KETERTARIKAN PARASITOID *Diadegma semiclausum* Hellen (HYMENOPTERA: ICHNEUMONIDAE) PADA TANAMAN SAWI DENGAN BERBAGAI PELUKAAN

Oleh

CHOIRUL MAHDIANTO
105040213111018

MINAT HAMA DAN PENYAKIT TUMBUHAN
PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI

UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
JURUSAN HAMA DAN PENYAKIT TUMBUHAN
MALANG
2015

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

KETERTARIKAN PARASITOID *Diadegma semiclausum* Hellen (HYMENOPTERA: ICHNEUMONIDAE) PADA TANAMAN SAWI DENGAN BERBAGAI PELUKAAN

Oleh

CHOIRUL MAHDIANTO
105040213111018

MINAT HAMA DAN PENYAKIT TUMBUHAN
PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh Gelar Sarjana Pertanian Strata Satu (S-1)

UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
JURUSAN HAMA DAN PENYAKIT TUMBUHAN
MALANG
2015

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

LEMBAR PERSETUJUAN

Judul skripsi	:	Ketertarikan Parasitoid *Diadegma semiclausum* Hellen (Hymenoptera: Ichneumonidae) pada Tanaman Sawi dengan Berbagai Pelukaan
Nama	:	Choirul Mahdianto
NIM	:	105040213111018
Fakultas	:	Pertanian
Program studi	:	Agroekoteknologi
Minat	:	Hama dan Penyakit Tumbuhan

Disetujui Oleh:

Pembimbing Utama,	Pembimbing Pendamping,
Dr. Ir. Sri Karindah, MS.	Dr. Ir. Toto Himawan, SU.
NIP. 19520517 197903 1 002	NIP. 19551119 198303 1 002

Mengetahui,
Ketua Jurusan Hama Penyakit Tumbuhan,

Dr. Ir. Bambang Tri Rahardjo, SU.
NIP. 19550403 198303 1 003

Tanggal Persetujuan:

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

LEMBAR PENGESAHAN

Mengesahkan

MAJELIS PENGUJI

Penguji I

Dr. Ir. Bambang Tri Rahardjo, SU.
NIP. 19550403 198303 1 003

Penguji II

Dr. Ir. Retno Dyah Puspitarini, MS.
NIP. 19580112 198203 2 002

Penguji III

Dr. Ir. Sri Karindah, MS.
NIP. 19520517 197903 1 002

Penguji IV

Dr. Ir. Toto Himawan, SU.
NIP. 19551119 198303 1 002

Tanggal Lulus:

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

repository.ub.ac.id

RINGKASAN

Choirul Mahdianto. 105040213111018. Ketertarikan Parasitoid *Diadegma semiclausum* Hellen (Hymenoptera: Ichneumonidae) pada Tanaman Sawi dengan Berbagai Pelukaan. Di bawah bimbingan Dr. Ir. Sri Karindah, MS. sebagai Pembimbing Utama, dan Dr. Ir. Toto Himawan, SU. sebagai Pembimbing Pendamping.

Larva perusak daun *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae) adalah salah satu hama utama pada tanaman sawi, *Brassica sinensis* L. (Brassicaceae) yang dapat menyebabkan kerugian secara ekonomis. Pengendalian terhadap serangan *P. xylostella* telah banyak dilakukan, namun selama ini pengendalian masih berorientasi pada penanganan, dan belum berfokus pada pencegahan. Salah satu musuh alami *P. xylostella* adalah *Diadegma semiclausum* Hellen (Hymenoptera: Ichneumonidae). Serangan *P. xylostella* dapat dikendalikan ketika *D. semiclausum* berperan secara efektif. Efektifitas *D. semiclausum* dapat ditingkatkan ketika diketahui faktor yang dapat meningkatkan efektifitas peran parasitoid tersebut, salah satunya adalah dengan senyawa volatil. *D. semiclausum* diketahui lebih tertarik pada bau volatil tanaman *Brassicaceae* walau tidak terserang *P. xylostella* dibanding bau dari udara bersih. Diketahui juga bahwa *D. semiclausum* lebih tertarik pada tanaman famili *Brassicaceae* yang terserang *P. xylostella* dibandingkan tanaman *Brassicaceae* yang tidak terserang *P. xylostella*. Musuh alami diketahui mampu membedakan senyawa volatil tanaman yang terserang hama dan yang dilakukan pelukaan mekanis. Tanaman sawi temasuk dalam famili *Brassicaceae*. Di Indonesia penelitian khusus tentang senyawa volatil pada tanaman sawi dan ketertarikan parasitoid *D. semiclausum* pada tanaman sawi masih belum banyak dilaporkan. Oleh karena itu dilakukan penelitian untuk menguji respon *D. semiclausum* terhadap tanaman sawi yang terserang *P. xylostella*, dengan pelukaan mekanis, dan tanaman sawi tanpa pelukaan.

Penelitian ini terdiri dari 4 perlakuan yaitu tanaman sawi yang terserang *P. xylostella*, tanaman sawi dengan pelukaan mekanis, tanaman sawi tanpa pelukaan serta perlakuan tanpa tanaman sebagai kontrol. Metode penelitian terdiri dari perbanyakan *D. semiclausum* di laboratorium dengan suhu 20±2° C hingga mencapai 50 parasitoid jantan dan 50 parasitoid betina. Selama proses perbanyakan parasitoid, juga dilakukan perbanyakan *P. xylostella* sebagai inang, dan jika jumlah larva *P. xylostella* kurang memadai, dilakukan pengambilan larva di lahan kubis Poncokusumo, Malang. Pengujian dilakukan menggunakan olfaktometer 4 lengan. Pelaksanaan uji respon dilaksanakan dengan menempatkan *D. semiclausum* kedalam ruang organisme, selanjutnya diamati cabang ruang organisme yang dihampiri *D. semiclausum* sekaligus diamati jenis kelamin *D. semiclausum* yang diuji. Pengujian *D. semiclausum* dilakukan selama 3 menit untuk satu parasitoid, dan dilakukan hingga 100 parasitoid. Data yang diperoleh dianalisis dengan uji Qi Kuadrat hingga ditemukan nilai p. Uji Qi Kuadrat

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

dilakukan 2 kali, yaitu I mempertimbangkan jenis kelamin dan II tanpa mempertimbangkan jenis kelamin.

Berdasarkan hasil penelitian pada uji Qi Kuadrat dengan mempertimbangkan jenis kelamin, diketahui bahwa *D. semiclausum* jantan dan betina tertarik pada seluruh perlakuan. Sedangkan pada uji Qi Kuadrat tanpa mempertimbangkan jenis kelamin, diketahui bahwa *D. semiclausum* yang merespon perlakuan, 22% lebih tinggi secara nyata dibanding yang tidak merespon. *D. semiclausum* yang tertarik pada keberadaan tanaman sawi 47% lebih tinggi secara nyata dibanding yang tertarik pada perlakuan tanpa tanaman. *D. semiclausum* yang tertarik pada tanaman yang sawi terserang *P. xylostella*, 13% lebih tinggi secara nyata dibanding yang tertarik pada tanaman sawi dengan pelukaan mekanis, sedangkan *D. semiclausum* yang tertarik pada tanaman yang mengalami pelukaan 32% lebih tinggi, tapi tidak secara nyata dibanding yang tertarik pada tanaman tanpa pelukaan.

repository.ub.ac.id

SUMMARY

Choirul Mahdianto. 105040213111018. Interest parasitoid *Diadegma semiclausum* Hellen (Hymenoptera: Ichneumonidae) in chaisim with a variety of wounding. Supervised by Dr. Ir. Sri Karindah, MS. and Dr. Ir. Toto Himawan, SU.

The larvae of *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae) is one of the major pests on chaisim, *Brassica sinensis* L. (Brassicaceae) which can cause economic loss. Control of *P. xylostella* attacks have been carried out, but so far still oriented management control, and not focus on prevention. One of the natural enemies of *P. xylostella* is *Diadegma semiclausum* Hellen (Hymenoptera: Ichneumonidae). *P. xylostella* attacks can be controlled when *D. semiclausum* role effectively. *D. semiclausum* effectiveness can be improved when the known factors that can increase the effectiveness of the role of these parasitoids, one of which is the volatile compounds. *D. semiclausum* known to be interested in the *Brassicaceae* plant volatiles, though not attacked by *P. xylostella* than the odor of the air cleaner. *D. semiclausum* more interested in the family *Brassicaceae* plants are attacked by *P. xylostella* than *Brassicaceae* plants are not attacked by *P. xylostella*. Natural enemies are able to distinguish volatile plant pests and conducted mechanical wounding. Chaisim classified the family *Brassicaceae*. In Indonesia, a special research of volatile compounds in chaisim and interest *D. semiclausum* the chaisim is still not been reported. Therefore conducted research to test the response of *D. semiclausum* against chaisim were attacked by *P. xylostella*, by mechanical wounding, and chaisim without wounding.

This study consists of four treatment that is chaisim were attacked by *P. xylostella*, chaisim with mechanical wounding, chaisim without wounding and treatment without plants as controls. The research method consists of propagation *D. semiclausum* in the laboratory with a temperature of 20 ± 2 ° C up to 50 parasitoids male and 50 female parasitoids. During the process of propagation of parasitoids, also to propagation of *P. xylostella* as host, and if the the amount of larvae of *P. xylostella* inadequate, done taking larvae in cabbage fields Poncokusumo, Malang. Tests conducted using olfaktometer with 4 arms. Implementation of response test conducted by placing *D. semiclausum* into space organism, further observed that space organisms branch approached *D. semiclausum* once observed sex *D. semiclausum* tested. Testing of *D. semiclausum* conducted for 3 minutes for one parasitoids, and conducted up to 100 parasitoids. Data were analyzed with Chi Square test to find the value of p. Chi Square test conducted 2 times, that is I consider the gender and II without considering gender.

Based on the research results of the Chi Square test by considering gender, *D. semiclausum* males and females known be interested in all treatments. While the Chi Square test without considering gender, it is known that *D. semiclausum* that responds treatment, 22% significantly higher than that does not respond. *D.*

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

semiclausum who are interested in the existence of chaisim 47% significantly higher than those interested in the treatment without chaisim. *D. semiclausum* interested in chaisim attacked by *P. xylostella*, 13% significantly higher than those interested in the chaisim with mechanical wounding, whereas *D. semiclausum* are interested in plants that with wounding 32% higher, but not significantly than those who are interested in chaisim without wounding.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang dengan rahmat dan hidayahNya telah menuntun penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Ketertarikan Parasitoid *Diadegma semiclausum* Hellen (Hymenoptera: Ichneumonidae) padaTanaman Sawi dengan Berbagai Pelukaan".

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada Dr. Ir. Sri Karindah, MS. dan Dr. Ir. Toto Himawan, SU. selaku dosen pembimbing atas segala kesabaran, nasihat, arahan dan bimbingannya kepada penulis. Ucapan terimakasih juga penulis sampaikan kepada Dr. Ir. Bambang Tri Rahardjo, SU. dan Dr. Ir. Retno Dyah Puspitarini, MS. selaku penguji atas nasihat, arahan dan bimbingan kepada penulis. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada Ketua Jurusan Dr. Ir. Bambang Tri Rahardjo, SU. atas segala nasihat dan bimbingannya kepada penulis, beserta seluruh dosen atas bimbingan dan arahan yang selama ini diberikan serta kepada karyawan Jurusan Hama Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya atas fasilitas dan bantuan yang diberikan.

Penghargaan yang tulus penulis berikan kepada kedua orang tua dan kakak atas doa dan dukungan yang diberikan kepada penulis. Juga kepada rekan-rekan HPT khususnya angkatan 2010 atas bantuan, dukungan dan kebersamaan selama ini. Penulis berharap semoga hasil dari penelitian ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak dan memberikan sumbangan pemikiran dalam kemajuan ilmu pengetahuan.

Malang, Maret 2015

Penulis

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Tulungagung pada tanggal 21 Desember 1991 sebagai putra kedua dari dua bersaudara pasangan Bapak Rokani dan Ibu Kalimah.

Penulis menempuh pendidikan dasar di SDN Kedungsoko 01 Tulungagung pada tahun 1997 sampai tahun 2004, kemudian penulis melanjutkan ke SMPN 1 Tulungagung pada tahun 2004 dan selesai pada tahun 2007. Pada tahun 2007 sampai tahun 2010 penulis bersekolah di SMAN 1 Boyolangu. Pada tahun 2010 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Strata 1 Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang, Jawa Timur, dan diterima melalui jalur Beasiswa Bidik Misi.

Selama menjadi mahasiswa penulis pernah menjadi asisten praktikum Mata Kuliah Genetika Tanaman pada tahun 2011. Penulis pernah aktif dalam kepanitiaan Agriculture Expo pada tahun 2010 dan beberapa organisasi di Tulungagung.

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini merupakan gagasan atau hasil penelitian saya sendiri, dengan bimbingan komisi pembimbing. Skripsi ini tidak pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di perguruan tinggi manapun dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang dengan jelas ditunjukkan rujukannya dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Malang, Maret 2015

Choirul Mahdianto
105040213111018

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

DAFTAR ISI

Halaman

LEMBAR PERSETUJUAN i
LEMBAR PENGESAHAN ii
RINGKASAN iii
SUMARRY v
KATA PENGANTAR vii
RIWAYAT HDUP viii
PERNYATAAN ix
DAFTAR ISI x
DAFTAR TABEL xii
DAFTAR GAMBAR xiii

I. PENDAHULUAN 1
- Latar Belakang 1
- Tujuan Penelitian 2
- Hipotesis 2
- Manfaat Penelitian 2

II. TINJAUAN PUSTAKA 3
- Larva Perusak Daun *P. xylostella* 3
- Sifat-Sifat Umum Parasitoid 5
- *Diadegma semiclausum* Hellen (Hymenoptera: Ichneumonidae) 8
- Senyawa Volatil Tanaman yang Terinduksi Herbivora 11

III. METODE PENELITIAN 16
- Tempat dan Waktu 16
- Alat dan Bahan 16
- Metode Penelitian 19
- Analisis Data 23

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN 24

V. KESIMPULAN DAN SARAN 28

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Kesimpulan..... 28
Saran..... 28

DAFTAR PUSTAKA. 29

LAMPIRAN 32

DAFTAR TABEL

Nomor **Teks** **Halaman**

1. Volatil yang dikoleksi dari tanaman lima bean yang tidak terserang, tanaman dengan kerusakan buatan, dan tanaman yang terserang *T. urticae*....12

2. Respon *D. semiclausum* pada berbagai perlakuan …….…..... 24

3. Perbandingan respon *D. semiclausum* pada uji Qi Kuadrat I dan II……... 25

Lampiran

1. F0 dan FH pada uji Qi Kuadrat dengan mempertimbangkan jenis kelamin *D. semiclausum* 34

2. F0 dan FH pada uji Qi Kuadrat tanpa mempertimbangkan jenis kelamin *D. semiclausum* 34

3. Uji Qi Kuadrat pada perbandingan dengan mempertimbangkan jenis kelamin *D. semiclausum* 35

4. Uji Qi Kuadrat pada perbandingan tanpa mempertimbangkan jenis kelamin *D. semiclausum* 35

5. Hasil Uji Qi Kuadrat I pada masing-masing perbandingan perlakuan dengan mempertimbangkan jenis kelamin *D. semiclausum* 35

6. Hasil Uji Qi Kuadrat II pada masing-masing perbandingan perlakuan tanpa mempertimbangkan jenis kelamin *D. semiclausum* 36

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

DAFTAR GAMBAR

Nomor **Teks** **Halaman**

1 Telur *P. xylostella* 3

2. Larva *P. xylostella* 3

3. Pupa *P. xylostella* 4

4. Imago *P. xylostella* 4

5. Pupa *P. xylostella* yang terparasit *D. semiclausum* 9

6. Imago *D. semiclausum* 10

7. Beberapa fungsi senyawa volatil pada tanaman 11

8. Ruang organisme 17

9. *Flowmeter* 17

10. Blower 17

11. Kotak tanaman 17

12. Selang penghubung 18

13. Kain penutup 18

14. Rangkaian olfaktometer 18

15. Penyediaan *P. xylostella* 20

16. Imago *Diadegma semiclausum* 21

17. Perbanyakan *D. semiclausum* 21

18. Tanaman sawi 22

18. Kardus wadah sementara parasitoid 23

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Lampiran

1. Larva *Plutella xylostella*.....33
2. Pupa *P. xylostella*.....33

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

I. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Larva perusak daun *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae) adalah salah satu hama utama pada tanaman sawi, *Brassica sinensis* L. (Brassicaceae) yang dapat menyebabkan kerugian secara ekonomis. Kehilangan hasil panen sawi akibat serangan *P. xylostella* cukup tinggi yakni di Indonesia dapat mencapai 58-100% (Rukmana, 1994). Pengendalian terhadap serangan *P. xylostella* telah banyak dilakukan, namun selama ini pengendalian masih berorientasi pada penanganan, dan belum berfokus pada pencegahan. Setiap tumbuhan mampu menarik kehadiran musuh alami hama dengan cara mengeluarkan senyawa volatil khusus ketika terjadi serangan hama (Pare, 2000).

Salah satu musuh alami *P. xylostella* adalah *Diadegma semiclausum* Hellen (Hymenoptera: Ichneumonidae) yang diketahui memiliki tingkat parasitasi rata-rata 15,98% (Wardani, 2002). Serangan *P. xylostella* dapat dikendalikan ketika *D. semiclausum* berperan secara efektif. Efektifitas *D. semiclausum* dapat ditingkatkan ketika diketahui faktor yang dapat meningkatkan efektifitas peran parasitoid tersebut. Semua keputusan dalam pencarian inang oleh parasitoid dipengaruhi oleh volatil yang dikeluarkan oleh tanaman juga dari herbivora (inang atau mangsa), dan dari alelokimia sebagai hasil interaksi (Puspitarini, 2009).

D. semiclausum diketahui lebih tertarik pada bau volatil tanaman *Brassicaceae* walau tidak terserang *P. xylostella* dibanding bau dari udara bersih. Diketahui juga bahwa *D. semiclausum* lebih tertarik pada tanaman famili *Brassicaceae* yang terserang *P. xylostella* dibandingkan tanaman *Brassicaceae* yang tidak terserang *P. xylostella* (Bukovinszky *et al*. 2004). Musuh alami mampu membedakan senyawa volatil tanaman yang terserang hama dan yang dilakukan pelukaan mekanis (Allman, 2010). Di Indonesia penelitian khusus tentang ketertarikan *D. semiclausum* pada senyawa volatil tanaman sawi belum banyak dilaporkan. Oleh karena itu dilakukan penelitian dengan menguji respon *D. semiclausum* terhadap tanaman sawi dengan berbagai pelukaan.

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui ketertarikan *D. semiclausum* pada tanaman sawi terserang yang *P. xylostella* dibandingkan tanaman dengan pelukaan mekanis dan *D. semiclausum* pada tanaman yang mengalami pelukaan dibandingkan dengan yang tidak mengalami pelukaan.

Hipotesis

Hipotesis yang diajukan pada penelitian ini adalah bahwa *D. semiclausum* lebih tertarik pada tanaman sawi yang terserang *P. xylostella* dibandingkan tanaman dengan pelukaan mekanis dan *D. semiclausum* lebih tertarik pada tanaman sawi yang mengalami pelukaan dibandingkan tanaman sawi yang tidak mengalami pelukaan.

Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah untuk memberikan informasi bahwa *D. semiclausum* lebih tertarik pada tanaman sawi yang terserang *P. xylostella* dibandingkan tanaman dengan pelukaan mekanis. Selain itu, *D. semiclausum* lebih tertarik pada tanaman sawi yang mengalami pelukaan dibandingkan yang tanaman sawi yang tidak mengalami pelukaan. Hal ini diharapkan dapat menjadi tambahan pengetahuan tentang keterkaitan hama, tanaman dan musuh alami.

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

II. TINJAUAN PUSTAKA

Larva Perusak Daun *P. xylostella*

Dahulu nama ilmiah hama ini adalah *Plutella maculipennis* (Sudarmo, 1990). Ciri dari larva yang satu ini adalah mempunyai warna tubuh hijau muda dan panjang maksimal 10 mm (Anonymous, 2013). Lamanya siklus hama ini lebih kurang 21 hari, ngengatnya aktif pada senja dan malam hari. Telur hama ini berbentuk pipih, oval, berwarna kuning cerah (Gambar 1). Ukuran diameter telur 0,25 mm dengan panjang 0,5 mm. Imago *P. xylostella* meletakkan telur terpisah dalam satu kelompok pada daun. Masa penetasan telur 3-5 hari (Sudarmo, 1990). Stadium hama yang paling membahayakan adalah larva. Larva ini terdiri atas empat instar, dan ukuran yang paling besar sepanjang satu cm (Rukmana, 1994). Larva yang baru menetas berukuran panjang 1,2 mm, berwarna hijau cerah, dengan kepala berwarna hitam (Gambar 2). Larva yang sudah tumbuh sempurna ukurannya antara 8-11 mm panjangnya, sedangkan diameternya 1,2-1,5 mm dan berwarna kehijau-hijauan atau hijau cerah. Tubuh larva dilengkapi dengan bulu-bulu atau seta. Lama stadia larva 7-11 hari (Sudarmo, 1990).

Gambar 1. Telur *P. xylostella* (Lobo, 2012)

Gambar 2. Larva *P. xylostella* (Sirimbun, 2011)

Pupa pada mulanya berwarna hijau, selanjutnya berwarna kuning pucat, dengan warna kecoklat-coklatan pada bagian punggungnya (Gambar 3). Panjang pupa 5-6 mm, dengan diameter 1,2-1,5 mm. Pupa tertutup oleh kokon, dengan masa pupa 3-6 hari; total perkembanganya 13-22 hari (Sudarmo, 1990). Pupa dibentuk pada permukaan bawah daun, berwarna coklat dengan membentuk kokon berupa benang berwarna putih. Pembuatan kokon berlangsung selama 24 jam (Joko, 2007). Imago dari *P. xylostella* berupa ngengat kecil berwarna coklat-kelabu (Gambar 4). Ukuran panjang tubuh 5-9 mm (Sudarmo, 1990). Pada sayap depan terdapat tanda "tiga berlian" yang berupa gelombang (*undulasi*). Warna tiga berlian pada ngengat betina lebih gelap dibandingkan dengan ngengat jantan. Ngengat jantan terlihat lebih kecil dibanding ngengat betina, dan waktu ngengat sedang istirahat, antenna lurus kedepan (Sudarmo, 1990).

Gambar 3. Pupa *P. xylostella* (Lobo, 2012)

Gambar 4. Imago *P. xylostella* (Lobo, 2012)

Tanaman inang utama hama *P. xylostella* adalah kubis-kubisan seperti petsai, sawi, kubis-krop, kubis-bunga, brokoli, dll. Gejala serangan *P. xylostella* adalah daun berlubang-lubang kecil dan jika serangan berat tinggal tulang-tulang

daunnya saja. Serangan banyak terjadi pada tanaman berumur 2-6 minggu (Joko, 2007). Bila larva *P. xylostella* tersentuh, akan menggeliat lalu menjatuhkan diri dengan alat bantu benang sutera yang dibentuknya. Serangan yang berat dan hebat biasanya terjadi pada musim kemarau.

Pengendalian non-kimiawi terhadap hama ini dapat dilakukan secara kultur teknik (pergiliran tanaman yang bukan sefamili *Cruciferae*); pengendalian cara hayati dengan melepaskan parasitoid seperti *Costesia plutella* Kurdj, dan *D. semiclausum*, pada saat telah diketahui ambang kendali hama tersebut. Sementara itu, secara kimiawi menggunakan insektisida thuricise dan centari (Rukmana, 1994). Hama-hama sayuran sering dikendalikan dengan insektisida secara terjadwal karena untuk pengendalian *P. xylostella* mendominasi selama lebih dari 40 tahun dan diperkirakan biaya untuk kegiatan monitoring hama belum dilakukan secara teratur. Biaya penggunaan insektisida untuk pengendalian tersebut di dunia lebih dari 1 AS$ per tahunnya (Talekar dan Shelton, 1993 *dalam* Solichah; 2004). Praktek pengendalian hama dengan menggunakan insektisida secara berlebihan menimbulkan beberapa masalah antara lain resurjensi dan resistensi hama serta letusan hama ke dua, demikian juga terjadinya pencemaran lingkungan baik pada litosfer, hidrosfer maupun atmosfer. Dengan melihat adanya kelemahan teknik pengendalian tersebut, maka perlu dicari alternatif lain yang dapat mengendalikan hama secara efektif. Salah satu bentuk pengendalian adalah dengan musuh alami, seperti *D. semiclausum* yang diketahui mampu menekan populasi hama larva *P. xylostella* (Herlinda, 2005).

Sifat-Sifat Umum Parasitoid

Parasitoid adalah serangga berukuran kecil atau sama besar dengan inang yang diparasit dan mematikan inang. Parasitoid hanya membutuhkan satu inang untuk melangsungkan satu siklus hidup (Sembel, 2010). Beberapa sifat biologi penting parasitoid dijelaskan dibawah ini.

Periode Pra Kawin. Periode pra kawin setelah parasitoid mencapai stadia dewasa, pada umumnya tidak dijumpai pada parasitoid. Sebagai contoh pada *Cytogoster* sp. parasitoid jantan menunggui pupa yang akan menetas menjadi

parasitoid betina. Perkawinan akan terjadi segera setelah serangga betina keluar dari pupa.

Periode Pra Peletakan Telur. Periode pra peletakan telur adalah interval imago betina sejak keluar dari pupa sampai saat peletakan telur. Lamanya periode tersebut tidak ada ketentuan umum. Beberapa spesies mempunyai periode pra peletakan telur, sedang spesies lain tidak mempunyai, beberapa spesies bersifat fakultatif, sedangkan beberapa spesies yang lain bersifat obligat. Keberadaan periode pra peletakan telur dan lamanya waktu yang dibutuhkan biasanya ditentukan oleh proses fisiologis yang kompleks, yaitu berhubungan dengan keperluan nutrisi imago betina.

Kebanyakan parasitoid hymenopteran menghasilkan telur sepanjang hidup imago. Parasitoid demikian disebut dengan sinovigenik. Dalam hal ini produksi telur tergantung pada makanan imagonya, dan dengan dimikian keperluan nutrisi bagi serangga imago sangat penting dalam menunjang keberhasilan pengendalian hayati.

Perilaku Makan Imago Parasitoid. Berdasarkan peletakan telur dari imago betina, parasitoid dalam ordo hymenopteran dibagi kedalam dua kelompok, yaitu Proovigenik dan Sinovigenik. Proovigenik adalah parasitoid yang memiliki telur yang sudah matang pada saat menjadi imago, dan telur diletakkan dalam jangka waktu relative singkat. Sinovigenik adalah parasitoid yang menghasilkan terus-menerus telur, dan produksi telur tergantung pada tersedianya makanan/nutrisi (Sembel, 2010). Parasitoid betina yang bersifat sinovigenik memerlukan sumber protein untuk menjamin kontinuitas produksi telur. Protein bisa diperoleh dari makanan berupa embun madu atau madu bunga tanaman yang diketahui mengandung asam amino bebas. Peranan makanan tersebut adalah untuk meningkatkan lama hidup dan kesuburan imago betina parasitoid (Mudjiono, 1994).

Absorbsi Telur. Bilamana parasitoid betina sinovigenik tidak mendapatkan makanan yang berprotein atau tidak dapat menemukan inangnya untuk waktu yang lama, telur-telur yang dihasilkan pada ovariol tidak diletakkan tetapi

diabsorbsi. Dengan demikian produksi telur pada parasitoid dapat melalui dua jalan, yaitu siklis yang terdiri dari *ovigenesis* (pembentukan telur), *ovisorbtion* (absorbsi telur) dan *ovigenesis* (pembentukan telur). Selain melalui jalan siklis, yaitu dengan jalan linier yang terdiri dari *ovigenesis* (pembentukan telur), *ovlarvaion* (pemasakan telur), dan *oviposition* (peletakan telur) (Mudjiono, 1994).

Perilaku dalam Pemilihan Inang. Hubungan antara inang dan parasitoid adalah hubungan antara dua spesies yang memerlukan kondisi iklim, geografis, dan ekologis yang sama. Dalam kondisi laboratoris kemungkinan halangan waktu dan ruang yang memisahkan inang dan parasitoid di alam dapat dihindari, dan dalam kondisi laboratoris parasitoid dapat dipelihara dengan spesies inang pengganti. Proses pemilihan inang adalah melalui tahapan didahului dengan penemuan habitat inang, selanjutnya penemuan inang, lalu penerimaan inang, dan terakhir adalah kesesuaian inang (Mudjiono, 1994). Kesuksesan parasitasi oleh serangga parasitoid tergantung dari faktor-faktor yaitu penemuan habitat inang, penemuan inang, penerimaan inang dan kesesuaian inang. Serangga parasitoid menggunakan isyarat fisik dan berbagai kimia selama pencarian habitat inang dan penemuan inangnya. Kesuksesan dari pemilihan inang tergantung dari kemampuan menangkap berbagai isyarat melalui tanggap perilaku yang sesuai selama proses pencarian inang atau mangsa (Vet *et al.* 1990 *dalam* Puspitarini; 2009).

Cara dan Tempat Peletakan telur. Cara dan tempat peletakan telur parasitoid berhubungan dengan perbedaan relatif spesifikasinya terhadap inang. Dalam hal ini, berdasarkan tempat telur diletakkan ada tiga golongan parasitoid, yaitu parasitoid yang meletakkan telur terpisah dari inangnya, parasitoid yang meletakkan telur di bagian permukaan luar tubuh inangnya, dan parasitoid yang meletakkan telur di bagian dalam tubuh inangnya (Mudjiono, 1994).

Paralisasi Inang (Pembiusan Inang). Paralisasi adalah suatu cara dimana suatu organisme atau serangga menggunakan cairan racun untuk melumpuhkan serangga inang (Sembel, 2010). Pada kebanyakan parasitoid hymenopteran, tindakan menyengat inang dan peletakan telur merupakan dua tindakan yang

terpisah. Pada parasit *Bracon hebetor* Say. pertama kali membius inang-inangnya melalui racun yang disuntikkan ovipositornya setelah itu telur diletakkan. Tidak semua parasitoid ordo hymenopteran melakukan pembiusan sebelum meletakkan telurnya. Sifat pembiusan ini ada yang mutlak harus dilakukan, ada yang bilamana perlu, dan yang sama sekali tidak melalukan pembiusan inang (Mudjiono, 1994).

Mekanisme Pembuahan, Penentuan Jenis Kelamin, dan Pengaturan Nisbah Kelamin. Kebanyakan parasitoid betina hymenopteran mempunyai spermateka yang berfungsi sebagai organ penyimpan spermatozoa yang diterima sewaktu perkawinan. Ketika telur bergerak turun melewati oviduk, apabila stimulus yang sesuai tersedia, maka spermateka akan memancarkan spermatozoa ke telur. Spermatozoa akan memasuki telur dan salah satu dari spermatozoa akan menyatu dengan inti telur. Telur kemudian berubah dari keadaan haploid menjadi keadaan diploid yang kelak menjadi parasitoid betina. Bilamana keadaanya tetap haploid akan berkembang menjadi parasitoid jantan (partenogenesis). Kebanyakan telur serangga mengalami meiosis dan secara normal tidak dapat berkembang lebih lanjut bilamana tidak diaktivasi melalui pembuahan. Tetapi hal itu tidak berlaku pada golongan semut, lebah, dan tawon yang termasuk ordo hymenopteran karena mereka mempunyai sifat berbiak secara partenogenesis (Mudjiono, 1994).

Diadegma semiclausum Hellen (Hymenoptera: Ichneumonidae)

D. semiclausum merupakan musuh alami yang paling penting bagi hama *P. xylostella* di Indonesia. Tingkat parasitasi larva *P. xylostella* oleh *D. semiclausum* relatif tinggi, bahkan di beberapa daerah mencapai lebih dari 80% (Sastrosiswojo, 1987). Namun secara rata-rata tingkat parasitasi *D. semiclausum* adalah 15,98% (Wardani, 2002). Parasitisasi larva oleh *D. semiclausum* pada musim kemarau lebih tinggi dibandingkan pada musim hujan. Pada musim kemarau, populasi inang (larva *P. xylostella*) cenderung lebih tinggi dibandingkan pada musim hujan, hal ini merupakan salah satu faktor yang menyebabkan parasitisasi tinggi. *D. semiclausum* tidak ditemukan di daerah dataran rendah karena parasitoid ini hanya mampu hidup pada suhu rendah (Herlinda, 2005).

Daur hidup *D. semiclausum* dari telur sampai serangga dewasa (imago) di dataran tinggi lamanya 18-20 hari. Masa telur, larva (4 instar) dan pupa masing-masing 2 hari, 8 hari dan 8-10 hari (Herlinda, 2005). Telur *D. semiclausum* bertipe hymenopteriform, yang merupakan tipe umum pada ordo hymenoptera, bentuk lonjong silindris sedikit membengkok, dan kedua ujungnya melengkung tumpul (Ooi, 1980 *dalam* Wardani; 2002). Telur yang baru diletakkan mengapung di dalam hemolimfa larva inangnya. Bila diperiksa di bawah mikroskop dengan menarik kedua ujung larva inang, maka terlihat telur mengambang didalamnya, berwarna putih transparan. Stadium telur berkisar 1-2 hari (Ooi, 1980 *dalam* Wardani; 2002).

D. semiclausum adalah endoparasitoid larva soliter. Parasitoid ini meletakkan telur di dalam tubuh larva *P. xylostella*, terutama pada instar ketiga. Kokon *D. semiclausum* berwarna abu-abu kecokelatan (Gambar 5). Imago *D. semiclausum* yang muncul dari kokon berwarna hitam mengkilat dengan panjang tubuh berkisar 4.5-5.5 mm. *D. semiclausum* adalah parasitoid larva tetapi di laboratorium pernah juga ditemukan larva *D. semiclausum* berada di dalam tubuh pupa *P. xylostella*. Larva *P. xylostella* yang terparasit oleh *D. semiclausum* terlihat hijau kekuningan, abdomen tengah membesar dan warnanya lebih hijau, dan ujung abdomen memblarva. Pupa yang sakit ini memperlihatkan gejala, yaitu bagian posterior memblarva dan tubuhnya berwarna hitam, sedangkan pupa yang sehat berwarna hijau dan tubuhnya runcing (Herlinda, 2005). Larva terdiri dari empat instar yang sama seperti inangnya dan larva parasitoid ini dibedakan berdasarkan ukuran mandible yang dimilikinya. Dari pengamatan laboratorium yang dapat teramati adalah larva instar awal dan instar akhir yang cukup mudah untuk dibedakan. Larva instar awal berbentuk *caudate* dengan ciri silindris beruas 11-13 buah, ujung ruas terakhir berbentuk ekor, sedangkan instar selanjutnya larva bertipe hymenopteriform (Ooi,1980 *dalam* Wardani; 2002).

Gambar 5. Pupa *P. xylostella* yang terparasit *D. semiclausum* (Sardi, 2014)

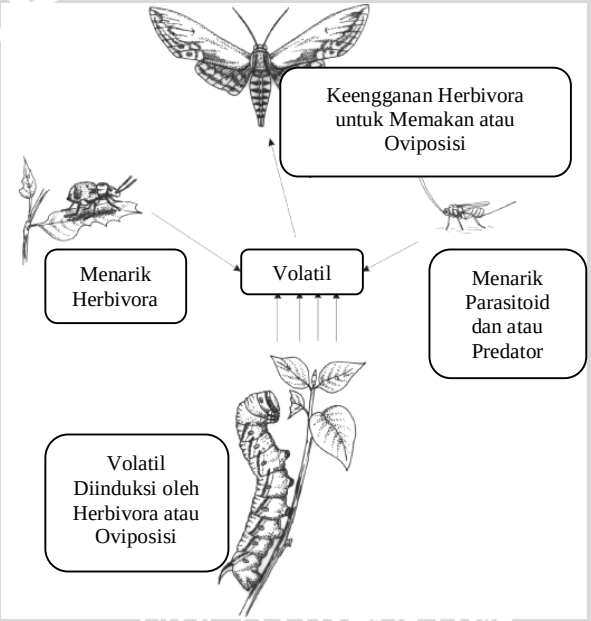
Stadium larva rata-rata 6,1-6,4 hari dan mengalami 4 instar. Panjang dan lebar larva instar 1 lebih kurang 0,72-0,73 dan 0,10 mm., sedangkan instar terakhir rata-rata 4,61-4,73 dan 1,26-1,30 mm. Pada saat larva menjelang menjadi pupa, sebagian besar isi tubuh inang telah dimakan. Pupa parasitoid ini berbentuk *exarate* yang mempunyai kokon terparasit berbentuk silindris, tidak transparan dan kedua ujungnya tertutup. Stadium pupa berlangsung 8-10 hari. Inang mati pada fase prapupa yaitu saat kokon telah terbentuk (Kartosuwondo, 1987 *dalam* Wardani; 2002). Bila peletakan telur terjadi pada saat instar 1, maka prapupa berlangsung selama beberapa jam, bila pada instar 2, prapupa berlangsung 2 hari, dan jika pada instar 3, maka prapupa berlangsung 4-5 hari (Vos, 1953).

Imago *D. semiclausum* berwujud tabuhan dengan panjang lebih kurang 5 mm, berwarna hitam dengan warna kuning pada bagian tungkai dan abdomen depan bagian bawah (Gambar 6). Beberapa ciri lainya adalah pronotum berbentuk segitiga dan dekat dengan tegula, antena seperti benang (*threadlike*) dengan segmen berjumlah 16, serta bersayap normal (Wardani, 2002). Imago dapat hidup selama 73 hari pada betina yang diberi pakan madu dan 40 hari bila diberi pakan selain madu. Imago betina parasitoid ini mau meletakkan telur pada setiap instar larva *P. xylostella* tetapi hanya pada larva yang sehat (Ooi, 1980 *dalam* Wardani; 2002). Larva terparasit dapat tetap hidup dan makan normal serta membentuk kokon ketika menjelang pembentukan pupa (Vos, 1953 *dalam* Wardani; 2002). Imago *P. xylostella* dapat hidup dan berkembangbiak di dataran tinggi pada suhu 15-25 °C. Seekor betina mampu memarasit sampai 117 larva *P. xylostella* (Sastrosiswojo *et al*. 2005), dengan tingkat parasitasi tertinggi pada larva instar 2-3 (Ditjen Tanaman Pangan dan Hortikultura, 1994 *dalam* Wardani; 2002).

Gambar 6. Imago *D. semiclausum* (Sardi, 2014 dan Anonymous, 2014)

Senyawa Volatil Tanaman yang Terinduksi Herbivora

Pengeluaran Senyawa Volatil Tanaman yang Terinduksi Herbivora. Pada umumnya tanaman akan mengeluarkan senyawa volatil jika terjadi serangan atau gigitan oleh hama. Namun, sebenarnya tanaman sudah mengeluarkan senyawa volatil sejak terjadinya peletakan telur oleh hama (Fatouros, 2012). Senyawa volatil ini memiliki beberapa fungsi, salah satunya untuk menarik musuh alami herbivora (Takabayashi *et al*. 2005). Selain hal tersebut adalah untuk menandai posisi tanaman yang terserang atau mengetahui keberadaan mangsa dari predator (Gambar 7) (Pierre *et al*. 2011).



Gambar 7. Beberapa fungsi senyawa volatil pada tanaman (Bento, 2006)

Molekul-molekul senyawa volatil yang dilepaskan oleh tumbuhan sebagai respon terhadap kerusakan akibat herbivora juga dapat berfungsi sebagai sistem peringatan dini bagi tumbuhan-tumbuhan disekitarnya yang berasal dari spesies yang sama. Misalnya, tanaman kacang koro yang terserang tungau laba-laba melepaskan campuran senyawa volatil, termasuk asam metilyasmonat yang menginformasikan serangan itu ke tanaman kacang koro disekitarnya yang belum terinfeksi. Sebagai respon terhadap zat-zat kimia ini, daun kacang koro yang belum terinfeksi mengekspresikan gen-gen pertahanan. Senyawa volatil yang dilepaskan dari daun yang dilukai secara mekanis dalam percobaan tidak memiliki

efek yang sama. Sebagai akibat dari akvitasi gen-gen spesifik oleh zat-zat kimia senyawa volatil ini, tanaman tetangga yang belum terinfeksi menjadi tidak terlalu rentan terhadap serangan tungau laba-laba (Cambell, 2008).

Pelepasan jumlah senyawa volatil juga dipengaruhi serangan dari herbivora. Semakin banyak jumlah serangan oleh herbivora, maka zat kimia yang dilepaskan semakin banyak. Jumlah dari zat kimia yang dikeluarkan tumbuhan akan menentukan respon dari predator maupun parasitoid. Salah satu hal yang juga menarik adalah bahwa masing-masing herbivora akan menyebabkan respon yang berbeda walaupun menyerang tanaman dengan spesies yang sama (Shiojiri *et al*. 2010). Jumlah senyawa yang dikeluarkan oleh tanaman lima bean diketahui memiliki perbedaan, antara yang terserang hama, dilukai mekanis ataupun tanaman tidak dilukai (Tabel 1) (Puspitarini, 2009).

Tabel 1. Volatil yang dikoleksi dari tanaman lima bean yang tidak terserang, tanaman dengan kerusakan buatan, dan tanaman yang terserang *T. urticae*.

No	Senyawa yang teridentifikasi	Identifikasi dari		
		Tanaman terserang	Tanaman dg kerusakan buatan	Tanaman tidak terserang
1.	2-.utanone	+	+	+
2.	2-methyl-propan-l-ol	+	-	-
3.	I-butanol	+	-	-
4.	3-pentanone	+	-	-
5.	1-penten-3-ol	+	-	-
6.	Hexanal	-	+	+
7.	Tidak teridentifikasi	+	+	-
8.	2-hexanal	+	+	+
9.	(Z)-3-hexen-1-ol	+	+	-
10.	(Z)-3-hexen-1-yl acetate	+	+	-
11.	1-octen-3-ol	+	+	+
12.	(E)-β –octimene	+	-	-
13.	4,8-dimethyl-1,3(E), 7-nonatriene	+	-	-
14.	Linalool	+	-	-
15.	(Z)-3-hexene-1-yl butyrate	+	+	-
16.	Methyl salicylate	+	-	-
17.	4,8,12-trimethyl-1,3(E),7(E),11-Tridecatetraene	+	-	-

Keterangan : + terdapat ; - tidak terdapat

Pengeluaran senyawa volatil tanaman yang terinduksi herbivora menjadi hal yang menarik untuk diteliti, telah banyak percobaan yang dilakukan hingga diperoleh senyawa volatil sintesis yang disebut sebagai methil salisilat (MeSA). Penggunaan senyawa volatil sintetis untuk menarik musuh alami telah diminati sebagai alat untuk konservasi pengendalian biologi atau *conservation biological control* (CBC) (Woods *et al*. 2011). Senyawa volatil tanaman yang terinduksi herbivora meliputi beberapa hal seperti terpenoids, phenylpropanoids dan *fatty acid* yang diperoleh dari senyawa volatil hijau daun. Senyawa volatil hijau daun merupakan jenis dari senyawa volatil yang paling cepat dikeluarkan ketika tanaman terserang (Dicke *et al*. 2009).

Senyawa Volatil pada Tanaman Sawi. Sawi termasuk dalam kelompok family *Brassicaceae* (Cruciferacae). Cruciferaceae dicirikan oleh adanya glukosinolat dan senyawa volatil sebagai produk mereka (Bukovinszky *et al.* 2004). Senyawa ini berperan dalam sejumlah perilaku pencarian spesies parasitoid yang mencari makan pada inang yang terkait dengan tanaman dalam famili ini. Kelompok sayuran family *Brassicaceae* merupakan sayuran yang murah, walaupun begitu sangat bergizi, memberikan nutrisi dan mengandung senyawa fenolik (Jahangir, 2009), vitamin (Dekker *et al.* 2000 *dalam* Jahangir; 2009) asam fitat, fiber, gula larut (Pedroche *et al.* 2004 *dalam* Jahangir; 2009), glucosinolates (Fowke *et al.* 2003 *dalam* Jahangir; 2009), mineral, polifenol (Heimler *et al.* 2005 *dalam* Jahangir; 2009), lemak dan karotenoid (*Zakaria et al.* 2000 *dalam* Jahangir; 2009). Belum diketahui senyawa volatil tertentu yang dapat menarik musuh alami ketika terjadi luka pada tanaman sawi, namun diduga hal ini juga dikarenakan adanya senyawa MeSA yang telah diketahui sebagai salah satu senyawa volatil. Bahkan, senyawa MeSA telah disintesis untuk digunakan sebagai senyawa volatil sintetis. Selain MeSA, juga terdapat beberapa senyawa volatil seperti terpenoids, phenylpropanoids dan *fatty acid* yang diperoleh dari senyawa volatil hijau daun (Dicke *et al*. 2009).

Serangan *P. xylostella* Merangsang Pengeluaran Senyawa Volatil. Serangan *P. xylostella* pada tanaman *Brassica oleracea* var. capitata mampu

menarik kedatangan *Cotesia vestalis*, baik dalam jumlah serangan kecil ataupun besar. Ketika diuji dengan intensitas serangan yang berbeda yaitu 0%, 5%, 15%, dan 30% ternyata intensitas serangan tidak mempengaruhi respon dari *C. vestalis*. Berdasarkan hasil uji Gas Chromatography (GC) diketahui jika kubis yang terserang *P. xylostella* akan mengeluarkan senyawa volatil dengan jumlah yang terus bertambah. Dalam penelitian tersebut dapat disimpulkan jika senyawa volatil yang dikeluarkan oleh tanaman kubis akibat serangan *P. xylostella* hanya menginformasikan keberadaaan *P. xylostella* pada *C. vestalis* tanpa menginformasikan kepadatan jumlah serangan. Namun, pada serangan terhadap *B. oleracea* (var. acephala: kale), intensitas serangan *P. xylostella* mempengaruhi respon kehadiran dari *C. vestalis*. Perbedaan respon ini diduga karena perbedaan jenis tanaman yang terserang. Respon yang dikeluarkan oleh *B. oleracea* (var. acephala: kale) disebut sebagai respon jujur oleh tanaman, sedangkan respon yang dikeluarkan oleh *B. oleracea* var. capitata disebut sebagai "Tangisan Serigala", yaitu suatu sinyal alarm yang mengundang parasitoid untuk datang walau serangannya masih dalam tahap kecil (Shiojiri, 2010).

Respon *D. semiclausum* Terhadap Senyawa Volatil. *D. semiclausum* merupakan salah satu jenis parasitoid yang beberapa kali dijadikan spesimen dalam percobaan yang melibatkan senyawa volatil tanaman. Dalam penelitian yang menggunakan 4 spesies tanaman yaitu *Brussels sprout* (*Brassica oleracea* L. gemmifera), sawi putih (*Sinapis alba* L.), *Brassica oleracea* liar, dan *malting barley* (*Hordeum vulgare* L.) diketahui bahwa *D. semiclausum* lebih tertarik pada bau tanaman walau tidak terinfeksi dibanding bau dari udara bersih (Bukovinszky *et al.* 2004). Walaupun begitu, setelah dilakukan uji lanjutan diketahui bahwa *B. oleracea* L. gemmifera, sawi putih, *B. oleracea* liar, lebih disukai dibanding *H. vulgare*. Parasitoid *D. semiclausum* juga memiliki respon yang berbeda terhadap ketiga jenis tanaman kubis-kubisan. Sawi putih lebih membuat tertarik daripada *B. oleracea* liar, dan keduanya lebih membuat tertarik dibandingkan *B. oleracea* L. gemmifera. Percobaan selanjutnya dilakukan dengan menggunakan tanaman yang terinfeksi oleh *P. xylostella*, berdasarkan hasil percobaan diketahui jika tanaman yang terinfeksi lebih dapat menarik *D. semiclausum* dibandingkan tanaman yang

tidak terinfeksi. Secara umum, bau dari tanaman tidak terinfeksi dan tanaman luka mekanis lebih mudah untuk dideteksi oleh parasitoid daripada sinyal dari inang, tetapi hal tersebut merupakan sinyal yang yang lemah untuk mengetahui kehadiran inang (Vet *et al.* 1991 *dalam* Bukovinszky *et al*; 2004).

Selain menggunakan tanaman langsung sebagai spesimen, penelitian tersebut juga mengidenfikasi senyawa volatil dari masing-masing tanaman yang digunakan. Dari hasil identifikasi tersebut diketahui jika komposisi senyawa volatil dari *H. vulgare* berbeda dibanding ketiga tanaman crucifier. Tanaman sawi putih ternyata juga memiliki komposisi senyawa volatil yang berbeda dibanding kedua jenis *Brassicaceae*. Dari keseluruhan percobaan dapat disimpulkan jika *D. semiclausum* mampu membedakan komposisi senyawa volatil dari tanaman yang terinfeksi dan tanaman yang tidak terinfeksi (Bukovinszky *et al*. 2004).

III. METODOLOGI

Tempat dan Waktu

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Ekologi dan Diversitas Hewan, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan, Universitas Brawijaya Malang. Penelitian dilaksanakan pada bulan Juni 2014 sampai November 2014.

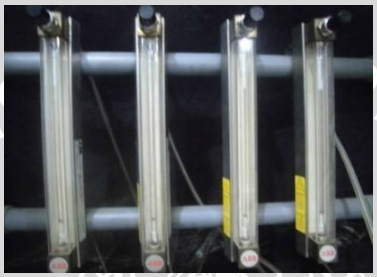
Alat dan bahan

Alat dan Bahan. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah olfaktometer, *polybag*, pot plastik, toples, piring, karet gelang, kapas, vial film, kardus, kain sifon, isolasi, alat tulis menulis, *stopwatch*, gunting, dan label. Sedangkan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *D. semiclausum* jantan dan betina, *P. xylostella* fase larva instar 3, tanaman sawi umur 2-4 minggu, madu murni dan air.

Olfaktometer. Olfaktometer yang digunakan terdiri dari ruang organisme yaitu tempat peletakan *D. semiclausum* yang berbentuk lingkaran dan memiliki 4 lengan (Gambar 8). Selain ruang organisme, terdapat *flowmeter* untuk mengatur besarnya udara yang disalurkan dari kotak tanaman ke ruang organisme (Gambar 9), dan terdapat blower untuk mensirkulasikan udara (Gambar 10). Sebagai tempat peletakan tanaman sawi, telah tersedia kotak tanaman sejumlah 4 kotak (Gambar 11). Sebagai penghubung antar masing-masing bagian pada olfaktometer telah tersedia selang penghubung (Gambar 12). Pada sekeliling ruang organisme, terdapat kain penutup, yaitu kain berwarna hitam yang dipasangkan melingkupi ruang organisme untuk menghalangi cahaya dari sekitar olfaktometer yang dapat mengganggu respon parasitoid yang diuji (Gambar 13). Seluruh bagian olfaktometer tersebut telah terhubung dan tersusun dalam satu rangkaian (Gambar 14).

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Gambar 8. Ruang organisme



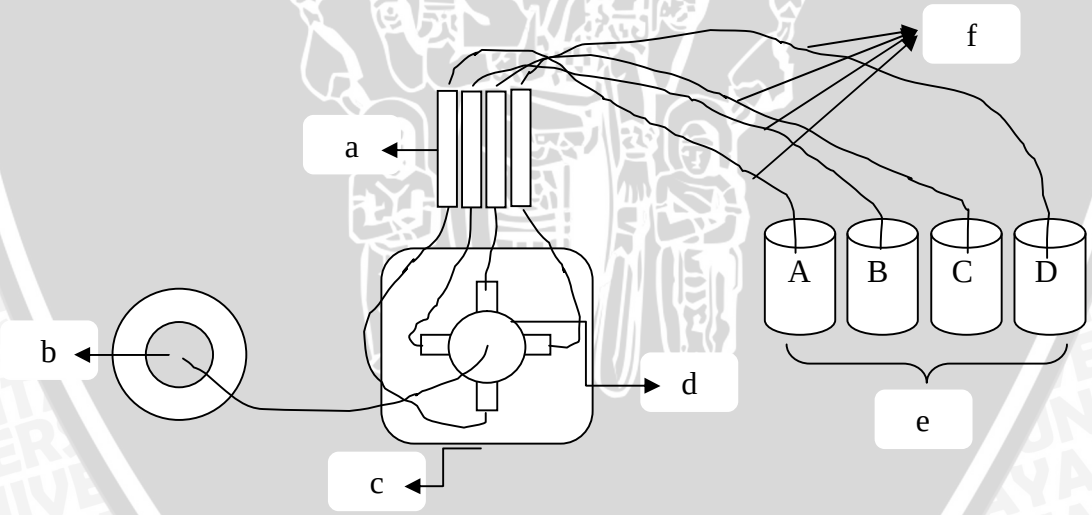
Gambar 9. *Flowmeter*

Gambar 10. Blower

Gambar 11. Kotak tanaman

Gambar 12. Selang penghubung

Gambar 13. Kain penutup



Gambar 14. Rangkaian olfaktometer. a: *Flowmeter*, b: Blower, c: Kain penutup, d: Ruang organisme, e: Kotak tanaman, f: Selang penghubung

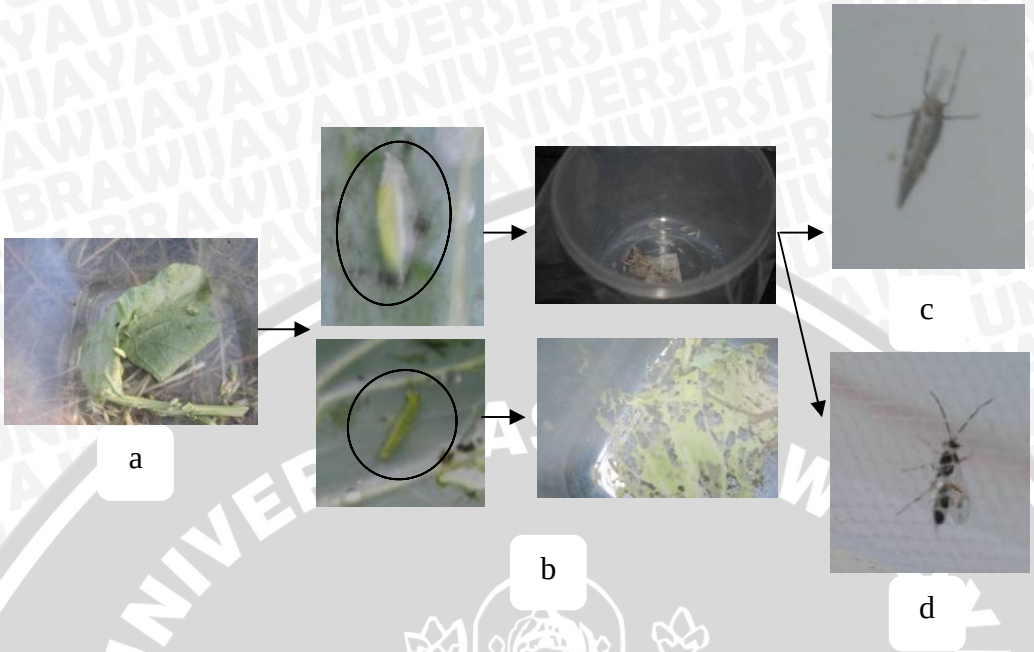
Metode Penelitian

A. Penyediaan tanaman sawi, larva *P. xylostella*, dan parasitoid *D. semiclausum*

Penyediaan Tanaman Sawi. Sawi yang digunakan dalam percobaan didapatkan dari lahan sawi di Karangploso, Malang. Tanaman sawi yang digunakan berumur 2-4 minggu yang berdaun 4-5 helai serta memiliki kondisi segar, hal ini sesuai dengan percobaan yang dilakukan oleh Kurniawan (2013). Tanaman sawi dipindahkan dari lahan ke *polybag* dan dimasukan dalam pot plastik dengan media tanam berupa tanah yang telah dicampur dengan pasir dan kompos. Tanaman sawi yang baru dipindahkan dari lahan dibiarkan selama 1 hari agar tanaman sawi dapat kembali segar. Setelah 1 hari, tanaman sawi yang sudah tampak segar kembali dapat digunakan untuk percobaan.

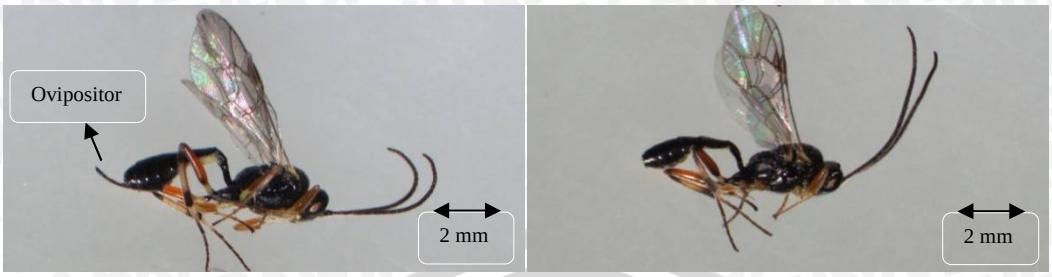
Penyediaan *P. xylostella*. Pembiakan dilakukan dengan suhu 20±2° C. Pembiakan dimulai dengan pengumpulan *P. xylostella* dari lahan kubis di daerah Tumpang dan Poncokusumo Malang, untuk selanjutnya dipelihara di dalam toples. *P. xylostella* yang diambil dari lapang terdiri dari fase larva dan pupa yang kemudian dipisahkan dalam toples yang berbeda. Larva dibiarkan berkembangbiak di dalam toples dengan makanan yang diberikan selama pemeliharaan berupa daun sawi segar. Pemberian dilakukan setiap hari tergantung dari kondisi pakan. Pupa pada toples dibiarkan hingga masa pupa berakhir dan diamati, jika pada pupa yang keluar adalah imago *P. xylostella* maka imago tersebut dipindahkan dalam toples imago. Jika yang keluar adalah parasitoid berupa *D. semiclausum*, maka dipindahkan dalam toples parasitoid (Gambar 15). Demikian dilakukan hingga tersedia lebih kurang 25 larva *P. xylostella* untuk setiap pengujian.

Perbanyakan *D. semiclausum*. Perbanyakan *D. semiclausum* dilakukan di laboratorium pada suhu 20±2° C. Hal ini sesuai dengan kisaran suhu yang digunakan oleh Snoeren (2010) dalam percobaan yang melibatkan respon *D. semiclausum* terhadap MeSA yaitu pada suhu 20±2° C.



Gambar 15. Penyediaan *P. xylostella*. a: Larva dan pupa dari lapang, b: Larva dan pupa dipisahkan, c: Imago *P. xylostella* yang keluar dari pupa *P. xylostella*, d: *D. semiclausum* yang keluar dari pupa *P. xylostella*

Perbanyakan dimulai dengan pengamatan pada toples yang berisi pupa *P. xylostella* dari lapang. *D. semiclausum* yang muncul dari pupa *P. xylostella* dipindahkan ke dalam toples parasitoid. Jika yang muncul adalah parasitoid jantan maka dipindahkan ke toples parasitoid, jika betina dipindahkan ke toples larva yang berisi *P. xylostella* sehingga parasitoid dapat memarasit larva. *D. semiclausum* betina diketahui dari adanya ovipositor (Gambar 16). *D. semiclausum* betina dibiarkan memarasit tanpa melalui kopulasi terlebih dahulu, agar parasitoid yang muncul adalah parasitoid jantan. Setelah 5 menit dari pemindahan *D. semiclausum* betina, dilakukan pengamatan pada toples parasitoid. Jika muncul parasitoid jantan, maka parasitoid tersebut dipindahkan ke toples yang berisi larva *P. xylostella*. Pemindahan ini bertujuan agar terjadi *D. semiclausum* berkopulasi. Pada toples larva selanjutnya diberi kapas yang telah dilumuri madu, sebagai pengganti nektar yang berfungsi sebagai pakan parasitoid (Gambar 17). Demikian dilakukan hingga tercapai 100 parasitoid, yaitu 50 jantan dan 50 betina yang digunakan untuk uji respon.



a b

Gambar 16. Imago *D. semiclausum*. a: betina, b: jantan

a b c

Gambar 17. Perbanyakan *D. semiclausum*. a: Pupa *P. xylostella*, b: *D. semiclausum* jantan dan betina, c: Kopulasi *D. semiclausum* pada toples larva *P. xylostella*

B. Uji Respon *D. semiclausum* pada tanaman sawi terserang *P. xylostella*, pelukaan secara mekanis dan tanaman sawi tanpa pelukaan menggunakan Olfaktometer.

Penelitian ini terdiri dari 4 perlakuan yaitu tanaman sawi yang terserang *P. xylostella*, tanaman sawi dengan pelukaan mekanis, tanaman sawi tanpa pelukaan serta perlakuan tanpa tanaman sawi sebagai kontrol. Parasitoid yang digunakan adalah 100 terdiri dari 50 parasitoid jantan, dan 50 parasitoid betina yang didapatkan dari perbanyakan *D. semiclausum*.

Sebelum pelaksanaan uji respon, dilakukan pengecekan dan pengaturan olfaktometer yang diawali dengan menyalakan blower pada tekanan 800 mbar. Setelah blower menyala, dilakukan pengecekan aliran udara pada ruang organisme. Pengecekan dilakukan dengan cara membuka dan menutup ruang organisme. Apabila terjadi perubahan angka pada *flowmeter*, maka dapat diketahui sudah terjadi aliran udara. Setelah aliran udara mengalir, maka *flowmeter* diatur pada posisi 3 liter/menit. Setelah itu blower dimatikan dan

dilanjutkan dengan menempatkan tanaman sawi ke dalam kotak tanaman. Tanaman sawi yang digunakan berjumlah 3 tanaman, masing-masing ditempatkan ke dalam kotak tanaman A, B dan C. Kotak D dijadikan kontrol dan dibiarkan kosong tanpa tanaman sawi.

Setelah ketiga tanaman sawi telah berada dalam kotak tanaman, perlakuan pada tanaman sawi dilakukan. Perlakuan diawali pada kotak A dengan cara menempatkan larva *P. xylostella* sebanyak 15 ekor pada daun sawi, kemudian dibiarkan selama 30 menit agar daun tanaman sawi terlukai (Gambar 18. a). Pemilihan waktu 30 menit, berdasarkan penelitian dari Dicke (2009) yang menyatakan bahwa senyawa volatil hijau daun yang merupakan salah satu senyawa volatil tanaman akan dikeluarkan 30 menit setelah terjadi serangan hama. Setelah perlakuan pada kotak A selesai, dilakukan perlakuan pada kotak B dengan cara melukai daun tanaman sawi menggunakan gunting pada 5 tepi daun dengan masing-masing daun dilakukan pelukaan sebanyak 3 guntingan (Gambar 18. b). Tanaman sawi pada kotak tanaman C tidak dilakukan pelukaan. Karena waktu untuk perlakuan pada kotak B adalah 30 menit, maka untuk mengisi rentang waktu tersebut dilakukan pemindahan parasitoid dari kotak parasitoid ke kardus yang digunakan untuk penampungan sementara parasitoid (Gambar 19).

a	b

Gambar 18. Tanaman sawi. a: yang terserang *P. xylostella*, b: dengan pelukaan mekanis

Setelah mencapai 30 menit dari perlakuan pada kotak A, uji respon mulai dilakukan. Uji respon dimulai pukul 07.00 WIB dan diakhiri pukul 09.30 WIB. Hal ini berdasarkan penelitian Heil (2004) bahwa herbivora aktif memakan pada pagi hari pukul 08.00-10.00 dan malam hari pukul 08.00-11.00.

Gambar 19. Kardus wadah sementara parasitoid

Uji respon diawali dengan menyalakan blower. Hal ini agar aliran udara dari kotak tanaman dapat tertarik menuju ruang organisme. Kemudian parasitoid diambil satu ekor secara acak dari kardus menggunakan vial film dan dipindahkan ke ruang organisme. Setelah parasitoid berada di dalam ruang organisme, dilakukan penutupan ruang organisme. Tutup ruang organisme dirapatkan hingga keempat *flowmeter* menunjukan tekanan 3 liter/menit. Jika dari keempat *flowmeter* ada yang menunjukan angka lebih atau kurang dari 3 liter/menit, dilakukan pengaturan hingga mencapai 3 liter/menit. Hal ini agar jumlah aliran udara yang keluar pada tiap *flowmeter* adalah sama. Setelah itu *stopwatch* mulai dinyalakan dan kain hitam mulai ditutupkan agar cahaya disekitar olfaktometer tidak mengganggu respon parasitoid. Kemudian diamati respon *D. semiclausum* hingga 3 menit setelah waktu pada *stopwatch* dijalankan. Pengamatan dilakukan pada jenis cabang ruang organisme yang didatangi oleh *D. semiclausum*, sekaligus diamati jenis kelamin *D. semiclausum* yang diuji. Demikian dilakukan sampai parasitoid ke 100.

Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan cara uji Qi Kuadrat, hingga didapatkan nilai p. Uji Qi Kuadrat dilakukan dua kali, yaitu I dengan mempertimbangkan jenis kelamin parasitoid dan II tanpa mempertimbangkan jenis kelamin parasitoid.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa 39% *D. semiclausum* yang diuji tidak menunjukkan respon. Sedangkan 61% *D. semiclausum* menunjukkan respon dengan memilih salah satu dari 4 perlakuan. *D. semiclausum* dikatakan menunjukkan respon ketika *D. semiclausum* menghampiri salah satu cabang, baik berdiam di depan lubang cabang, maupun masuk kedalam salah satu cabang. *D. semiclausum* dikatakan tidak merespon, jika parasitoid itu hanya diam ditengah ruang organisme, maupun hanya berputar-putar tanpa berhenti pada salah satu cabang selama 3 menit. Persentase *D. semiclausum* yang merespon perlakuan lebih tinggi 22% dibanding yang tidak merespon, hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar *D. semiclausum* merespon perlakuan yang diberikan (Tabel 2).

Tabel 2. Respon *D. semiclausum* pada berbagai perlakuan

No	Perlakuan	Parasitoid ♂ (%)	Parasitoid ♀ (%)	Total (%)
1.	Tanaman sawi tanpa pelukaan	6	5	11
2.	Tanaman sawi terserang *P. xylostella*	14	16	30
3.	Tanaman sawi dengan pelukaan mekanis	8	5	13
4.	Kontrol-Tanpa pelukaan	4	3	7
5.	Tidak Merespon	18	21	39

Dari Uji Qi Kuadrat I, diketahui bahwa *D. semiclausum* jantan dan betina menunjukkan respon yang sama pada seluruh perlakuan ($p > 0,05$) (Tabel 3). Pada umumnya diketahui bahwa parasitoid betina memiliki peran yang sangat penting terhadap parasitasi inang. Namun, parasitoid jantan juga diperlukan dalam proses parasitasi karena hanya ketika terjadi kopulasi maka akan dilahirkan parasitoid betina. Sedangkan kopulasi membutuhkan keberadaan parasitoid jantan dan betina. Hal inilah yang menyebabkan respon antara parasitoid jantan dan betina adalah sama, yaitu menghampiri tanaman sawi pada semua perlakuan dengan tujuan menemukan pasangan. Pivnick *et al*., (1990) *dalam* Sholicah (2004) menyatakan bahwa serangga jantan dan betina virgin merespon bau senyawa untuk menemukan kelompoknya yang dapat dijadikan sebagai pasangan kawin.

Serangga jantan merespon bau tanaman inang tidak hanya untuk keperluan biologis tetapi juga sebagai tempat untuk berlindung.

Tabel 3. Perbandingan respon *D. semiclausum* pada uji Qi Kuadrat I dan II

Perbandingan	Perlakuan yang dibandingkan	Persentase *D. semiclausum* yg dibandingkan (%)	Selisih Persentase *D. semiclausum* yg dibandingkan (%)	Nilai p Uji Qi Kuadrat	
				I	II
1.	- Tidak merespon	39	22	0,539	0,000
	- Merespon	61			
2.	- Kontrol	7	47	0,792	0,033
	- Perlakuan dengan tanaman sawi	54			
3.	- Tanaman sawi terserang *P. xylostella*	30	13	0,370	0,007
	- Tanaman sawi dengan pelukaan mekanis	13			
4.	- Tanaman sawi dengan pelukaan	43	42	0,841	0,055
	- Tanaman sawi tanpa pelukaan	11			

Keterangan : Angka I adalah nilai p uji Qi Kuadrat dengan mempertimbangkan jenis kelamin *D. semiclausum* sedangkan angka II adalah nilai p tanpa mempertimbangkan jenis kelamin *D. semiclausum.*

Dari uji Qi Kuadrat jenis II yaitu tanpa mempertimbangkan jenis kelamin *D. semiclausum*, diketahui bahwa *D. semiclausum* yang merespon perlakuan lebih tinggi 22% secara nyata dibanding yang tidak merespon (Tabel 3 perbandingan 1).

D. semiclausum yang merespon perlakuan lebih tinggi dibanding yang tidak merespon. Hal ini dikarenakan senyawa volatil yang dikeluarkan mampu dideteksi, sehingga *D. semiclausum* merespon dengan mendekati sumber dari senyawa volatil tersebut. Seperti yang telah dinyatakan oleh Takabayashi *et al.* (2005), bahwa salah satu fungsi dari senyawa volatil adalah untuk menarik musuh alami herbivora. Diketahui pula bahwa pelepasan senyawa volatil berfungsi menandai posisi tanaman yang terserang atau mengetahui keberadaan mangsa dari predator (Pierre *et al*. 2011).

D. semiclausum yang memilih perlakuan dengan tanaman sawi juga lebih tinggi, 47% secara nyata dibanding yang memilih perlakuan tanpa tanaman (Tabel 3 perbandingan 2). *D. semiclausum* yang memilih perlakuan dengan tanaman lebih tinggi dibanding yang memilih kontrol. Hal ini dikarenakan *D. semiclausum* mampu membedakan bau suatu tanaman melalui senyawa volatil yang dikeluarkan, seperti yang diungkapkan oleh Bukovinszky *et al*. (2004), bahwa *D. semiclausum* memang lebih tertarik pada bau tanaman walau tidak terinfeksi dibanding bau dari udara bersih. Selain itu, senyawa volatil yang dikeluarkan oleh tanaman sangat penting untuk menentukan respon bagi parasitoid. Semua keputusan dalam pencarian inang oleh parasitoid dipengaruhi oleh senyawa volatil yang dikeluarkan oleh tanaman, juga dari herbivora (inang atau mangsa), dan dari alelokimia sebagai hasil interaksi herbivora dan tanaman inangnya (Puspitarini, 2009).

D. semiclausum yang memilih tanaman sawi yang terserang *P. xylostella* lebih tinggi 13% secara nyata dibanding yang memilih tanaman sawi dengan luka mekanis (Tabel 3 perbandingan 3). *D. semiclausum* yang memilih tanaman terserang *P. xylostella* lebih tinggi dibanding yang memilih tanaman dengan pelukaan mekanis. Hal ini disebabkan karena perbedaan komposisi bau yg dikeluarkan pada tanaman yang luka, dan parasitoid mampu membedakan komposisi tersebut. Hasil yang hampir serupa juga telah didapatkan pada beberapa penelitian sebelumnya. Cambell (2008) menyatakan bahwa senyawa volatil yang dilepaskan dari daun dengan pelukaan secara mekanis dalam percobaan tidak memiliki efek yang sama dengan senyawa volatil yang dikeluarkan karena serangan hama langsung. Selain itu dalam percobaan yang dilakukan oleh Allman

(2010) mengenai senyawa volatil hijau daun yang merupakan salah satu sinyal kimia oleh tumbuhan. Diketahui bahwa musuh alami larva *M. sexta* mampu membedakan serangan yang disebabkan oleh larva dan serangan yang disebabkan karena luka mekanis. Diketahui jika senyawa volatil yang diinduksi atau diserang oleh hama, secara kualitatif dan kuantitatif berbeda dari senyawa kimia yang dikeluarkan oleh tanaman yang tidak diserang herbivora maupun oleh tanaman dengan kerusakan buatan atau mekanis. Nilai yang spesifik dari senyawa volatil tanaman yang diinduksi lebih dapat dideteksi dan dipercaya oleh musuh alami sebagai indikasi adanya inang atau mangsa pada tanaman (Puspitarini, 2009). Sedangkan *D. semiclausum* yang memilih tanaman dengan pelukaan lebih tinggi 32%, tapi secara tidak nyata dibanding yang memilih tanaman tanpa pelukaan (Tabel 3 perbandingan 4).

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa *D. semiclausum* jantan dan betina sama-sama tertarik pada seluruh perlakuan. *D. semiclausum* jantan dan betina lebih tertarik pada tanaman sawi yang terserang *P. xylostella* dibandingkan tanaman sawi dengan pelukaan mekanis dan lebih tertarik pada keberadaan volatil tanaman sawi dibandingkan tanpa adanya tanaman.

Saran

Penelitian ini telah mampu mengetahui respon *D. semiclausum* pada tanaman sawi dengan berbagai pelukaan. Akan tetapi, perlu dilakukan uji lanjutan dengan memperbanyak jumlah parasitoid, agar hasil yang diperoleh lebih terpercaya. Selain hal tersebut, hindari menjatuhkan parasitoid dengan hentakan pada vial film saat memasukkan di ruang organisme. Hal ini karena parasitoid cenderung tidak merespon ketika mengalami hentakan.

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

DAFTAR PUSTAKA

Allmann S. 2010. Insects Betray Themselves in Nature to Predators by Rapid Isomerization of Green Leaf Volatiles. Science: 329: 1075-1078.

Anonymous. 2013. Hama dan Penyakit Tanaman Sawi. Diunduh dari http://floradanfauna.net/hama-dan-penyakit-pada-tanaman-sawi-caisim-dan-pakcoy.html pada tanggal 04 Mei 2014.

Anonymous. 2014. Parasitoid of *Plutella xylostella*. Diunduh dari http://cookislands. bishopmuseum.org/species.asp?id=9211 pada tanggal 08 April 2014.

Bento J. 2006. Herbivore Induced Plant Senyawa volatile. Diunduh dari http://www.scielo.br/scielo.php?script=sciarttext&pid=S1519566X2006000200001 pada tanggal 08 April 2014.

Bukovinszky T, Gols R, Posthumus MA, Vet LEM, dan Lenteren JCV. 2004. Variation In Plant Volatiles And Attraction Of The Parasitoid *D. semiclausum* (HELLEN). J. Chem Ecol 31:461–480.

Cambell NA, Reece JB, Mitchell LG. 2008. Biologi. Erlangga: Jakarta.

Dicke M, Loon JJAV, Soler R. 2009. Chemical complexity of volatiles from plants induced by multiple attack. Nat. Chem Biol 5:317–324.

Endah J, Novizan. 2002. Mengendalikan Hama & Penyakit Tanaman. AgroMedia Pustaka: Jakarta.

Fataorous NE, Barbosa DL, Weldegergis BT, Pashalidou FG, Loon JJAV, Dicke M, Harvey JA, Gols R, Huigens ME. 2012. Plant Volatiles Induced by Herbivore Egg Deposition Affect Insects of Different Trophic Levels. PLoS ONE 7(8): e43607.

Heil M. 2004. Direct Defense or Ecological Costs: Responses of Herbivorous Beetles to Volatiles Released by Wild Lima Bean (*Phaseolus lunatus*). J. Chem Ecol 30: 149–155.

Herlinda S. 2005. Parasitoid dan Parasitisasi *P. xylostella* (L.) (Lepidoptera: Yponomeutidae) di Sumatera Selatan. J. Hayati 12: 151-156.

Jahangir M, Kim HK, Choi YH, Verpoorte R. 2009. Health-Affecting Compounds in Brassicaceae. Inst. of Biology, University Leiden. Vol. 8: 31-43.

Joko S, Wibisono I. 2007. Hama dan Penyakit Tanaman Sayuran. Citra Aji Parama: Yogyakarta

Kurniawan N, Yuliani, Rachmadiarti F. 2013. Uji Bioaktivitas Ekstrak Daun Suren (*Toona sinensis*) terhadap Mortalitas Larva *P. xylostella* pada Tanaman Sawi Hijau. Lentera Bio 3: 203–206.

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Kusnaedi. 1996. Pengendalian Hama tanpa Pestisida. Penebar Swadaya: Bekasi.

Lobo A. 2012. *Plutella xylostella*. Diunduh dari http://fapertaundanaoptpare. blogspot.com/2012/12/plutellaxylostella.html pada tanggal 08 April 2014.

Mudjiono G. 1994. Pengendalian hayati terhadap serangga hama: Peranan serangga entomofagus. Lembaga penerbitan Fakultas Pertanian UB: Malang.

Nurindah, Sunarto DA, Sujak, Asbani N, Amir AM. 2011. Pemanfaatan Ekstrak Tanaman untuk Atraktan Predator dan Parasitoid Wereng Kapas. Buletin Tanaman Tembakau, Serat dan Minyak Industri 4: 21-31.

Pare PW, Lewis J, dan Tumlinson JH. 2000. Induced Plant Volatiles: Biochemistry and Effects on Parasitoids. H.167-180. In Agrawal AA, Tuzun S, dan Bent E (eds). Induced Plant Defenses Againts Pathogens and Herbivores. APS Press, St. Paulo.

Pierre PS, Jansen JJ, Hordijk CA, Dam NMV, Cortesero AM, Dugravot, Sébastien. 2011. Differences in Volatile Profiles of Turnip Plants Subjected to Single and Dual Herbivory Above- and Belowground. J. Chem Ecol 37:368–377

Puspitarini RD. 2009. Peranan Alelokimia Dalam Interaksi Tiga Jenjang Tropik: Pemandu Parasitoid dan Arthropoda Predator Dalam Menemukan Inang Atau Mangsanya. Jurnal Mapeta.

Rukmana R. 1994. Bertanam Petsai dan Sawi. Penerbit Kanisius: Jakarta

Sardi. 2014. Diamondback moth. Diunduh dari http://www.sardi.sa.gov.au/ pestsdiseases/horticulture/horticulturalpests/diamondback_moth/descriptio n_and_enemies pada tanggal 08 April 2014.

Sastrosiswojo S. 1987. Perpaduan pengendalian secara hayati dan kimiawi hama larva daun kubis (*P. xylostella* L; Lepidoptera: Yponomeutidae) pada tanaman kubis. Disertasi : Fakultas Pascasarjana UNPAD, Bandung. 388 h. (Tidak dipublikasikan).

Sastrosiswojo S, Uhan TS, Sutarya, Rachmad. 2005. Penerapan teknologi PHT pada tanaman Kubis. Balai Penelitian Tanaman Sayuran: Lembang.

Sembel DT. 2010. Pengendalian Hayati. Penerbit Andi: Manado.

Shiojiri K, Ozawa R, Kugimiya S, Uefune M, van Wijk M, *et al*. 2010. Herbivore-Specific, Density-Dependent Induction of Plant Volatiles: Honest or ‘‘Cry Wolf’’ Signals?. PLoS ONE 5(8): e1216.

Sirimbun. 2011. Hama-hama Penting Tanaman Sayuran. Diunduh dari html .http://lifetoscienceadventure.blogspot.com/2011/03/hama-hama-penting-tanaman-sayuran.html pada tanggal 08 April 2014.

Snoeren, Tjeerd AL, Mumm R, Poelman EH, Yang Y, Pichersky E, Dicke M. 2010. The Herbivore-Induced Plant Volatile Methyl Salicylate Negatively Affects Attraction of the Parasitoid *D. semiclausum*. J. Chem Ecol 36: 479–489.

Solichah, Chimayatus, Witjaksono, dan Martono, E. 2004. Ketertarikan *P. xylostella* L terhadap Beberapa Macam Ekstrak Daun Cruciferae. Agrosains 6: 80-84.

Sudarmo S. 1990. Pengendalian Serangga Hama Sayuran & Palawija. Penerbit Kanisius: Kebun Percobaan Asembagus.

Takabayashi J, Sabelis MW, Janssen A, Shiojiri K, Wijk MV. 2005. Can plants betray the presence of multiple herbivore species to predators and parasitoids? The role of learning in phytochemical information networks. Ecol Res 21:3–8.

Wardani N, Nazar A. 2002. Evaluasi Tingkat Parasitasi Parasitoid Telur dan Larva terhadap *P. xylostella* L. (Lepidoptera: Yponomeutidae) pada Tanaman Kubis-Kubisan. J. Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika 2: 55-59.

Woods JL, James DG, Lee JC, Gent DH. 2011. Evaluation of airborne methyl salicylate for improved conservation biological control of two-spotted spider mite and hop aphid in Oregon hop yards. Exp Appl Acarol 55: 401–416.

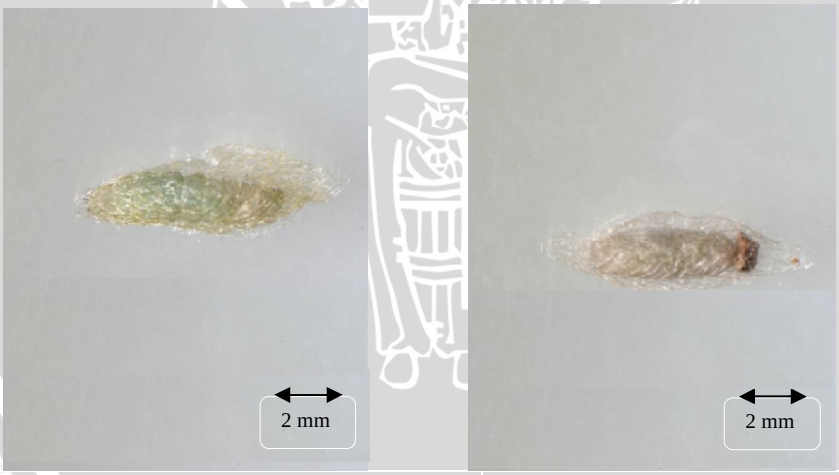
Vos, HCCAA. 1953. Introduction in Indonesia of *Angitia cerophaga* Grav., a Parasite of *Plutella Maculipennis* Curt. Pemberitaan Balai Besar Penjelidikan Pertanian: Bogor.

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

LAMPIRAN

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Gambar Lampiran 1. Larva *Plutella xylostella*



a b

Gambar Lampiran 2. Pupa *P. xylostella*.a: tidak terparasit, b:terparasit

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Tabel Lampiran 1. F0 dan FH pada uji Qi Kuadrat dengan mempertimbangkan jenis kelamin *D. semiclausum*

Perlakuan yang dipilih	F0			FH		
	D. semiclausum		Total	*D. semiclausum*		Total
	♂	♀		♂	♀	
Tanamansawi tanpa pelukaan	6	5	11	10	10	20
Tanamansawi terserang *P. xylostella*	14	16	30	10	10	20
Tanamansawi dengan pelukaan mekanis	8	5	13	10	10	20
Kontrol- Tanpa tanaman	4	3	7	10	10	20
Tidak ada respon	18	21	39	10	10	20
Total	50	50	100	50	50	100

Keterangan : F0 adalah frekwensi yang didapatkan, sedangkan FH adalah frekwensi yang diharapkan.

Tabel Lampiran 2. F0 dan FH pada uji Qi Kuadrat tanpa mempertimbangkan jenis kelamin *D. semiclausum*

	F0	FH
Tanamansawi tanpa pelukaan	11	20
Tanamansawi terserang *P. xylostella*	30	20
Tanamansawi dengan pelukaan mekanis	13	20
Kontrol- Tanpa tanaman	7	20
Tidak ada respon	39	20
Total	100	100

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Tabel Lampiran 3. Uji Qi Kuadrat pada perbandingan dengan mempertimbangkan jenis kelamin*D. semiclausum*

Cell	F0	FH	F0-FH	F0-FH^2	(F0-FH)^2/FH
a	6	5.5	0.5	0.25	0.045454545
b	5	5.5	-0.5	0.25	0.045454545
c	14	15	-1	1	0.066666667
d	16	15	1	1	0.066666667
e	8	6.5	1.5	2.25	0.346153846
f	5	6.5	-1.5	2.25	0.346153846
g	4	3.5	0.5	0.25	0.071428571
h	3	3.5	-0.5	0.25	0.071428571
i	18	19.5	-1.5	2.25	0.115384615
j	21	19.5	1.5	2.25	0.115384615
				χ^2=	1.29017649

Keterangan : χ^2 adalah nilai Qi Kuadrat.

Tabel Lampiran 4. Uji Qi Kuadrat pada perbandingan tanpa mempertimbangkan jenis kelamin*D. semiclausum*

Cell	F0	FH	F0-FH	F0-FH^2	(F0-FH)^2/FH
a	11	20	-9	81	4.05
b	30	20	10	100	5
c	13	20	-7	49	2.45
d	7	20	-13	169	8.45
e	39	20	19	361	18.05
				χ^2=	38

Tabel Lampiran 5. Hasil Uji Qi KuadratI pada masing-masing perbandingan perlakuan dengan mempertimbangkan jenis kelamin*D. semiclausum*

No	Perlakuan yang dibandingkan	χ^2	Nilai p
1.	Tidak merespon perlakuan dibanding merespon	0,38	0,539
2.	Kontrol dibanding perlakuan dengan tanaman sawi	0,07	0,792
3.	Tanaman sawi terserang *P. xylostella*dibanding pelukaanmekanis	0,80	0,370
4.	Tanaman sawi dengan pelukaan dibanding tanaman sawi tanpa dilukai	0,04	0,841

Tabel Lampiran 6. Hasil Uji Qi KuadratII pada masing-masing perbandingan perlakuantanpa mempertimbangkan jenis kelamin*D. semiclausum*

No	Perlakuan yang dibandingkan	χ^2	Nilai p
1.	Tidak merespon perlakuan dibanding merespon	22,56	0,000
2.	Kontrol dibanding perlakuan dengan tanaman sawi	4,54	0,033
3.	Tanaman sawi terserang *P. xylostella* dibanding pelukaan mekanis	7,23	0,007
4.	Tanaman sawi dengan pelukaan dibanding tanaman sawi tanpa dilukai	3,68	0,055

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA