trends on diagnosis, epidemiology and control. *Veterinary microbiology*, *99*(1), 1-12.

Pedigo LP, Buntin GD. 2003. *Handbook of Sampling Methods for Arthropods in Agriculture*. London-Tokyo

Prasetyo, W. B., & Hidayanto, M. (2016, July). Kajian ketahanan beberapa VUB kedelai terhadap serangan hama pemakan daun di kabupaten Kutai Timur. In *Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Pertanian. Banjarbaru* (Vol. 20).

Purwantisari, S., & Hastuti, R. B. (2009). Uji antagonisme jamur patogen Phytophthora infestans penyebab penyakit busuk daun dan umbi tanaman kentang dengan menggunakan Trichoderma spp. isolat lokal. *Bioma*, *11*(1), 24-32.

Romi, S. (2019). *Aplikasi Cendawan Endofit untuk Pengendalian Myzus persicae Sulz.(Hemiptera: Aphididae) dan Peningkatan Pertumbuhan Tanaman Cabai (Capsicum annuum L.)* (Doctoral dissertation, Universitas Andalas).

Rowen, E., Tooker, J. F., & Blubaugh, C. K. (2019). Managing fertility with animal waste to promote arthropod pest suppression. *Biological Control*, *134*, 130-140.

Santosa, S. J. (2017). Pengaruh konsentrasi ekstrak teh dan macam media terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman terong di polybag. Joglo, 28(2).

Schmutterer, H. & R. P. Singh. 2002. List of insect pests susceptible to neem products, *pp. 411-456*. In H. Schmutterer [ed.], The Neem Tree, Azadirachta indica A. Juss. and Other Meliaceous Plants: Sources of Unique Natural Products for Integrated Pest Management, Medicine, Industry and Other Purposes, 2nd edition, *Neem Foundation, Mumbai, India*.

Singh, J. S. (2013). Plant growth promoting rhizobacteria; Potential microbes for sustainable agriculture. *Resonance*, *18*(3), 275-281.

Vacante, V. (2010). *Citrus mites: identification, bionomy and control*. CABI, 371p.

Van Leeuwen, T., Vontas, J., Tsagkarakou, A., Dermauw, W., & Tirry, L. (2010). Acaricide resistance mechanisms in the two-spotted spider mite Tetranychus urticae and other important Acari: a review. *Insect biochemistry and molecular biology*, *40*(8), 563-572.

.

Serangga sebagai Bahan Makanan dalam Menjaga Ketahanan Pangan

Sri Endah Nurzannah*, Muainah Hasibuan, Evawati Sri Ulina, Khadijah EL Ramija, Deddy Romulo Siagian

Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Sumatera Utara
*sriendahn8@gmail.com

ABSTRAK

Tantangan dalam mewujudkan ketahanan pangan semakin hari semakin sulit, terlebih perubahan iklim dan populasi manusia yang meningkat akan berimbas terhadap lingkungan. Kelangkaan air, hutan, lahan pertanian, perikanan, dan sumber daya keanekaragaman hayati, nutrisi dan energi menjadi permasalahan yang akan dihadapi puluhan tahun ke depan. Salah satu solusinya dengan menjadikan serangga sebagai bahan pangan. Beberapa daerah di Indonesia mengkonsumsi serangga merupakan hal yang tidak layak sehingga potensi yang dimiliki serangga tidak termanfaatkan secara maksimal. Makalah ini bertujuan untuk memberikan informasi tentang jenis-jenis serangga yang dapat digunakan sebagai bahan makanan dan kandungan gizi yang terdapat di didalam serangga, mengetahui dan memahami manfaat yang diperoleh dari kebiasaan memakan serangga (entomopaghy) dalam memenuhi kebutuhan nutrisi yang dibutuhkan masyarakat. Beberapa jenis serangga seperti pupa ulat sutera, belalang, dan jangkrik memiliki kandungan protein yang tinggi sehingga sangat potensial untuk dimanfaatkan sebagai alternatif sumber protein dalam upaya mencegah masalah malnutrisi dan meningkatkan konsumsi makanan bergizi.

Kata Kunci: Gizi, Ketahanan Pangan, Protein, Serangga

ABSTRACT

The challenge in realizing food security is increasingly difficult, especially climate change and an increasing population will have an impact on the environment. Scarcity of water, forests, land, fisheries, and resources for biodiversity, nutrition and energy are problems that will be faced for decades to come. One solution is to make insects as food. Some areas in Indonesia consume insects is not feasible so that the potential of insects is not utilized optimally. This paper aims to provide information about the types of insects that can be used as food ingredients and the nutritional content contained in insects, knowing and understanding the benefits obtained from eating insects (entomopaghy) in meeting the nutritional needs of the community. Several types of insects such as silkworm pupae, grasshoppers, and crickets have a high protein content, so it has the potential to be used as an alternative protein source in an effort to prevent malnutrition and increase consumption of nutritious food.Keywords: Nutrition, Food Security, Protein, Insects.

Keywords: Nutrition, Food Security, Protein, Insects

PENDAHULUAN

Serangga merupakan salah satu kelompok hewan terbesar di dunia. Kelompok ini telah diidentifikasi sebanyak 1 juta jenis dan terdapat lebih dari 70 % dari seluruh jenis hewan (Scaraffia & Miesfeld, 2013). Serangga mempunyai banyak manfaat bagi kehidupan. Di bidang ekosistem serangga telah disebut sebagai spesies kunci (Fellows, 2013). Di bidang pertanian, serangga berperan sebagai penyerbuk berbagai tanaman berbunga (Putra & Sulistiyowati, 2015, Sulistiyowati & Putra, 2016). Di bidang pangan, serangga telah menghasilkan berbagai produk jadi ataupun setengah jadi untuk kemudian dapat diolah menjadi bahan baku makanan manusia (Belluco *et al*., 2013, Scaraffia & Miesfeld 2013, Sentana, 2013, Van Huis, 2015, Girsang, 2018) dan lebih dari 1900 serangga memiliki potensi sebagai sumber pangan global.

Komite keamanan pangan dunia (CFS) menegaskan tentang adanya empat pilar ketahanan pangan, yaitu (1) tersedia cukup melimpah jumlahnya, artinya mudah dibudidayakan. (2) mudah didapat, tidak memerlukan akses perjalanan yang jauh. (3) mudah memanfaatkannya, dan (4) memiliki kandungan nutrisi yang baik (CFS, 2009). Bila melihat pada serangga, maka keseluruhan hal ini dapat dipenuhi. Dalam sudut

pandang nutrisi, serangga mengandung banyak protein dan asam amino esensial bagi tubuh dan pada beberapa serangga lebih baik bila dibandingkan sumber protein konvensional seperti daging sapi dan udang (Siswoyo *et al*., 2008, Erniwati, 2012, Latunde-Data *et al.*, 2016, Osimani, *et al.*, 2016, Paul *et al*., 2016). Protein berperan penting dalam kelangsungan hidup manusia. Efek samping akibat kekurangan protein dalam waktu yang lama yaitu dapat menurunkan daya tahan tubuh terhadap berbagai penyakit. Pola konsumsi pangan negara – negara maju yaitu pola konsumsi protein hewani yang tinggi. Pada negara berkembang, dimensi kelaparan seperti yang digambarkan indeks kelaparan global yaitu akibat dari kekurangan konsumsi protein hewani (Pakpahan, 2018).

Mengkonsumsi serangga yang disebut dengan istilah *entomophagy*, bukanlah merupakan hal yang baru bagi dunia termasuk Indonesia. Terdapat beberapa makanan Indonesia berbahan dasar dari serangga seperi jangkrik goreng, ulat sagu, larva tawon, kepompong dan rempeyek laron dari jawa timur. Di daerah tropis dengan meningkatnya konsumsi serangga akan mengakibatkan meningkatnya penangkapan serangga, Perlu dibangun peternakan serangga akan suplai serangga sebagai bahan pangan dapat terus berkelanjutan sehingga serangga lebih beragam dan bebas pestisida (Van Huis & Oonincx, 2017). Hal ini menjadi dasar dari penelitian ini yang mencari informasi terkait jenis serangga yang berpotensi digunakan sebagai bahan makanan dan kandungan gizi yang terdapat didalam serangga, mengetahui dan memahami manfaat yang diperoleh dari kebiasaan memakan serangga dalam memenuhi kebutuhan nutrisi baik protein maupun gizi yang dibutuhkan masyarakat.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini berupa studi pustaka yang diperoleh dari beberapa sumber yaitu , jurnal-jurnal di bidang kehutanan, pertanian, Perpustakaan Badan Penelitian, Pengembangan, dan Inovasi Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan serta sumber dari e-journal dan majalah ilmiah. Studi pustaka ini dilaksanakan pada tahun 2021.

Penelusuran pustaka dengan menggunakan search engine google. Kata kunci yang digunakan berbahasa Indonesia dan Inggris antara lain: serangga, hama, potensi pemanfaatan, kandungan protein, pangan, insect, edible, entomophagy, nutritional and protein. Hasil penelusuran tersebut kemudian dipilih berdasarkan kategori dari tulisan yang ditemukan. Tulisan-tulisan dari blog dan berita tidak digunakan dalam analisis/proses review. Tulisan/ karya tulis ilmiah kemudian dianalisis secara tabulasi terutama untuk memperoleh gambaran jenis yang telah dimanfaatkan, kandungan gizi dan protein, daerah-daerah pemanfaatan, jenis serangga hama dan potensi pemanfaatan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

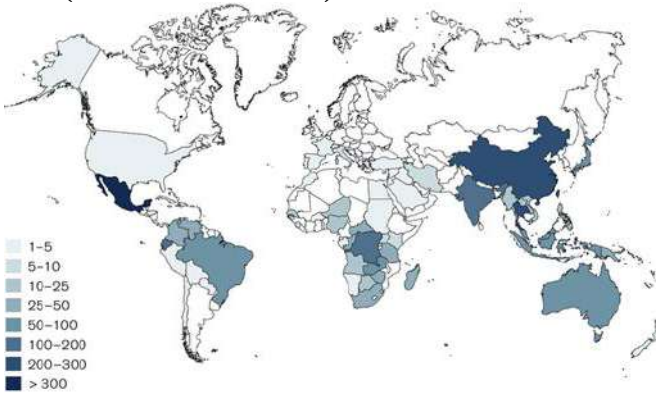
Budaya *Entomophagy*

Istilah ‘Entomophagy’berdasarkan kamus Oxford menyatakan bahwa Entomofagi adalah suatu praktek dari memakan serangga yang dilakukan oleh manusia. Kegiatan mengonsumsi serangga sampai saat ini masih menjadi perdebatan apalagi soal normalitas. Penggunaan istilah entomophagy menggunakan Bahasa Inggris dan juga di negara Eropa merupakan istilah yang baru. Pada awal abad ke 17, Aldrovandi’s ‘De animalibus Insects’ mengemukakan informasi mengenai penggunaan serangga sebagai bahan pangan dan hal tersebut menjadi sinyal permulaan dari era baru entomologi ‘new age of entomology’, namun pada saat itu tidak disebutkan istilah entomophagy (Evans *et al*., 2015).

Di Indonesia, hal ini bukan merupakan hal baru karena banyak makanan di Indonesia yang menggunakan serangga sebagai bahan dasar seperti jangkrik goreng dari Ciamis, ulat sagu yang banyak dikonsumsi oleh masyarakat Papua, larva tawon, kepompong jati goreng dan rempeyek laron dari Jawa Timur. Entomopaghy atau praktek memakan serangga menjadi penting karena akan menjadi solusi untuk mengatasi kelaparan dan memenuhi kebutuhan gizi manusia. Menurut FAO, pada tahun 2050 kebutuhan terhadap pangan semakin meningkat disebabkan jumlah penduduk dunia akan mencapai 9,8 miliar orang, Oleh karena itu, serangga diprediksi sebagai salah satu alternatif terbaik, untuk memenuhi kebutuhan manusia terhadap pangan. Mengkonsumsi serangga tidak hanya bertujuan untuk mengenyangkan, tapi bahan serangga ini juga dapat memenuhi unsur penting yang dibutuhkan oleh tubuh dan bersifat menyehatkan.

Berdasarkan hasil observasi, sekitar 2000 spesies serangga yang dapat dimakan atau biasa disebut *edible insects*. Menghimpun data dari *edible insects* tersebut pada dasarnya masih dirasa sulit karena masih banyak yang mempergunakan nama lokal (*ethnospecies*) bahkan pada spesies yang sama. Dengan mempergunakan nama latin, Peneliti dari Wageningen University and Research (WUR) mendapatkan informasi mengenai jumlah spesies serangga yang dapat di konsumsi. Penelitian tersebut berdasarkan studi literatur pada Negara Barat dan negara beriklim sedang / *temperate*. Pada tahun 2002 terdapat sekitar 1900 spesies serangga yang teridentifikasi sebagai *edible insects* (Van Huis *et al.*, 2013*)*. Perkiraan jumlah *edible insects* di Africa yaitu 250 spesies; Meksiko terdapat 177 spesies; Cina terdapat 170 spesies; Thailand terdapat 164 spesies; dan 428 spesies serangga di

Amazon (Gambar 1). Namun untuk penelitian mengenai *edible insects* ini di Indonesia belum banyak dilakukan, sehingga data kurang terinformasi secara baik (Van Huis *et al.*, 2013).



Gambar 1. Distribusi jumlah serangga yang dapat dikonsumsi (*edible insects*) di seluruh dunia (Jongema, 2012)

Serangga yang paling banyak dikonsumsi berasal dari ordo Coleoptera yaitu sebanyak 31%. Selebihnya berasal dari ordo Lepidoptera sebesar 18%, Hymenoptera sebesar 14%, Orthoptera sebesar 13%, Hemiptera sebesar 10%, Isoptera sebesar 3%, Odonata sebesar 3%, Diptera sebesar 2%, dan berasal dari Ordo lain sebesar 5% (Gambar 2) (Jongema 2012). Secara global yang paling banyak dikonsumsi adalah golongan kumbang, hal ini menjadi sesuatu yang tidak mengherankan lagi karena Coleoptera mempunyai proporsi sekitar 40% diantara Ordo lainnya. Konsumsi dari larva Lepidoptera sangat popular di sub-sahara Afrika. Lebah, tawon, dan semut dari Ordo Hymenoptera sangat popular di Amerika Latin. Orthoptera yang banyak dikonsumsi adalah jenis belalang dan jangkrik. Serangga Lepidoptera yang paling banyak dikonsumsi adalah pada fase larva, sedangkan Hymenoptera dikonsumsi sebagian besar pada fase larva atau pupa. Coleoptera banyak dikonsumsi baik pada fase imago maupun larva. Selain itu, Orthoptera, Hemiptera, Isoptera sebagian besar dikonsumsi pada fase dewasa.

Berdasarkan hasil survey Hartmann & Siegrist (2017), keinginan masyarakat Eropa untuk memakan serangga sangat rendah. Studi pada masyarakat Belgia menyebutkan bahwa hanya 19% masyarakat yang disurvey berkeinginan mengganti protein mereka dengan serangga sebagai subtitusi pengganti daging (Verbeke, 2015). Hal yang sama juga ditemukan pada survey masyarakat Jerman dimana keinginan mengganti serangga sebagai sumber alternative protein juga rendah (Hartmann *et al.* 2015). Jika responden bisa memilih, mereka akan cenderung lebih menyukai produk makanan yang bebas dari serangga (de Boer *et al.*, 2013). Sebagai contoh pada survey di Belanda hanya 4% yang memilih makanan ringan berbahan dasar serangga. Laki-laki cenderung bereaksi positif terhadap serangga sebagai pangan daripada wanita. Terlepas dari masalah gender, tidak ada faktor sosio-demografik yang telah diidentifikasi berpengaruh dalam penerimaan serangga sebagai pangan (de Boer *et al.*, 2013).

Serangga Sebagai Sumber Pangan

Serangga dapat menjadi sumber protein, zat besi, magnesium dan nutrisi lain seperti halnya daging merah. Beberapa jenis serangga seperti belalang dan rayap dapat menjadi hama pada tumbuhan padi dan palawija, pada saat tertentu jumlahnya sangat banyak ditemukan. Serangga dalam jumlah banyak tersebut dapat ditangkap dengan mudah dan diolah menjadi makanan .

Serangga merupakan sumberdaya yang mempunyai hubungan erat dengan manusia. Namun serangga lebih dikenal sebagai hewan yang merugikan karena berperan hama pada tanaman pertanian maupun kehutanan. Pada kondisi lingkungan tertentu, serangga hama akan berkembang dengan pesat sehingga populasinya meningkat dan dapat dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai makanan. Beberapa daerah di Indonesia memanfaatkan serangga sebagai sumber pangan dengan kearifan lokal masing-masing daerah tersebut (Tabel 1).

Tabel 1. Serangga potensial sebagai bahan pangan

Jenis Serangga	Jenis Hama	Bagian yang dimanfaatkan	Daerah
Belalang	Pemakan Daun	Seluruh bagian	Sebagian daerah di P. Jawa
Jangkrik	Pemakan Daun	Seluruh bagian	Beberapa daerah di Indonesia
Embung Jati	Pemakan Daun Jati	Seluruh bagian	Pesisir P. Jawa
Rayap	Pemakan Daun	Anak Rayap	Seluruh Indonesia
Ulat Sagu	Pemakan Batang Sagu	Seluruh bagian dan sebagai makanan ternak	Maluku dan beberapa daerah di Indonesia

Serangga yang biasa dikonsumsi oleh masyarakat yaitu ulat sagu, belalang, jangkrik, semut terbang, rayap, lebah/tawon dan kumbang air raksasa yang memiliki kandungan nutrisi tinggi. Kusmaryanti (2005) melakukan penelitian terhadap kandungan protein yang terdapat dalam belalang diperoleh bahwa protein dalam belalang jauh lebih tinggi daripada tepung udang. Tepung belalang kayu mempunyai nilai protein yang lebih tinggi dari udang windu. Kandungan protein dalam belalang hampir setara dengan sepotong dada ayam yang berukuran 100 gram, tetapi dengan lemak yang lebih banyak dan dapat dijadikan sebagai tambahan pada formulasi mie instan yang memiliki kandungan protein tinggi (Asthami *et al*., 2016). Berikut disajikan komposisi gizi beberapa jenis serangga yang digunakan sebagai bahan pangan (Tabel 2-4).

Tabel 2. Komposisi gizi jenis-jenis serangga yang dapat digunakan sebagai bahan pangan (per 100 gram bagian yang dapat dimakan)

Jenis Serangga	Energi (kkal)	Air (%)	Protein (%)	Lemak (%)	Karbo (%)	Serat (%)
Semut Terbang						
a. Betina	-	60	3	9.5	-	-
b. Jantan	-	60	10.1	1.3	-	-
Kumbang	192	56.2	27.1	3.7	11.2	6.4
Larva Kumbang Kelapa						
a. Mentah	86	81.1	10.6	2.7	4.2	2.8
b. Kering	430	9.1	52.9	15.4	16.9	5.4
Jangkrik						
a. Mentah	117	76	12.7	5.3	2.9	2.9
Belalang						
a. Mentah	170	62.7	26.8	3.8	5.5	2.4
b. Kering	420	7.6	62.2	10.4	15.8	0
Rayap						
a. Mentah	356	44.5	20.4	28	4.2	2.7
b. Kering	656	1.7	35.7	54.3	3.5	-

Sumber: Girsang, 2018

Tabel 3. Kandungan Protein Pada Serangga

No	Jenis Serangga	Tingkat Pertumbuhan	Kandungan Protein (%)
1	Cleoptera: Kumbang	Dewasa, larva	23-66
2	Lepidoptera: Ngengat, Rayap	Kepompong, larva	14-68
3	Hemipter: Kepik	Dewasa, larva	42-76
4	Homoptera: Wereng, kutu daun	Dewasa, larva, telur	45-57
5	Hymnoptera: Lebah, semut	Dewasa, kepompong, larva, telur	13-77
6	Odonata: Capung	Dewasa, muda	46-65
7	Orthoptera: Belalang, Jangkrik	Dewasa, muda	23-65

Sumber: Tienchu *et al*., 2017

Tabel 4. Perbandingan Kandungan Protein Pada Kelompok Hewan Serangga dan Ikan

Kelompok Hewan	Jenis Hewan	Tingkat Pertumbuhan	Kandungan protein/100 gr (%)
Serangga (mentah)	Belalang	Larva	14-18
		Dewasa	13-28
	Ulat Sutera	Dewasa	10-17
	Ulat Kelapa/ Sagu	Larva	7-36
	Larva Kumbang	Larva	14-25
	Jangkrik	Dewasa	8-25
	Rayap	Dewasa	13-28
Ikan	Ikan bersirip	Ikan Nila	16-19
		Ikan kembung	16-28
		Ikan lele	17-28
	Crustacea	Lobster	17-19
		Udang (Malysia)	16-19
		Udang	13-27
	Molusca	Sotong	15-18

Serangga Potensial Sebagai Bahan Pangan

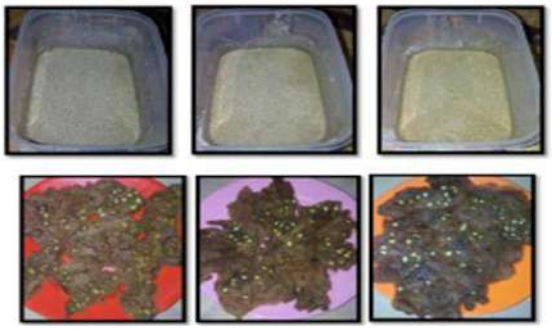
a. Belalang

Belalang kayu dengan nama latin *Melanoplus cinereus* yang termasuk ordo Orthoptera merupakan serangga berwarna hijau atau coklat berkaki belakang lebih panjang yang dipakai untuk loncat memiliki sumber protein yang lebih baik dibandingkan ayam, sapi, maupun babi dengan kadar kolesterol dan lemak yang sangat rendah (Paul *et al*., 2016).

Belalang mengandung nutrisi yang baik yaitu 62,20 g/100g protein, 10,40 g/100g lemak 15,80 g/100g karbohidrat, 30,48 mg/100 g vitamin E, 61,98 mg/100 g tembaga, 0,71 mg/100 g zink, 217,72 mg/100g sodium, 169,65 mg/100g potasium, 719,940 mg/100g magnesium, 154,430 mg/100g zat besi, 1841 mg/100g kalsium, dan 21,56 mg/100g mangan (Ali *et al*., 2010; Blásquez *et al*., 2012).

Belalang merupakan binatang serangga yang lebih sering di anggap sebagai hama dan bukan bahan makanan bergizi. Di beberapa daerah, mengkonsumsi belalang identik dengan kemiskinan. Di beberapa negara, seperti Zimbabwe dan Etiopia belalang sudah menjadi makanan rakyat dengan mengolahnya menjadi tepung sebagai bahan kue karena rasanya mirip dengan udang. Bahkan bagi banyak warga di negara Afrika, belalang termasuk serangga yang penting sebagai sumber protein (Van Huis, 2015).

Berdasarkan hasil penelitian Nasution (2016) tentang uji daya terima dan kandungan gizi rempeyek kacang hijau yang ditambahkan tepung belalang kayu, rempeyek yang paling disukai berdasarkan uji organoleptik terhadap warna, rasa, dan aroma adalah campuran tepung belalang kayu 20% dan tepung tapioka sebesar 20%. Sedangkan untuk tekstur yang paling disukai adalah rempeyek dengan campuran tepung belalang kayu sebanyak 30% dan tepung tapioka sebanyak 10%. Hasil analisis kandungan gizi rempeyek menunjukkan kandungan protein paling tinggi sebesar 19,00% (tepung belalang 30%), lemak 29,80% (tepung belalang 20%, karbohidrat 41,70% (tepung belalang 25%) (Gambar 2).



Gambar2. Rempeyek kacang hijau dengan penambahan tepung belalang kayu (Nasution, 2016).

b. Jangkrik

Jangkrik bermanfaat untuk keseimbangan alam dan dapat dibudidayakan untuk kepentingan manusia diantaranya sebagai hewan peliharaan, sumber pakan hewan lainnya dan dapat digunakkan sebagai nutrisi tambahan media bakteri. Sertifikasi daging jangkrik telah ditetapkan oleh Majelis Ulama Indonesi (MUI) No.Kep.139/MUI/IV/2009 yang ditandatangi oleh Prof KH.Ibrahim Husen, Mag yang menyatakan bahwa jangkrik adalah binatang serangga sejenis belalang serta dapat diambil manfaatnya sebagai bahan pangan, sebagai obat dan kosmetik. Jangkrik termasuk binatang halal sepanjang tidak menimbulkan bahaya. Kandungan-kandungan ini diketahui sangat baik bagi kesehatan manusia pada umumnya, bahkan bagi bayi dan balita.

Jangkrik mengandung protein sebanyak 65 %, asam amino yang cukup lengkap, 23 % lemak diantaranya asam lemak esensial omega-3 dan omega-6. Asam lemak esensial yaitu lemak yang tidak dapat disintesis oleh tubuh, sehingga harus selalu ada dalam produk pangan yang kita konsumsi setiap hari dan jangkrik mengandung hormon steroid (esterogen, progesteron dan testosteron). Hormon tersebut biasa diproduksi pada manusia (Septiani, et. al, 2020

c. Rayap

Rayap termasuk dalam ordo Isoptera, sangat mudah ditemukan di tempat-tempat sekitar pohon atau kayu. Persebarannya yang luas sehingga tidak sulit menemukan rayap di tempat-tempat tertentu. Ditinjau dari segi ekonomis, rayap merupakan salah satu hama perusak kayu dan sangat merugikan manusia. Meskipun begitu, hama ini ternyata mengandung banyak nutrisi terutama protein hewani yang sangat tinggi sehingga dapat dimanfaatkan sebagai sumber pangan oleh penduduk pribumi di beberapa daerah tropika dalam bentuk laron.

Spesies rayap yang banyak digunakan sebagai bahan makanan adalah Glyptotermes montanus. Penelitian telah membuktikan bahwa rayap Glyptotermes montanus mengandung protein sebesar 14,2 persen dari berat basah tubuh atau 55,7 persen dari berat kering tubuh.

Kandungan protein rayap tersebut ternyata berbeda jauh dari tabel di atas. Kandungan yang tinggi tersebut merupakan sumber protein hewani tinggi yang dapat dmanfaatkan sebagai menyuplai gizi masyarakat yang kekurangan protein hewani. Kekurangan protein hewani sering terjadi di masyarakat pengungsi atau korban bencana alam. Protein hewani sebagai

pembentuk jaringan atau bagian tubuh, meningkatkan pertumbuhan, membentuk sel darah, dan dapat menambah energi (Firdausi, *et al*., 2011).

d. Ulat Sagu

Ulat sagu dikonsumsi di Papua dan Maluku. Ulat gemuk berwarna putih dengan kepala hitam kemerahan ini diambil dari dalam batang pohon sagu yang telah tumbang. Saat dimakan mentah, ada rasa asam dan cairan yang keluar dari tubuhnya. Setelah disatai dan dibakar, rasanya lebih gurih dengan kulit yang sedikit renyah. Mentah maupun matang, teksturnya tetap kenyal. Berdasarkan (Durst *et al*., 2010) menyatakan bahwa Rhynchophorus bilineatus merupakan serangga yang sering dikonsumsi di Papua. Larva digunakan sebagai makanan subsisten dan dijual di pasar tradisional (Gambar 3). Di Papua terdapat kearifan lokal dari pola konsumsi serangga serangga. dimana serangga tersebut dinamakan berdasarkan bahasa lokal, tradisi, dan habitat serangga. Di dataran rendah, populasi serangga ini mengalami penurunan karena hilangnya hutan sagu tidak seperti pada daerah pegunungan.

Gambar 3. Larva ulat sagu yang dijual di Pasar Sentani, Jayapura (Durst *et al*,. 2010).

SIMPULAN

1. Serangga berperan penting dalam memenuhi kebutuhan protein ataupun mineral yang dibutuhkan oleh manusia.
2. Serangga mengandung protein, lemak, nutrisi-nutrisi lain yang dibutuhkan untuk peningkatan kesehatan dan ketahanan pangan
3. Serangga dalam kondisi kering memiliki kandungan gizi yang lebih tinggi daripada dalam kondisi mentah.

DAFTAR PUSTAKA

Ali, A., Adji, M.B., Saidou, C., Aoudou, Y., and Tchiegang, C. 2010. Physico-chemical properties and safety of grasshoppers, important contributors to food security in the far north region of cameroon. Research Journal of Animal Science. 4(5): 108-111.

Asthami, N., Estiasih, T., dan Maligan, J.M. 2016. Mie Instan Belalang Kayu (Melanoplus Cinereus): Kajian Pustaka. Jurnal Pangan dan Agroindustri. 4(1): 238-244.

Belluco, S., Losasso, C., Maggioletti, M., Alonzi, C. C., Maurizio, G., Paoletti, and Antonia R. 2013. Edible Insects in a Food Safety and Nutritional Perspective: A Critical Review. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 12: 296-313.

Blásquez, J.R.E., Moreno, J.M.P., and Camacho, V.H.M. 2012. Could grasshoppers be a nutritive meal. Food and Nutrition Sciences. 3(1): 164-175.

CFS. 2009. 35th Session, Agenda Item III, Reform of the Committee on World Food Security (CFS). Final Version. Rome: FAO; 2009.

de Boer, J., Schösler, H., Boersema, J.J. 2013. Motivational differences in food orientation and the choice of snacks made from lentils, locusts, seaweed or “hybrid” meat. Food Quality and Preference. 28(1):32-35.

Durst, P.B., Johnson, D.V., Leslie, R.N., Shono, K. 2010. Forest insects as food: humans bite back. *RAP publication*.

Erniwati. 2012. Biologi jangkrik (Orthoptera : Gryllidae) Budidaya dan Peranannya. Fauna Indonesia. 5(1): 1 – 11.

Evans, J., Alemu, M., Flore, R., Frøst, M., Halloran, A., Jensen, A., Maciel-Vergara, G., Meyer-Rochow, V., Münke-Svendsen, C., and Olsen, S. 2015. ‘Entomophagy’: an evolving terminology in need of review. Journal of Insects as Food and Feed. 1(4):293-305.

Fellows, K. 2013. Pollinator Patch-Wild pollinators for Food Crops: Pollinator Canada

Firdausi, A.P., Solikhin, A., dan Pranata, A.W. 2011. Diversifikasi Pangan dari Hama Hutan : Rayap Kayu Basah (Glyptotermes montanus Kemner) sebagai Alternatif Pangan Pascabencana di Indonesia. Program Kreativitas Mahasiswa, 14 hal.

Girsang, P. 2018. Serangga, solusi pangan masa depan. Jurnal Pembangunan Perkotaan. 6(2): 69-76.

Hartmann, C., Shi, J., Giusto A., and Siegrist, M. 2015. The psychology of eating insects: A cross-cultural comparison between Germany and China. Food quality and preference 44:148-156.

Hartmann, C and Siegrist, M. 2017. Insects as food: perception and acceptance. Findings from current research. Ernahrungs Umschau. 64(3):44-50.

Jongema, Y. 2012. List of edible insect species of the world. Wageningen, Laboratory of Entomology, Wageningen University.(available atwww. ent. wur. nl/UK/Edible+ insects/Worldwide+ species+ list/).

Kusmaryani. 2005. Prospek Tepung Belalang Kayu (Melanoplus Cinereus) Sebagai Alternatif Sumber Protein Hewani Bagi Kesehatan Masyarakat. Tesis. Universitas Negeri Semarang.

Latunde-Data, G.O., Yang, W., and Aviles, M.V. 2016. in Vitro Iron Ability from Insects and Sirloin Beef. Journal of Agriculture and Food Chemistry. 64(44): 8420-8424.

Nasution, L.M. 2016. Uji daya terima rempeyek kacang hijau yang dimodifikasi dengan tepung belalang kayu. Skripsi. Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Sumatera utara.

Osimani, A, Garofalo, C., and Milanovic, V. 2006. Insight into the proximate composition and microbial diversity of edible insect marketed in the european Union. Eur Food Res Technol. 243(7): 1157-1171.

Pakpahan, A. 2018. Pergeseran dalam Indeks Kelaparan Global 2000-2017 : Implikasi terhadap kebijakan Pertanian, Pangan dan Kualitas Sumber Daya Manusia, Pusat Sosial Ekonomi dan Kebijakan Pertanian.

Paul, A., Frederich, M., and Megido, R.C. 2016. Grasshopper as food source a review. Biotechnology, Agronomy, Society, and Environment. 20(1): 337- 352.

Putra, R.E dan Sulistiyowati, T.I. 2015. Potency of local insects pollinators of dragon fruit (Hylocereus undatus). Proceeding of The 5th Annual Basic Science International Conference. 5: 99-101.

Scaraffia, P. Y., and Miesfeld, R.L. 2013. Insect Biochemistry/ Hormones. Encyclopedia of Biological Chemistry: Second Edition (2nd ed). Elsevier Inc. http ://doi.org/10.1016/B978-0-12-378630-2.00093-1

Sentana, S. 2013. Kepompong ulat daun jati sebagai sumber gizi alternatif lokal di gunung kidul. Jurnal Penelitian dan Pengembangan. 5(8): 105-113.

Septiani, R., Arumsari, A., dan Rusnadi. 2020. Pemanfaatan tepung jangkrik sebagai nutrisi manusia, hewan, dan media pertumbuan bakteri. Prosiding Farmasi. 6(2): 450-455.

Siswoyo dan Sailah, I. A. 2008. Kajian pengembangan usaha budidaya jangkrik sebagai bahan baku industri (studi kasus di Daerah Istimewa yogyaYarta). Jurnal MPI. 3 (2), 64 – 71.

Sulistiyowati, T.I, dan Putra, E.P. 2016. Perilaku serangga pengunjung buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*). Prosiding Seminar Nasional from Basic Science to Comprehensive Education: 205-212.

Tienchu, Bernard and Hilaire Womeni. 2017. Entomopaghy: Insects As Food, Intech Open Science Open Minds. Chapter 10: 234-253.

Van Huis, A. 2015. Edible insects contributing to food security Agriculture & Food Security. 4(20): 1–9.

Van Huis, A., Itterbeeck, J.V., Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Muir, G., and Vantomme, P. 2013. Edible insects. Future prospects for food and feed security. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 171 pp. doi:10.1017/CBO9781107415324.004.

Van Huis, A. and Oonincx, D.G.A.B. 2017. Th enviromental sustainabiliity of insect as food and feed. A Review Agron Sustain Dev. 37(43), 40-54.

Verbeke, W. 2015. Profiling consumers who are ready to adopt insects as a meat substitute in a Western society. Food Quality and Preference. 39:147-155.

Konservasi Musuh Alami Ulat Pemakan Daun Kelapa Sawit: Populasi Serangga Parasitika Berdasarkan Jaraknya terhadap Tanaman Berbunga

Yendra P Setyawan[1,2*], Andreas D Advento[1], Mohd Naim[1], Dedi Purnomo[1] dan **J-P Caliman[1]**

[1]Crop Protection Department, Smart Research Institute (Smartri)
[2]Alumni Program Studi Entomologi, Departemen Proteksi Tanaman, Institut Pertanian Bogor
*Alamat korespondensi: yendrapratama2@gmail.com

ABSTRAK

Upaya konservasi serangga parasitika pada perkebunan kelapa sawit dapat dilakukan dengan penanaman tanaman berbunga seperti *Antigonon leptopus* dan *Turnera* spp. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari keanekaragaman serangga parasitika pada jarak yang berbeda dari tanaman berbunga. Lokasi penelitian di Kebun Nenggala, PT. Ivo Mas Tunggal dan dilaksanakan pada bulan April 2019 – November 2020. Metode penelitian ini adalah rancangan acak kelompok lengkap dengan 4 ulangan serta setiap ulangan diwakili 1 blok. Terdapat 3 titik pengamatan pada setiap bloknya; jarak 1 m (dekat) dari tanaman berbunga, 50 m (sedang) dan 150 m (jauh) serta masing-masing titik berjarak 250 m. Observasi serangga parasitika dilakukan dengan menggunakan perangkap kuning (*yellow pan trap*) serta sensus ulat pemakan daun kelapa sawit (UPDKS) pada pohon yang berdekatan dengan pemasangan perangkap untuk mengetahui persentase ulat yang mati pada jarak yang berbeda dari tanaman berbunga. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kekayaan spesies dan kelimpahan individu serangga parasitika menunjukkan perbedaan pada setiap titiknya. Total kekayaan spesies tertinggi berada pada titik yang dekat dari tanaman berbunga (15 morfospesies) diikuti titik sedang (13 morfospesies) dan titik jauh (11 morfospesies). Kelimpahan individu tertinggi juga dimiliki titik yang dekat dengan tanaman berbunga (102 individu), sedang (62 individu) dan jauh (26 individu). Lebih lanjut lagi, persentase tertinggi ulat yang mati ada pada titik yang dekat (31.9%), selanjutnya titik yang sedang (26.5%) dan titik yang jauh (19.9%). Populasi serangga parasitika dan persentase UPDKS yang terinfeksi musuh alami akan menurun seiring dengan semakin jauh nya dari tanaman berbunga. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai dasar praktik agronomi untuk pengendalian hama terpadu secara berkelanjutan.

Kata kunci: *Antigonon leptopus*, ulat kantong, UPDKS, parasitoid, dan *Turnera* spp.

PENDAHULUAN

Salah satu jenis hama pada perkebunan kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) adalah ulat pemakan daun kelapa sawit atau UPDKS yang terdiri dari ulat kantong, ulat api dan ulat bulu (Susanto *et al.* 2012; Corley & Tinker 2015). Hama ini menjadi salah satu hama penting karena dapat mengakibatkan defoliasi dan terganggunya proses fotosintesis (Basri *et al.* 1995; Susanto *et al.* 2020) dan selanjutnya dapat menurunkan produksi kelapa sawit (Corley & Tinker 2015; Priwiratama *et al.* 2019). Metode pengendalian UPDKS yang sering dilakukan dan menunjukkan hasil yang cepat adalah dengan menggunakan insektisida. Akan tetapi, penggunaan insektisida tersebut dapat berdampak buruk bagi lingkungan dan organisme non-sasaran (Gradish *et al.* 2011; Prasetyo & Susanto 2019; Rozziansha *et al.* 2019; Setyawan *et al.* 2020). Salah satu alternatif pengendalian yang lebih ramah lingkungan adalah pengendalian biologis dengan cara pemanfaatan musuh alami.

Pengendalian UPDKS dengan musuh alami (predator, parasitoid dan patogen) merupakan salah satu strategi pengendalian hama terpadu (PHT) yang selain lebih ramah lingkungan juga bersifat keberlanjutan (Simpson *et al.* 2011; Martínez *et al.* 2013). Salah satu jenis musuh alami yang ada pada perkebunan kelapa sawit adalah serangga parasitika. Serangga ini memanfaatkan tubuh inangnya untuk menyelesaikan siklus hidupnya (Bell 1990; Speight *et al.* 1999). Pada fase dewasa serangga parasitika umumnya hidup dengan cara mengkonsumsi nektar bunga dan atau *extra-floral nectar* sebagai suplemen untuk mempertahankan kebugaran tubuhnya (Segoli & Rosenheim 2013; Tena *et al.* 2015) yang selanjutnya dapat membantu serangga tersebut untuk perkembangan.

Upaya konservasi musuh alami dapat dicapai dengan cara memanipulasi habitat dan kultur praktis dalam budidaya yang kemudian mampu menunjang perkembangan musuh alami (predator dan atau parasitoid) (Landis 2017). Upaya tersebut mencakup penanaman dengan cara polikultur (Hendges A *et al.* 2018), pengelolaan tanah tanpa pembajakan (Pearsons

& Tooker 2017), penggunaan insektisida yang selektif (Beers *et al.* 2016) serta penanaman tanaman berbunga pada area pertanaman (Ribeiro & Gontijo 2017).

Beberapa spesies tanaman berbunga yang dilaporkan dapat menarik serangga parasitika untuk berkoloni di perkebunan kelapa sawit adalah *Euphorbia heterophylla* (Euphorbiaceae), *Cassia cobanensis* (Leguminosae), *Crotalaria zanzibarica* (Fabaceae), *Hedyotis corymbosa* (Rubiaceae), *Ageratum conyzoides* (Asteraceae), *Antigonon leptopus* (Polygonaceae), dan *Asystasia intrusa* (Acanthaceae) (Prabawati *et al.* ; Sapian *et al.* 2011). Dari beberapa tanaman tersebut terdapat beberapa tanaman yang secara umum sering kita jumpai dalam praktik pengelolaan perkebunan kelapa sawit diantaranya *Antigonon leptopus* dan *Turnera* spp (*Turnerra subulata* dan *Turnera umnifolia*). Kedua jenis tanaman ini secara masif ditanam di sekeliling pertanaman kelapa sawit sebagai tanaman pinggiran (*hedgerows*), khususnya di daerah Sumatra dan Kalimantan.

Pada penelitian ini bertujuan untuk mengukur dan mengetahui keanekaragaman serangga parasitika yang diamati pada jarak yang berbeda dari tanaman berbunga yang ditanam pada sekeliling pertanaman kelapa sawit. Implikasi penelitian ini akan membantu dalam praktik-praktik budidaya kelapa sawit sebagai upaya konservasi musuh alami UPDKS untuk pengendalian hama terpadu yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan.

BAHAN DAN METODE

Rancangan penelitian

Metode penelitian ini adalah rancangan acak kelompok lengkap dengan 4 ulangan, untuk setiap ulangan diwakili oleh satu blok (luas masing-masing blok ±30 ha). Terdapat 3 titik pengamatan serangga parasitika untuk setiap bloknya dengan jarak yang berbeda dari tanaman berbunga.

Lokasi dan waktu penelitian

Lokasi penelitian ini dilaksanakan di Kebun Nenggala (NGLE) PT. Ivo Mas Tunggal (S 0.86985, E 101.23398) dan insectarium Departemen Proteksi Tanaman, Smartri Research Institute (Smartri). Penelitian ini dilaksanakan dari bulan April 2019 sampai November 2020. Penentuan blok pengamatan berdasarkan data serangan UPDKS yang secara historis populasi UPDKS selalu tinggi di blok tersebut. Untuk menyeragamkan kondisi di lapangan maka dipilihlah blok yang memiliki umur tanaman yang seragam yaitu tahun tanam pada November 2015.

Penanaman tanaman berbunga *Antigonon leptopus* dan *Turnera* spp.

Tanaman berbunga *Antigonon leptopus* dan *Turnera* spp. ditanam di sekeliling pertanaman kelapa sawit sesuai standar praktis budidaya di kebun tersebut. Penanaman itu dilakukan pada awal setelah penanaman kelapa sawit. Kedua jenis tanaman tersebut ditanam pada setiap bedeng (panjang bedeng ±2 m) di sekeliling blok. *Antigonon leptopus* ditanam sepanjang blok mulai dari sudut blok dan kemudian berselang setiap 250 m, sehingga total *Antigonon leptopus* dalam satu blok adalah 10 bedeng. Selanjutnya penanaman *Turnera* spp. dilakukan pada sekeliling blok dengan panjang bedeng ±2 m. penanaman dilakukan diantara bedeng *Antigonon leptopus.* Dalam penelitian ini perawatan dan penyisipan dilakukan pada blok-blok yang digunakan tersebut.

Pengamatan serangga parasitika

Untuk mengetahui keanekaragaman serangga parasitika digunakan perangkap kuning (*yellow pan trap*). Perangkap kuning (Ø 14 cm) didesain dengan memberikan lubang (1 cm x 2 cm) yang disertai jaring pada sisinya untuk mengantisipasi apabila terjadi hujan. Pemasangan perangkap dengan jarak yang berbeda secara diagonal yaitu pada jarak 1 m (kategori dekat) dari tanaman berbunga, 50 m (kategori sedang) dari tanaman berbunga dan 150 m (kategori jauh) dari tanaman berbunga serta jarak antar perangkap yaitu 250 m. Sehingga total perangkap yang digunakan adalah 12 perangkap serta pengamatan dilakukan setiap 3 bulan sekali.

Perangkap kuning dipasang dengan menggunakan tiang yang setinggi 1 m dan diisi dengan air sabun untuk mengurangi tegangan permukaan. Pemasangan perangkap dilakukan selama 3 hari serta pengambilan sampel dilakukan setiap 24 jam. Hal tersebut dilakukan untuk mengantisipasi terjadinya kehilangan sampel. Sampel serangga yang sudah terkoleksi dimasukan ke dalam alkohol 70% dan selanjutnya dibawa ke insectarium Smartri.

Sensus populasi ulat yang terparasiti

Pengamatan jumlah UPDKS yang mati (terinfeksi musuh alami) dilakukan dengan cara menarik pelepah menggunakan galah. Pelepah yang diamati adalah pelepah yang memiliki bekas serangan baru dan diperkirakan memiliki populasi UPDKS tinggi pada pohon tersebut. Pohon sampel yang digunakan adalah pohon yang berada di sekitar pemasangan perangkap tersebut yaitu pada kategori pohon yang dekat, sedang dan juga jauh dari tanaman berbunga. Ketiga sampel sampel pohon tersebut berjarak 250 m yang kemudian pohon-pohon tersebut akan membentuk

garis diagonal ke arah dalam blok. Pengambilan sampel UPDKS untuk dibawa ke insectarium juga dilakukan untuk mengetahui jenis musuh alami yang menginfeksi sehingga dapat diidentifikasi lebih lanjut.

Identifikasi serangga parasitika

Pemisahan dan identifikasi sampel serangga parasitika dilakukan hingga tingkat famili dengan menggunakan beberapa buku identifikasi Hymenoptera (Grissell & Schauff 1990; Goulet & Huber 1993; Gibson *et al.* 1997). Selanjutnya identifikasi dilakukan hingga tingkat morfospesies dan jika memungkinkan dilakukan hingga level genus atau spesies.

Analisis data

Hasil identifikasi serangga parasitika disajikan dalam data sheet *Pivot table* dengan menggunakan Microsoft Excel 2016. Pengujian homogenitas dan kenormalan data dilakukan sebelum dilakukan pengujian lebih lanjut. Transformasi data diperlukan apabila data awal tidak memenuhi asumsi homogenitas dan kenormalan data. Selanjutnya penyajian grafik dan analisis ragam menggunakan program GraphPad Prism 8.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Keanekaragaman serangga parasitika

Keanekaragaman serangga parasitika yang diambil menggunakan perangkap kuning pada ketiga titik secara keseluruhan berjumlah 190 individu, yang terdiri dari 27 morfospesies, 13 famili dari 2 ordo. Perangkap kuning yang memiliki total kekayaan spesies dan total kelimpahan individu yang tertinggi adalah perangkap dengan lokasi yang berada dekat (1 m) dari tanaman berbunga, 15 morfospesies dan 102 individu. Selanjutnya diikuti dengan perangkap yang berjarak sedang (50 m) dari tanaman berbunga yaitu 13 morfospesies dan 62 individu, untuk perangkap yang diletakkan paling jauh (150 m) dari tanaman berbunga memiliki kekayaan spesies 11 morfospesies dan 26 individu (Tabel 1).

Berdasarkan hasil analisis ragam didapatkan rata-rata kelimpahan individu serangga parasitika pada lokasi yang berada dekat dengan tanaman berbunga memiliki kelimpahan tertinggi kemudian diikuti perangkap pada jarak sedang dan jauh ($F=3.83$; $p=0.03$). Selanjutnya untuk rata-rata kekayaan spesies yang dijumpai pada lokasi yang dekat dengan tanaman berbunga juga memiliki nilai tertinggi apabila dibandingkan dengan lokasi sedang dan jauh dari tanaman berbunga ($F=10.61$; $p<0.01$) (Gambar 1).

Hal tersebut menunjukkan bahwa kelimpahan individu serangga parasitika yang berada dekat dengan tanaman berbunga berjumlah 4 kali lipat lebih tinggi apabila dingkan dengan lokasi yang ada jauh dari tanaman berbunga. Hasil yang sama juga dilaporkan oleh Sheteven *et al.* (2018) yang melaporkan, tingkat kepadatan populasi musuh alami (predator dan serangga parasitika) di perkebunan kelapa sawit akan semakin tinggi apabila berada lebih dekat dengan tanaman berbunga *T. subulata* dan *C. torra*. Hasil penelitian dari Sahari (2012) menunjukkan keberadaan tanaman *T. subulata* terbukti dapat mengundang beberapa Hymenoptera parasitika serta kelimpahan serangga parasitika akan meningkat apabila berada di dekat *T. subulata*. Lebih lanjut lagi tidak hanya populasi musuh alami saja yang meningkat tapi juga serangga polinator (Kurniawati & Martono 2015).

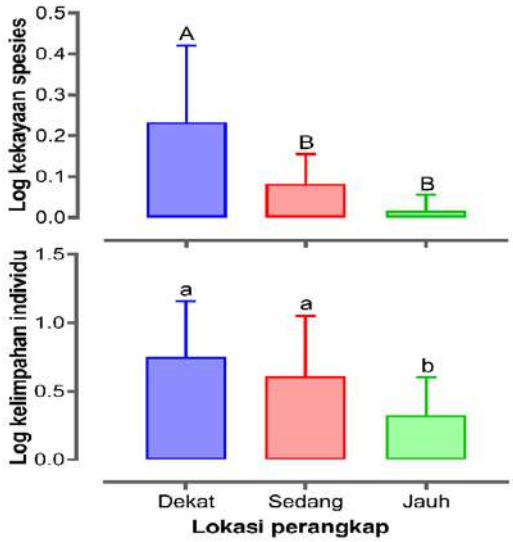
Tabel 1. Keanekaragaman serangga parasitika pada jarak yang berbeda dari tanaman berbunga. Kategori dekat (1 m), sedang (50 m) dan jauh (150 m).

Ordo	Super famili / Famili	Dekat			Sedang			Jauh		
		S	N	%	S	N	%	S	N	%
Diptera	Oestroidea Tachinidae	1	14	13.7	0	0	0.0	1	7	26.9
Hymenoptera	Ceraphronoidea Ceraphronidae	2	18	17.6	2	10	16.1	1	3	11.5
	Diapriidae	2	3	2.9	1	5	8.1	0	0	0.0
	Chalcidoidea Chalcididae	1	7	6.9	0	0	0.0	0	0	0.0
	Encrytidae	2	4	3.9	0	0	0.0	0	0	0.0
	Eulophidae	1	7	6.9	2	2	3.2	2	2	7.7
	Eurytomidae	0	0	0.0	0	0	0.0	1	1	3.8
	Mymaridae	1	1	1.0	2	9	14.5	1	1	3.8
	Pteromalidae	0	0	0.0	2	6	9.7	0	0	0.0
	Trichogrammatidae	1	44	43.1	1	27	43.5	1	2	7.7
	Ichneumonoidea Ichneumonidae	0	0	0.0	1	1	1.6	3	4	15.4
	Platygastroidea Platygastridae	2	2	2.0	1	1	1.6	1	6	23.1
	Scelionidae	2	2	2.0	1	1	1.6	0	0	0
Total		15	102	100	13	62	100	11	26	100

Keterangan: Kekayaan spesies (S), kelimpahan individu (N) dan kelimpahan relatif (%).

Famili serangga parasitika yang dijumpai pada setiap pengamatan menunjukkan dominasi yang berbeda untuk setiap jenis familinya. Pada perangkap yang dekat dengan tanaman berbunga didominasi oleh famili Trichogrammatidae (43.1%), Ceraphronidae (17.6%) dan Tachinidae (13.7%). Perangkap pada jarak yang sedang didominasi family Trichogrammatidae (43.5%), Ceraphronidae (16.1%) dan Mymaridae (14.5%). Selanjutnya untuk perangkap yang berada paling jauh dari tanaman bebunga didominasi oleh Tachinidae (26.9%), Platygastridae (23.1%) dan Ichneumonidae (15.4%). Secara keseluruhan terdapat 5 famili serangga parasitika yang memiliki kelimpahan relatif tertinggi yaitu Trichogrammatidae (38.4%) selanjutnya diikuti oleh Ceraphronidae (16.3%), Tachinidae (11.1%), Eupelmidae (5.8%) dan Mymaridae (5.8%).

Penelitian Saputra *et al.* (2017) menyebutkan dari total 26 famili Hymenoptera parasitika yang dijumpai di perkebunan kelapa sawit, terdapat beberapa famili yang memiliki kelimpahan tertinggi yaitu Scelionidae (24.5%), Braconidae (14.4%), Eulophidae (11.1%), Ceraphronidae (9.6%), dan Chalcididae (7.1%). Hasil yang sama juga dilaporkan oleh Putra *et al.* (2016) yang menyebutkan ada 26 famili serangga Hymenoptera parasitika yang didapatkan dari penelitian di Bogor, dengan dominasi tertinggi dimiliki famili Scelionidae yang selanjutnya diikuti oleh famili Braconidae, Eulophidae, Diapriidae, Mymaridae. Tingginya dominasi dari beberapa famili tersebut sangat erat kaitannya dengan keberadaan serangga yang menjadi inangnya (Saputra *et al.* 2017).

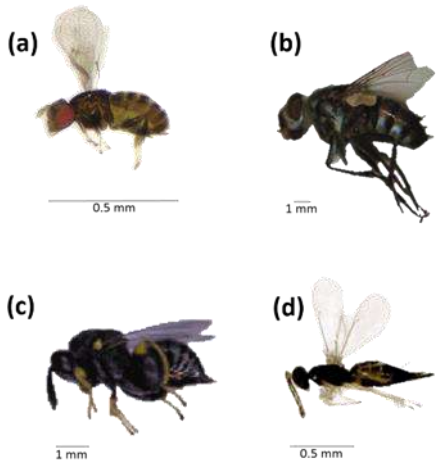


Gambar 1. Rata-rata kelimpahan individu dan kekayaan spesies pada perangkap kuning yang diletakkan dengan jarak berbeda-beda dari tanaman berbunga. Lokasi perangkap dekat (1 m), sedang (50 m) dan jauh (150 m) dari tanaman berbunga.

Serangga parasitika yang menginfeksi ulat pemakan daun kelapa sawit

Total 27 morfospesies yang didapatkan 4 spesies yang terkonfirmasi sebagai musuh alami untuk UPDKS. Empat serangga tersebut didapatkan pada saat melakukan pemeliharaan ulat sampel di laboratorium. Trichogrammatoidea sp.1 sebagai parasitoid ulat api *Setothosea asigna* dengan kelimpahan relatif tertinggi dari semua serangga parasitika yang didapat yaitu 38.4%. Selanjutnya terdapat 3 serangga parasitika yaitu Tachinidae sp.1 (11.1%), *Brachymeria* sp.1 (4.7%) dan Eulophidae sp.1 (4.3%) yang didapatkan menginfeksi ulat kantong *Clania tertia* (Gambar 2).

Hasil yang sama juga dilaporkan oleh peneliti yang lain, seperti Advento *et al.* (2012) yang melaporkan, terdapat beberapa serangga parasitika yang diketahui sebagai musuh alami dari *C. tertia* diantaranya *Brachymeria* sp. (Hymenoptera: Chalcididae), *Paraphylax* sp. (Hymenoptera: Ichneumonidae), *Pediobius* sp. (Hymenoptera: Eulophidae) dan Tachinidae sp. (Diptera: Tachinidae). Selain itu, terdapat spesies yang juga dilaporkan menginfeksi ulat kantong spesies *Metisa plana* yaitu *Brachymeria* sp. (Wan Abd Halim *et al.* 2018).



Gambar 2. Beberapa spesies serangga parasitika yang menginfeksi UPDKS. (a) Trichogrammatoidea sp.1, (b) Tachinidae sp.1, *Brachymeria* sp.1 dan Eulophidae sp.1

Hubungan serangga parasitika dengan tanaman berbunga

Tanaman berbunga *A. leptopus* dan *Turnera* spp. yang ditanam pada sekeliling pertanaman kelapa sawit terbukti dapat memperkaya musuh alami khususnya serangga parasitika. Tumbuhan berbunga dalam menarik kedatangan serangga parasitika dengan menggunakan karakter morfologi dan fisiologi dari bunga yaitu ukuran, bentuk, warna, keharuman, periode berbunga, serta kandungan nektar dan polen

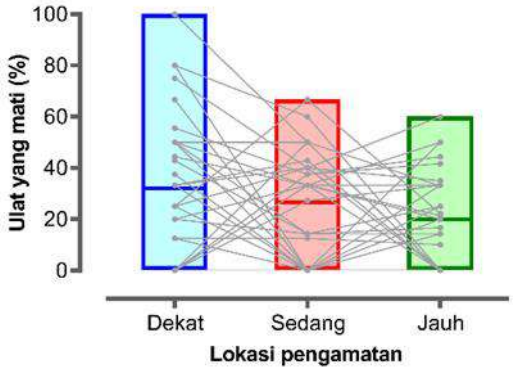
(Kurniawati & Martono 2015; Landis 2017; Gontijo 2018). Selanjutnya ketertarikan serangga parasitika untuk datang ke pertanaman menunjukkan adanya interaksi antara serangga dengan pertanaman. Interaksi tersebut salah satunya dengan adanya manfaat yang dapat diberikan oleh tanaman berbunga kepada serangga parasitika.

Peran tanaman berbunga tidak hanya menyediakan makanan alternatif (*non-pray food*) untuk keberlangsungan hidup musuh alami (Tena *et al.* 2015; Ribeiro & Gontijo 2017) tapi juga sebagai tanaman refugia (selter) dengan iklim mikro yang sesuai (Diehl *et al.* 2012). Pada pertanian monokultur tanaman refugia sangat berperan penting dalam menjamin keberlangsungan dan regenerasi serangga parasitika (Gardiner *et al.* 2009), hal tersebut dikarenakan pada pertanian monokultur memiliki kekurangan kondisi vegetasi untuk bernaung yang cukup sebagai pendukung perkembangan musuh alami apabila dibandingkan dengan pertanian polikultur (Van Lenteren & Bueno 2003).

Keberadaan tanaman refugia mungkin saja dapat memicu munculnya serangan serangga fitofag pada tanaman budidaya di dekatnya (Tscharntke *et al.* 2016). Serangga fitofag dapat mengkonsumsi nektar dan polen dari tanaman berbunga yang kemudian dapat meningkatkan populasi serangga fitofag di sekitar pertanaman. Penelitian dari Zhao *et al.* (1992) melaporkan bahwa adanya sumber pakan alternatif dari tanaman berbunga yang kemudian mampu mendukung regenerasi dan kemampuan terbang (Bigger & Chaney 1998) mengakibatkan meningkatnya jumlah serangga fitofag yang meletakkan telur dan berasosiasi pada tanaman budidaya.

Persentase ulat yang terinfeksi musuh alami

Berdasarkan pengamatan UPDKS yang terinfeksi musuh alami menunjukkan persentase ulat yang mati pada pohon sampel yang dekat dengan tanaman berbunga lebih tinggi (31.9%) apabila dibandingkan dengan pohon sampel yang berada pada jarak sedang (26.5%) dan jauh (19.9%) (Gambar 3). Akan tetapi hasil pengujian statistik menunjukkan hasil yang tidak signifikan dari ketiga lokasi tersebut (F=2.25; p=0.11). Sheteven *et al.* (2018) pada hasil penelitiannya menunjukkan, persentase ulat yang terparasiti akan semakin rendah (8.5%) pada jarak 100 m apabila dibandingkan dengan jarak 20 m dari *T. subulate* dan *C. tora* yang memiliki persen ulat terparasiti sebesar 61.1%.



Gambar 3. Persentase ulat yang mati per pelepah pada pohon sampel dengan jarak yang berbeda dari tanaman berbunga. Garis tengah menunjukkan nilai rata-rata serta garis bawah dan atas menunjukkan nilai minimum dan maksimum. Lokasi perangkap dekat (1 m), sedang (50 m) dan jauh (150 m) dari tanaman berbunga.

Pohon sampel yang dekat dengan tanaman berbunga memiliki persentase ulat mati, kekayaan spesies serta kelimpahan individu yang tinggi. Semakin tinggi populasi serangga parasitika pada suatu lokasi maka semakin tinggi pula persentase ulat yang terparasiti. Beberapa penelitian juga menunjukkan hubungan yang positif antara kepadatan populasi serangga parasitika dengan persentase inang yang terparasiti. Persentase parasitasi meningkat seiring dengan peningkatan populasi parasitoid (Damien *et al.* 2017; Gurr *et al.* 2017; Ribeiro & Gontijo 2017; Gontijo 2018). Selain itu Kamarudin dan Wahid (2010) juga menjelaskan keberadaan tanaman *C. cobanensis* pada perkebunan kelapa sawit dapat meningkatkan persentase parasitasi terhadap ulat kantong.

Mekanisme pengendalian hama pada suatu pertanaman dengan menggunakan musuh alami sangat bergantung pada kepadatan populasi musuh alami tersebut. Keberadaan bunga pada tanaman berbunga terbukti mampu mengundang populasi musuh alami. Landis *et al.* (2000) menyebutkan bahwa nektar dan juga polen diketahui secara signifikan sebagai atraktan untuk musuh alami. Hal tersebut juga didukung oleh penelitian Gurr *et al.* (2017) yang menunjukkan bahwa peningkatan keberadaan musuh alami meningkat setelah dilakukan penanaman tanaman berbunga. Hal tersebut bisa dijelaskan dengan mekanisme peningkatan keperidian, lama hidup dan juga keberlangsungan hidup musuh alami (Lu *et al.* 2014).

Upaya penanaman dan mempertahankan keberadaan tanaman berbunga pada praktik agronomi merupakan pilihan yang bijak dalam sistem pertanian yang berkelanjutan untuk menjaga keanekaragaman musuh alami. Keanekaragaman musuh alami dalam agroekosistem sebagai salah satu komponen pertanian diharapkan mampu mempertahankan kelengkapan

komponen rantai makanan, sehingga dapat menciptakan kestabilan ekosistem.

SIMPULAN

Kekayaan spesies dan kelimpahan individu serangga parasitika tertinggi berada pada lokasi yang berdekatan dengan tanaman berbunga *A. leptopus* dan *Turnera* spp., kemudian populasi serangga parasitika akan menurun seiring dengan semakin jauhnya dari tanaman berbunga. Pola yang sama juga terdapat pada persentase UPDKS yang terinfeksi oleh musuh alami, lokasi yang berada paling jauh dari tanaman berbunga memiliki persentase UPDKS mati yang paling rendah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih yang setinggi-tingginya kami ucapkan kepada Bapak Head of Upstream dan jajaran manajemen PT. SMART Tbk atas izin yang sudah diberikan. Terima kasih kepada seluruh rekan peneliti dan juga tim operator dari Crop Protection Department, Smartri.

DAFTAR PUSTAKA

Advento, A.D, Naim, M, Taofiq, S.M, Sudharto, PS, and Caliman J-P. 2012. Bagworm *Clani*a *tertia* Templ. (Lepidoptera: Psychidae): A new emerging pest in oil palm plantation in Indonesia. pp: 14-19. In: MPOB.

Basri, M.W, Kamarudin, N, and Hamdan, A.B. 1995. Natural enemies of the bagworm *Metisa plana* Walker (Lepidoptera: Psychidae) and their impact on host population regulation. Crop Protect. 14**:** 637-645.

Beers, E.H, Mills, N.J, Shearer, P.W, Horton, D.R, Milickzy, E.R, Amarasekare, K.G, and Gontijo, L.M. 2016. Nontarget effects of orchard pesticides on natural enemies: lessons from the field and laboratory. Biol Control. 102**:** 44-52.

Bell, I.F. 1990. Moths of Australia. CSIRO Publishing. Australia – Canberra.

Bigger, D, and Chaney, W. 1998. Effects of *Iberis umbellata* (Brassicaceae) on insect pests of cabbage and potential biological control agents. Environ Entomol. 27**:** 161-167.

Corley, R.H.V, and Tinker, P.B. 2015. Pests of the oil palm. pp: 437-459. In: The oil palm.

Damien, M, Lann, C.L, Desneux, N, Alford, L, Al-Hassan, D, Georges, R, and Van-Baaren J. 2017. Flowering cover crops in winter increases pest control but not trophic link diversity. Agric Ecosyst Environ. 247**:** 418-425.

Diehl, E, Wolters, V, and Birkhofer K. 2012. Arable weeds in organically managed wheat fields foster carabid beetles by resource- and structure-mediated effects. Arthropod Plant Inte. 6**:** 75-82.

Gardiner, M.M, Landis, D.A, Gratton, C, Difonzo, C.D, O'Neal, M, Chacon, J.M, Wayo, M.T, Schmidt, N.P, Mueller, E.E, and Heimpel, G.E. 2009. Landscape diversity enhances biological control of an introduced crop pest in the North-central USA. Ecol Appl. 19**:** 143-154.

Gibson, G, Huber, J, and Woolley J. 1997. Annotated Keys to the Genera of Nearctic Chalcidoidea (Hymenoptera). NRC Research Press. Canada – Ottawa.

Gontijo, L. 2018. Engineering natural enemy shelters to enhance conservation biological control in field crops. Biol Control. 130: 765-771.

Goulet, H, and Huber, J. 1993. Hymenoptera of the World: An Identification Guide to Families. Communications Group Canada – Ottawa.

Gradish, A, Scott-Dupree, C, Shipp, L, Harris, C, and Ferguson, G. 2011. Effect of reduced risk pesticides on greenhouse vegetable arthropod biological control agents. Pest Manage Sci. 67**:** 82-6.

Grissell, E, and Schauff, M. 1990. A Handbook of the Families of Nearctic Chalcidoidea (Hymenoptera). The Entomological Society of Washington. New York – Basel.

Gurr, G.M, Wratten, S.D, Landis, D.A, and You, M. 2017. Habitat management to suppress pest populations: progress and prospects. Annu Rev Entomol. 62**:** 91-109.

Hendges, A, Melo, J, Guimaraes, M, and Rabelo, J. 2018. Intercropping kale with culinary herbs alters arthropod diversity and hinders population growth in aphids. Hort Sci. 53**:** 44-48.

Kamarudin, N, and Wahid, M.B. 2010. Interactions of the bagworm *Pteroma pendula* (Lepidoptera: Psychidae) and its natural enemies in an oil palm plantation in Perak. J Oil Palm Res. 22**:** 758-764.

Kurniawati, N, dan Martono, E. 2015. Peran tumbuhan berbunga sebagai media konservasi arthropoda musuh alami. JPTI. 19**:** 53-59.

Landis, D. 2017. Designing agricultural landscapes for biodiversity-based ecosystem services. Basic Appl Ecol. 18**:** 1-12.

Landis, D.A, Wratten, S.D, and Gurr, G.M. 2000. Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. Annu Rev Entomol. 45**:** 175-201.

Lu, Z.X, Zhu, P.Y, Gurr, G.M, Zheng, X.S, Read, D.M, Heong, K.L, Yang, Y.J, and Xu, H.X. 2014. Mechanisms for flowering plants to benefit arthropod natural enemies of insect pests: prospects for enhanced use in agriculture. Insect Sci Appl. 21**:** 1-12.

Martínez ,O, Plata-Rueda, A, and Martínez L. 2013. Oil palm plantations as an agroecosystem: impact on

integrated pest management and pesticide use. pp 225-229. In: Outlooks on pest management.

Pearsons, K.A, and Tooker, J.F. 2017. In-field habitat management to optimize pest control of novel soil communities in agroecosystems. Insects. 8**:** **1**82-189.

Prabawati, G, Herlinda, S, Pujiastuti, Y, and Karenina, T. 2019. The role of wild flowering plants in conserving insect natural enemies in the lowland oil palm ecosystem of South Sumatera. J Sub Lands. 6**:** 78-86.

Prasetyo, A, dan Susanto, A. 2019. Pengaruh Insektisida terhadap Aktivitas dan Perkembangbiakan *Elaeidobius kamerunicus* Faust (Coleoptera: Curculionidae) pada bunga jantan kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.). J Pen Kelapa Sawit. 27**:** 13-24.

Priwiratama, H, Rozziansha, T, Susanto, A, and Prasetyo A. 2019. Effect of bagworm *Pteroma pendula* Joannis attack on the decrease in oil palm productivity. JHPT Tropika. 19**:** 101-107.

Putra, I.L.I, Pudjianto, dan Maryana N. 2016. Keanekaragaman Hymenoptera parasitoid pada perkebunan kelapa sawit PTPN VII Cindali, Bogor. JHPT Tropika. 16**:** 165-174.

Ribeiro, A.L, and Gontijo, L.M. 2017. Alyssum flowers promote the biological control of collard pests. BioControl. 62**:** 185-196.

Rozziansha, T.A.P, Prasetyo, A.E, Pradana, M.G, dan Susanto A. 2019. Keanekaragaman serangga pada kelapa sawit terpapar insektisida dalam jangka panjang. J Pen Kelapa Sawit. 27**:** 177-186.

Sahari, B. 2012. Komunitas parasitoid Hymenoptera pengunjung bunga *Turnera subulata* pada perkebunan kelapa sawit Kalimantan Tengah [Disertasi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.

Sapian, N, Lay, T, and Tey, C.C. 2011. Evaluation of beneficial plants as hosts for natural enemies of oil palm bagworms. pp: 11. In: PIPOC.

Saputra, H.M, Maryana, N, dan Pudjianto. 2017. Keanekaragaman Hymenoptera parasitika pada tipe ekosistem berbeda di Bangka Tengah, Kepulauan Bangka Belitung. JHPT Tropika. 17**:** 37-44.

Segoli, M, and Rosenheim J. 2013. Spatial and temporal variation in sugar availability for insect parasitoids in agricultural fields and consequences for reproductive success. Biol Control. 67**:** 163-169.

Setyawan, Y.P, Naim, M, Advento, A.D, Caliman, J.P. 2020. The effect of pesticide residue on mortality and fecundity of *Elaeidobius kamerunicus* (Coleoptera: Curculionidae). IOP Conference Series. 468**:**012020.

Sheteven, Tarmadja, S, dan Santi I.S. 2018. Kepadatan populasi musuh alami berdasarkan jarak tanaman sumber pakan. J Agromas. 3**:** 58-66.

Simpson, M, Gurr, G, Simmons, A, Wratten, S, James, D, Leeson, G, and Nicol H. 2011. Attract and reward: combining chemical ecology and habitat manipulation to enhance biological control in field crops. J Appl Ecol. 48**:** 580-590.

Speight, M, Hunter, M, and Watt, A. 1999. Ecology of insects: concepts and applications. Blackwell Scientific. England – Oxford.

Susanto, A, Prasetyo, A, Priwiratama, H, dan Syarovy, M. 2020. Laju fotosintesis pada tanaman kelapa sawit terinfeksi karat daun *Cephaleuros virescen*. J Fitopatol Indones. 16**:** 21-29.

Susanto, A, Prasetyo, A, Simanjuntak, D, Rozziansha, T, Priwiratama, H, Sudharto P.S, and Chenon, D. 2012. EWS Ulat Api, Ulat Kantong, Ulat Bulu di Perkebunan Kelapa Sawit. IOPRI. Indonesia – Medan.

Tena, A, Pekas, A, Cano, D, Wäckers F, and Urbaneja, A. 2015. Sugar provisioning maximizes the biocontrol service of parasitoids. J Appl Ecol. 52: 242-249.

Tscharntke, T, Karp, D, and Chaplin-Kramer, R. 2016. When natural habitat fails to enhance biological pest control – five hypotheses. Biol Conserv. 204: 321-327.

Lenteren, J, and Bueno, V.H.P. 2003. Augmentative biological control of arthropods in Latin America. Biocontrol Sci Technol. 48**:** 123-139.

Halim, W.N.M, Mohammad, D.A, Syed, A.S, and Rahim, N. 2018. Evaluation of infestation in parasitoids on *Metisa plana* in oil palm plantations in Peninsular Malaysia. Serangga. 22: 121-128.

Zhao, J.Z, Ayers, G.S, Grafius, E.J, and Stehr, F.W. 1992. Effects of neighboring nectar-producing plants on populations of pest Lepidoptera and their parasitoids in broccoli plantings. Great Lakes Entomol. 25**:** 253-258.

PEI-BANDUNG
PERHIMPUNAN ENTOMOLOGI INDONESIA
CABANG BANDUNG

ISBN 978-623-352-212-0

UNPAD PRESS