

ABSTRAK

Identifikasi, Uji Laboratorium dan Lapangan Feromon Seks Penggerek Umbi Kentang *Phthorimaea operculella* Zell. (Lepidoptera : Gelechiidae) Asal Indonesia

Oleh :

Agus Susanto* dan Agus Dana Permana**

Penggerek umbi kentang (Potato Tuber Moth = PTM), *Phthorimaea operculella* Zell. (Lepidoptera : Gelechiidae) merupakan salah satu hama penting pada tanaman kentang. Hasil berbagai penelitian pada serangga *P. operculella* menunjukkan terdapat perbedaan komposisi feromon seks ngengat betina dari berbagai daerah geografik yang berbeda. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui aspek biologis *P. operculella* Zell. Strain Indonesia dan mengidentifikasi feromon seks ngengat betina *P. operculella* Zell. serta pengujiannya di laboratorium dan lapangan. Penelitian dilakukan di Laboratorium Entomologi dan Ruang Analisis, Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan dan Laboratorium Entomologi dan Ruang Analisis FMIPA ITB dari bulan Juni 2003 sampai Nopember 2004. Serangga uji yang digunakan dalam penelitian ini dikoleksi dari pertanaman kentang milik petani di daerah Pangalengan, Kabupaten Bandung. Perbanyakan serangga dilakukan di Lab. Entomologi pada kondisi temperatur $26 \pm 2^\circ\text{C}$ dan kelembaban relatif 70-80% serta periode gelap-terang 12 : 12. Siklus hidup diamati pada kondisi laboratorium, Identifikasi ekstrak ujung abdomen dilaksanakan di Ruang Analisis, Jurusan Biologi FMIPA ITB dengan Gas Chromatography (GC : Shimadzu 17A) yang dilengkapi dengan Detektor Ionisasi Nyala (FID). Uji laboratorium feromon seks *P. operculella* dilakukan dengan menggunakan Tabung Olfaktometer. Pengujian lapangan dilaksanakan pada bulan Mei 2004 di desa Cisurili-Pangalengan, sekitar 40 km Selatan kota Bandung. Hasil penelitian menunjukkan bahwa :

1. Betina virgin *P. operculella* melakukan perilaku memanggil (calling behavior) mulai umur 1 hari dan mencapai maksimum pada hari ke-3 pada periode 7 sampai 8 jam setelah scotophase.
2. Dua senyawa feromon seks *P. operculella* berhasil diidentifikasi, yaitu (E,Z)-4,7-13 Ac (trans-4, cis-7-tridecadienyl acetate) dan (E,Z,Z)-4,7,10-13 Ac (trans-4, cis-7, cis-10-tridecatrienyl acetate) dengan rasio 1 : 2,5. Proporsi komposisi feromon seks tersebut berbeda dengan feromon betina *P. operculella* dari daerah lain.
3. Berdasarkan pengujian di laboratorium dan di lapangan, ngengat jantan *P. operculella* memberikan respon positif terhadap semua jenis feromon uji. Campuran (E,Z)-4,7-13 Ac dan (E,Z,Z)-4,7,10-13 Ac dengan rasio 1 : 1 memberikan hasil tangkapan ngengat jantan yang paling banyak di lapangan dan secara statistik tidak berbeda nyata dengan hasil tangkapan feromon sintetik dari Center International Potato, Peru.

ABSTRACT

Identification, laboratory test and field trial of sex pheromone of potato tuber moth *Phthorimaea operculella* Zell. (Lepidoptera : Gelechiidae) of Indonesia

Phthorimaea operculella is the most important pest an essential pest of potato. Researchs have demonstrated that different composition of sex pheromone produced by female from different region of origin. The research was carried out to determinate the life cycle of PTM Indonesian strain and to identify PTM female adult sex pheromone in the laboratory and field trial, the experiment was conducted in entomology laboratorium of plant pest a disease science and FMIPA ITB science June 2003 to November 2004. The experimental insects used were collected from Pangalengan, Kab. Bandung. Insect rearing was conducted in lab of entomology at $26^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$, relative humidity 70% - 80 % and 12 : 12 photoperiod. The life cycle was

absorbed at laboratory condition while identification extract of abdomen was carried out in analytical room of Department of Biology FMIPA ITB using Gas Chromatography accompanied with Flame Ionization Detector, the laboratory test of sex pheromone of PTM conducted using Olfactometer. Field trial was carried out on May 2004, Cisurili, Pangalengen, West Java.. The result demonstrated :

1. Calling behaviour of virgin of PTM started at day 1 and peaked at day 3, 7, 8 hr after scotophase.
2. Two compound of sex pheromone of PTM were identified as (E,Z)-4,7-13 Ac (trans-4, cis-7-tridecadienyl acetate) and (E,Z,Z)-4,7,10-13 Ac (trans-4, cis-7, cis-10-tridecatrienyl acetate). This composition was different to the other female of PTM from other region.
3. Based on the result of lab a field trial, male adult of PTM gave positive response against all tested pheromone the mixture of (E,Z)-4,7-13 Ac and (E,Z,Z)-4,7,10-13 Ac, 1 : 1 ratio showed highest capture of male adult on the field and statistically different to the result of pheromone sintetic from Centre International Potato, Peru.

* Staf Pengajar Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian UNPAD

** Staf Pengajar SITH, ITB Bandung

I. PENDAHULUAN

Penggerak umbi kentang (Potato Tuber Moth = PTM), *Phthorimaea operculella* Zell. (Lepidoptera : Gelechiidae) merupakan salah satu hama penting pada tanaman kentang. Hama ini berasal dari Amerika Selatan dan menyebar ke seluruh dunia (Raman & Booth, 1983 ; Palacios & Cisneros, 1996 ; Toguchi, 1998). Selain menyerang kentang, hama ini juga menyerang tomat, tembakau, terung dan keluarga Solanaceae lainnya (Kalshoven, 1981; Das & Raman, 1994).

Usaha untuk mengatasi masalah tersebut diarahkan pada pengendalian hama secara terpadu. Alternatif yang mempunyai prospek untuk dikembangkan adalah penggunaan feromon seks. Feromon seks merupakan salah satu alat untuk memantau populasi hama dan sekaligus dapat digunakan untuk menekan serangan *P. operculella*. Hal ini dapat dilakukan diantaranya dengan memadukan feromon seks dan komponen pengendali lainnya (Millar *et al.*, 1996; Cheng *et al.*, 1996).

Salah satu aspek penting dalam kajian mengenai feromon seks adalah adanya indikasi respon yang berbeda dari suatu spesies terhadap feromon seks dari spesies yang sama dari daerah geografik yang berbeda (McElfresh & Millar, 1999). Sebagai contoh kasus pada serangga *Etiella zinckenella* Tereitschke, feromon seks serangga betina asal Mesir tidak direspon oleh serangga *Etiella zinckenella* Tereitschke jantan di daerah Asia Timur (Toth, 1996). Hasil penelitian Angerilli *et al.* (1998) di Tomohon (Sulawesi Selatan) dan di Lembang (Jawa Barat) terhadap serangga *Plutella xylostella* L. (Diamondback Moth) menunjukkan terdapat perbedaan

ketertarikan serangga jantan terhadap feromon sintetis. Miller *et al.* (1997) mencatat beberapa kasus variasi geografik dari feromon seks pada serangga *Ostrinia nubilalis* Hubner, *Amorbia caneata*, *Ctenopseustis abliquana*, dan *Ips pini*. Kasus lain terjadi juga pada *Hemileuca electra* (McElfresh & Millar, 1999).

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Entomologi ITB dan di areal pertanaman kentang di daerah Pangalengan. Penelitian pada tahun pertama difokuskan pada kajian feromon seks *P. operculella* dimana diharapkan diperoleh data-data mengenai feromon seks *P. operculella* asal Indonesia.

II. METODE PENELITIAN

Pemeliharaan *P. operculella*.

Larva *P. operculella* dikoleksi dari pertanaman dan gudang kentang milik petani di daerah Pangalengan dan dikembangbiakan di Lab. Entomologi, Jurusan Biologi FMIPA ITB pada kondisi temperatur 24°C - 28°C dan kelembaban relatif 70 % - 80 % serta periode gelap-terang 12 : 12. Larva dipelihara dalam wadah plastik (25 x 20 x 5 cm), diberi pakan alami (umbi kentang) kemudian setelah larva memasuki akhir instar-V, dipindahkan ke wadah lain sampai terbentuk pupa. Masing-masing pupa dipindahkan ke dalam vial silinder (vol. 100 ml) yang telah dilengkapi dengan larutan sukrosa 10% sebagai makanan imago (Setiawati dkk., 1998). Untuk rearing massal dimasukkan 20 pasang imago umur 1 - 3 hari ke dalam kurungan (30 x 30 x 40 cm) berisi tanaman kentang dalam polybag yang dilengkapi dengan larutan sukrosa 10% sebagai makanan imago

Siklus Hidup *P. operculella*

Pada tahap ini dilakukan pengamatan beberapa karakter biologis, seperti : periode untuk inkubasi telur, periode larva, periode pupa dan periode imago. Waktu inkubasi telur dihitung dari mulai waktu peneluran sampai telur menetas menjadi larva. Periode larva dihitung mulai dari pertama larva keluar dari telur sampai menjadi pupa. Periode pupa dihitung mulai dari pre-pupa sampai menjadi imago. Periode imago dihitung mulai dari menjadi imago sampai mati. Pengamatan lainnya pada tahap ini adalah perbedaan ciri serangga jantan dan betina serta penghitungan jumlah telur yang dihasilkan dari rata-rata 100 ekor betina.

Perilaku Memanggil (“Calling Behavior”)

Perilaku memanggil merupakan salah satu aspek dasar yang perlu diketahui dalam penelitian feromon seks (Kirsch, 1996). Kajian perilaku memanggil dilakukan dengan mengamati 20 ngengat betina yang belum berkopulasi selama 5 hari berturut-turut. Masing-masing ngengat betina dimasukkan ke dalam vial silinder (vol. 100 ml) dan diberi makan larutan sukrosa 10 %. Selanjutnya dilakukan pengamatan terhadap aktivitas/perilaku memanggil dari

ngengat betina setiap jam sepanjang malam, dimulai dari saat periode gelap yakni jam 18.00 – 06.00 (Kamimura & Tatsuki, 1993). Perlakuan diulang sebanyak 3 kali.

Ekstraksi dan Koleksi Feromon Seks

Kelenjar feromon diperoleh dengan memotong ujung abdomen (abdominal tip) 20 ekor ngengat betina yang belum kawin (virgin) yang berumur 1 – 3 hari. Pemotongan dilakukan setelah 4 - 7 jam scotophase (jam 22.00 – 01.00 dini hari). Ekstrak feromon dikumpulkan dari serangga uji sebanyak 20 ekor (Toth *et al.*, 1984). Selanjutnya ujung abdomen tersebut dimasukkan ke dalam botol gelas kecil (vol. 5 ml) dengan tutup teflon dan diekstraksi dengan larutan heksan sebanyak 200 µl selama 5 menit. Kemudian botol tersebut diberi label dan ditutup dengan parafilm dan disimpan dalam freezer dengan suhu -10°C (Ono *et al.*, 1990) untuk keperluan analisis maupun pengujian baik di laboratorium maupun di lapangan. Dalam pengujian dan identifikasi kimia senyawa feromon seks dari ujung abdomen ngengat betina *P. opeculella* virgin dilakukan preparasi larutan senyawa feromon standar, dengan cara mengencerkan dengan pelarut heksan dengan perbandingan 1 : 10. Setiap senyawa feromon standar dimasukkan ke dalam botol gelas kecil (vol. 5 ml) sebanyak 10 µl, kemudian ditambahkan pelarut heksan sebanyak 100 µl. Kemudian botol gelas tersebut ditutup dengan tutup teflon, diberi label dan disegel dengan parafilm untuk menghindari penguapan.

Identifikasi Kimia Feromon Seks

Identifikasi ekstrak ujung abdomen dilaksanakan di Ruang Analisis, Jurusan Biologi FMIPA ITB dengan Gas Chromatography (GC : Shimadzu 17A) yang dilengkapi dengan Detektor Ionisasi Nyala (FID). Nitrogen digunakan sebagai gas pembawa pada tekanan kolom 100 kPa. Kolom yang digunakan adalah kolom nonpolar DB-5 (panjang 30 m, ϕ 0,32 mm, id 0,25 µm). Injeksi dibuat dalam mode *splitless* dengan temperatur kolom awal 60°C selama 2 menit, setelah itu temperatur dinaikkan menjadi 120°C selama 3 menit dengan kenaikan rata-rata 20°C/menit, kemudian dinaikkan kembali sampai 240°C selama 5 menit dengan kenaikan rata-rata 10°C/menit. Setelah kondisi GC tersebut di atas diprogram, sampel diinjeksikan dengan menggunakan mikrosyring ke dalam injektor kolom. Feromon standar diinjeksikan dengan volume injeksi 0,4 µl, setelah dikondisikan kemudian diinjeksikan ekstrak ujung abdomen dengan volume injeksi 4 µl. Selanjutnya hasil identifikasi dapat dibaca pada kromatogram berdasarkan waktu retensi serta luas area dari peak/puncak senyawa yang diidentifikasi. Untuk mengetahui jenis senyawa feromon betina *P. opeculella* dapat dibandingkan dari waktu retensi senyawa hasil ekstrak dengan waktu retensi feromon standar. Luas area dapat digunakan untuk menghitung komposisi senyawa feromon ekstrak kelenjar betina *P. opeculella* (µl/female).

Uji Laboratorium Senyawa Feromon Seks dengan Tabung Olfaktometer

Uji laboratorium feromon seks *P. operculella* dilakukan dengan menggunakan tabung Olfaktometer (tabung Y) dengan senyawa uji berupa ekstrak kelenjar feromon, berbagai campuran feromon standar sesuai dengan hasil analisis GC dan perbandingan dari literatur (1 : 1; 1 : 2,5 ; 1 : 3), senyawa feromon standar secara sendiri-sendiri ((E,Z)-4,7-13 Ac dan (E,Z,Z)-4,7,10-13 Ac), feromon sintetis (CIP) dan betina *P. operculella* “virgin” serta heksan sebagai kontrol (tabung B). Senyawa uji dimasukkan ke dalam kapsul karet (tabung A) secara terpisah masing-masing 50 µl dan dibiarkan mengering, sedang betina “virgin” langsung dimasukkan ke tabung C dengan memberi larutan madu sebagai makanannya. Sebanyak 10 ekor ngengat jantan dimasukkan ke dalam tabung C, sedangkan senyawa uji dimasukkan ke dalam tabung A dan heksan sebagai kontrol dimasukkan ke dalam tabung B. Selanjutnya dialirkan udara basah dari pompa (Medipump, 1132D) melalui selang plastik pada tabung A dan tabung B. Jumlah ngengat jantan yang masuk ke dalam tabung A dan B dicatat. Setiap perlakuan diulang sebanyak 4 kali. Untuk menghitung nilai ketertarikan ngengat jantan terhadap senyawa uji, digunakan formula (Smith *et al.*, 1994) :

$$IA = [(A_p - A_k) \times 100 \%] / N$$

Keterangan :

IA = nilai ketertarikan $A_p = \Sigma$ serangga yang tertarik pada senyawa uji

$A_k = \Sigma$ serangga yang tertarik pada senyawa kontrol (heksan)

$N = \Sigma$ serangga uji

Pengujian Lapangan Feromon Seks pada Pertanaman Kentang

Pengujian lapangan dilaksanakan pada bulan Mei 2001 di desa Cisurili-Pangalengan, sekitar 40 km Selatan kota Bandung. Perangkap yang digunakan adalah perangkap air (water trap : 10 cm x 14 cm x 22 cm) yang terbuat dari plastik berisi air yang ditambah detergen untuk menurunkan tegangan permukaan air (Persoons *et al.*, 1976; Raman & Booth, 1983). Senyawa feromon yang diuji adalah campuran : (E,Z)-4,7-13 Ac dan (E,Z,Z)-4,7,10-13 Ac (1:1, 1:2.5, 1:3), feromon sintetis (CIP), feromon hasil ekstrak dan betina virgin. Senyawa uji dimasukkan ke dalam kapsul karet, sedang betina virgin dimasukkan ke dalam vial plastik (vol. 100 ml) yang diberi lubang masing-masing 2 ekor (Persoons *et al.*, 1976). Rancangan yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan 4 kali ulangan. Jadi seluruhnya terdapat 24 perangkap pada luas areal tanaman 500 m². Perangkap ditempatkan di atas permukaan tanah disela-sela tanaman dengan jarak antar perangkap ± 3 meter. Pengamatan dilakukan setiap 3 hari sekali selama periode 20 hari, kemudian dilakukan penghitungan ngengat yang tertangkap. Perangkap dipindah setiap hari untuk menghindari pengaruh preferensi tempat. Seluruh senyawa

uji dan betina virgin diganti setiap 3 hari sekali, sedang untuk feromon sintetik diganti setiap 6 hari sekali.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengamatan Siklus Hidup *P. operculella*

Berdasarkan hasil pengamatan di Laboratorium, *P. operculella* memiliki siklus hidup lengkap dengan 4 tahap perkembangan : telur-larva-pupa-imago. Tabel 1. memperlihatkan hasil pengamatan siklus hidup *P. operculella*.

Tabel 1. Siklus Hidup *P. operculella* pada Kondisi Laboratorium

Stadia Serangga	Hasil Pengamatan n = 100 ekor	Palacios & Cisneros (1996)	Raman (1997)	Setiawati <i>et al.</i> (1998)
Telur (hari)	4 - 5	5	5	5 - 11
Larva (hari)	9 - 17	19	14	21 - 35
Pupa (hari)	7 - 9	8	8	7 - 15
Imago (hari)	9 - 17	-	10 - 15	10 - 16

Dari Tabel 1. Dapat diketahui bahwa terdapat perbedaan pertumbuhan periode serangga, terutama pada periode larva. Hasil pengamatan dan penelitian Raman (1997) terdapat perbedaan yang cukup mencolok bila dibandingkan dengan hasil penelitian Setiawati *et al.* (1998). Hal ini berkaitan erat dengan faktor suhu. Kemungkinan penelitian yang dilakukan Setiawati dilaksanakan pada dataran tinggi dengan suhu yang lebih dingin (Lembang). Variasi suhu lingkungan erat kaitannya dengan letak tempat garis lintang bumi atau ketinggian di atas permukaan laut. Hasil pengamatan yang dilaksanakan di laboratorium Entomologi ITB pada suhu 24°C - 28°C menunjukkan periode larva lebih cepat dibanding dengan hasil penelitian Setiawati dkk. serta hasil penelitian Palacios dan Cisneros yang dilaksanakan pada kondisi suhu 20,6° C.

Selain suhu, faktor jenis makanan juga mempengaruhi siklus hidup serangga. Penelitian Rostaman (1999) pada serangga *S. exigua* yang diberi pakan alami, menunjukkan perbedaan pertumbuhan (dibandingkan dengan penelitian Shorey & Hale (1965) yang diberi pakan buatan), terutama pada periode larva. Hal ini kemungkinan berkaitan erat dengan kondisi nutrisi dan bau yang berbeda dari pakan yang diberikan, sehingga larva memberikan respon yang berbeda pula.

Sebagaimana organisme lain, serangga juga mengalami proses pertumbuhan. Kehidupan serangga sangat erat hubungannya dengan keadaan lingkungan dimana ia hidup. Menurut Pedigo (1999) kecepatan pertumbuhan serangga sangat dipengaruhi oleh lingkungan fisiknya, terutama suhu. Suhu akan mempengaruhi siklus hidup serangga (Palacios & Cisneros, 1996).

Menurut Romoser & Stoffolano (1994); Palacios & Cisneros (1996) semakin tinggi temperatur lingkungan, maka siklus hidup serangga akan semakin lebih pendek. Pada kondisi

suhu yang lebih panas, laju penggunaan cadangan makanan akan meningkat, sehingga memaksa serangga mempercepat laju perkembangannya dan menyebabkan periode hidupnya lebih pendek.

Manfaat dari pengetahuan mengenai aspek biologis ini penting dalam upaya mengatur strategi rearing massal dalam keperluan penelitian feromon seks dan penelitian-penelitian lainnya. Pengetahuan mengenai aspek biologis ini penting dalam pengaturan kebutuhan serangga, pengaturan kemunculan imago dan perkiraan keberadaannya dalam satu musim.

Perilaku Memanggil (“Calling Behavior”)

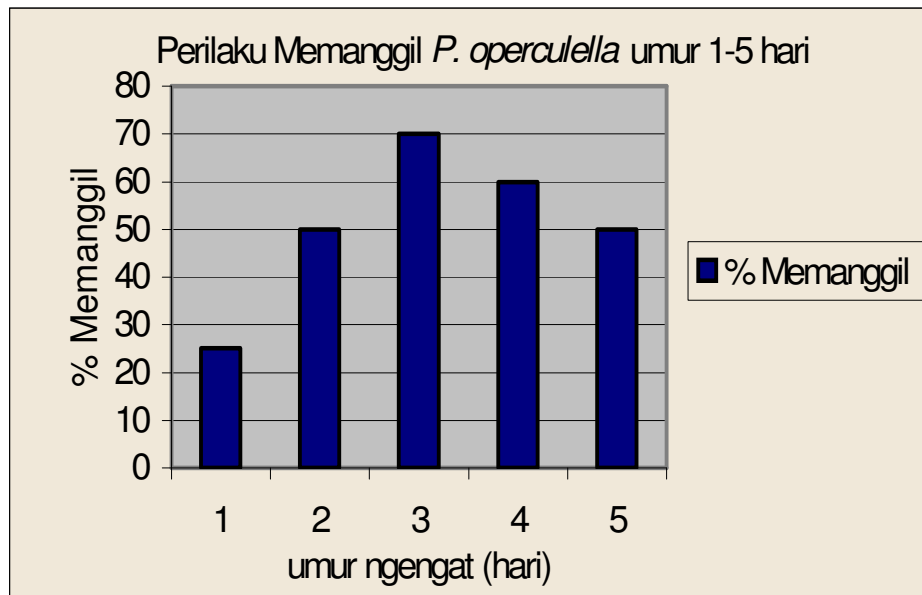
Pengamatan perilaku memanggil dilakukan pada ngengat betina sebanyak 20 ekor. Perilaku memanggil pada ngengat betina *P. operculella* ditunjukkan dengan menekuknya bagian ujung abdomen dan ujung posterior tampak menekan-nekan ke bawah. Ngengat berumur 1 hari mulai menunjukkan perilaku memanggil, 1 jam setelah fase gelap. Jumlah ngengat betina yang menunjukkan perilaku memanggil semakin meningkat sejalan bertambahnya umur dan mencapai puncaknya pada hari ke-3 (70%). Selanjutnya menunjukkan grafik yang cenderung menurun pada hari ke-4 (60%) dan 50% pada hari ke-5 (Gambar 1.). Hal ini didukung oleh hasil penelitian Ono *et al.* (1990) yang menyatakan bahwa rata-rata jumlah feromon harian cenderung menurun seiring dengan bertambahnya umur.

Menurut Ono *et al.* (1990) pelepasan feromon pada serangga *P. operculella* dimulai pada awal scotophase dan berakhir menjelang photophase. Pola ini hampir sama dengan periode memanggil pada serangga *Platynota stultana* dan *Conogethes punctiferalis*. Dari Gambar 1. dapat dilihat bahwa serangga betina *P. operculella* mencapai puncak memanggil pada 7 dan 8 jam setelah scotophase, dari data ini dapat diperkirakan kadar feromon mencapai puncaknya pada waktu tersebut. Namun hal ini tidak sesuai dengan hasil penelitian Ono *et al.* (1990) dimana kadar feromon mencapai puncaknya pada awal scotophase. Sedang menurut Kamimura & Tatsuki (1993) aktivitas memanggil dan perubahan titer feromon dapat diperkirakan mencapai maksimal pada pertengahan scotophase.

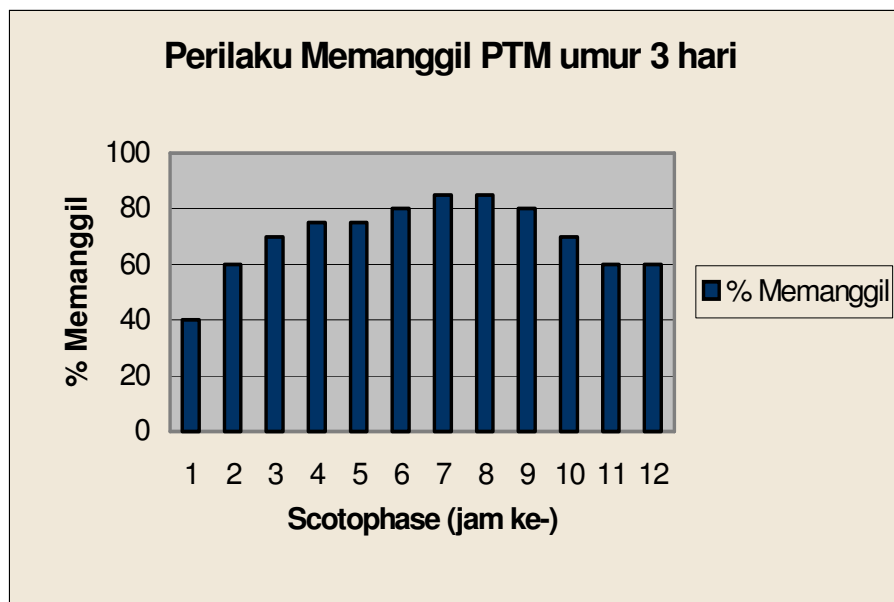
Aktivitas perilaku memanggil ini berhubungan dengan pelepasan feromon seks. Menurut McNeil (1991) feromon seks dikeluarkan oleh betina “virgin” yang aktif memanggil. Perilaku memanggil tersebut pada umumnya terjadi setelah 24 jam sejak munculnya serangga dewasa. Waktu yang dibutuhkan untuk aktivitas memanggil mungkin meningkat atau menurun pada malam yang berurutan, tergantung pada spesies serangganya. Pelepasan feromon seks merupakan proses yang kompleks yang berhubungan dengan kematangan seksual dari ngengat betina, fotoperiode dan intensitas cahaya (Metcalf & Luckmann, 1982).

Pada umumnya betina lepidoptera memproduksi dan melepaskan feromon seks dari kelenjar “bulbous extruclable” yang terletak pada abdomen antara segmen ke-8 dan ke-9 (Bjostad *et al.*, 1987 dalam Tillman *et al.*, 1999). Menurut Ono (1994) produksi senyawa

feromon oleh kelenjar feromon bervariasi, dapat diproduksi pada saat periode pupa, kemudian disimpan dan dikeluarkan pada waktu serangga dewasa dan dapat juga baru diproduksi pada waktu serangga mulai memanggil.



Gambar 1. Persentase Perilaku Memanggil Serangga Betina “Virgin” *P. Operculella* Umur 1 - 5 hari (n=20)



Gambar 2. Persentase Perilaku Memanggil Serangga Betina “Virgin” *P. operculella* Umur 3 hari, 1 - 12 jam Setelah Scotophase (n=20)

Pada pengamatan perilaku kawin menunjukkan bahwa ngengat betina *P. operculella* yang melakukan perilaku memanggil cenderung siap kawin. Proses perkawinan terjadi bila ada kesiapan reproduksi, baik jantan maupun betina dalam hal ini serangga jantan dan betina telah

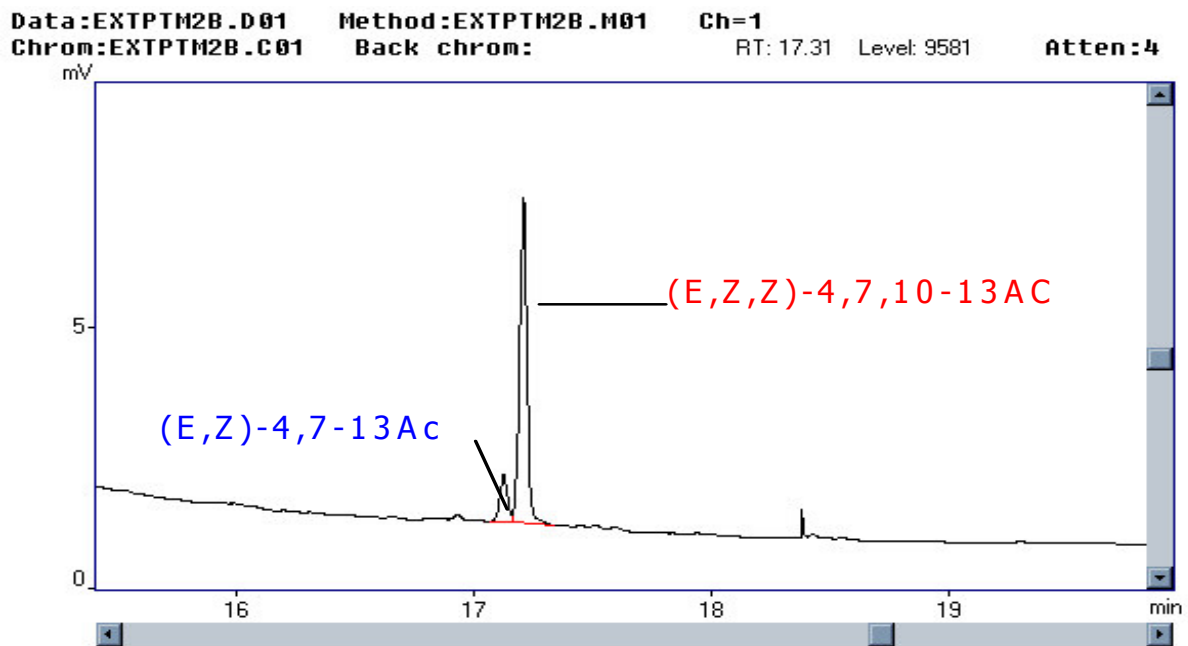
mencapai dewasa seksual. Jika salah satu belum siap, maka perkawinan itu tidak akan terjadi. Salah satu ciri yang menunjukkan bahwa ngengat jantan itu siap kawin adalah terjadinya respon atas feromon seks yang diterimanya, dengan cara menarik ulur alat “hairpencil”, dimana pada saat tersebut serangga jantan mengeluarkan feromon afrodisiak sebagai bagian dari pola yang kompleks dari perilaku berpasangan (Butler, 1967 dalam Metcalf *et al.*, 1990; Roelofs & Carde, 1977).

Kopulasi antara ngengat jantan dan betina *P. operculella* terjadi satu atau dua hari setelah ngengat keluar dari pupa, bahkan beberapa jam setelah keluar dari pupa. Tahapan kopulasi mirip seperti yang diterangkan oleh Toth *et al.* (1984). Ngengat jantan yang mencium feromon seks yang dikeluarkan betina akan terbang mendekati betina dan mendarat di dekatnya. Selanjutnya serangga jantan menggetarkan sayapnya di dekat serangga betina kemudian membalikkan tubuhnya dengan posisi abdominal tip lebih dekat ke betina dan secara ritmis mengeluarkan dan memasukkan “hairpencil” di ujung abdomennya untuk mengeluarkan senyawa afrodisiak. Serangga betina secara cepat berjalan mendekati sumber bau dan menyentuh serta mencium ujung abdomen serangga jantan. Puncaknya didapat ketika serangga jantan dan betina melakukan kopulasi di mana betina berada. Pada saat kopulasi, sayap jantan menutupi sebagian sayap betina. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa pasangan ngengat jantan dan betina yang telah kawin dan menghasilkan telur dapat kawin lagi pada waktu yang berlainan.

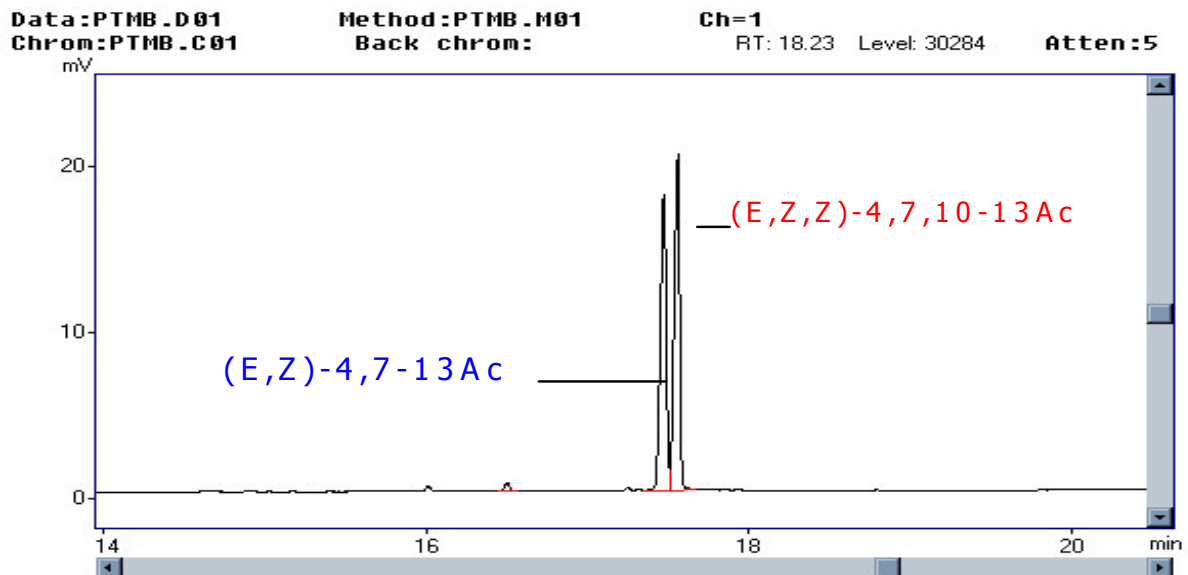
Identifikasi Senyawa Feromon Seks *P. operculella*

Dari data perilaku memanggil dapat diketahui bahwa kondisi maksimum ngengat betina memanggil dicapai pada umur ngengat betina 3 hari dan mencapai puncaknya pada 7 – 8 jam setelah fase gelap (jam 01.00 – 02.00 dini hari). Pematangan kelenjar feromon dilakukan tengah malam sebelum jumlah ngengat yang melakukan perilaku memanggil mencapai puncaknya. Kromatogram feromon seks hasil ekstraksi diperlihatkan dalam Gambar 3. yang memperlihatkan 2 puncak (peak) yang menonjol dengan waktu retensi masing-masing 17,113 menit dan 17,199 menit. Untuk melihat apakah spektrum tersebut adalah senyawa feromon seks dari *P. operculella* maka dibandingkan dengan kromatogram dari feromon standar *P. operculella*, yaitu (E,Z)-4,7-13 Ac (PTM1) dan (E,Z,Z)-4,7,10-13 Ac (PTM2) (Gambar 4.).

Dari hasil perbandingan memperlihatkan bahwa waktu retensi antara feromon seks hasil ekstraksi dan feromon seks standar adalah hampir sama dan puncak (peak) yang diperlihatkan sama persis, maka dapat dikatakan bahwa peak yang muncul pada kromatogram senyawa hasil ekstraksi merupakan feromon seks *P. operculella*. Untuk memperjelas hal tersebut dapat dibandingkan dari waktu retensi, seperti tertera pada Tabel 2.



Gambar 3. Kromatogram Ekstrak Betina “Virgin” *P. operculella* (Kondisi : sistem injektor kapiler splitless, kolom non polar DB-5 ($p = 30$ m, ϕ 0,32 mm, ketebalan film 0,25 μ m) ta 60oC (2 menit) tp 120oC (3 menit dengan kenaikan rata-rata 20oC/menit), kemudian naik sampai 240oC (5 menit dengan kenaikan rata-rata 10oC/menit).



Gambar 4. Kromatogram Senyawa Feromon Seks Standar Campuran (E,Z)-4-7-: 13 Ac dan (E,Z,Z)-4-7-10 : 13 Ac (1 : 1)

Dari informasi ini dapat dikatakan bahwa komponen senyawa feromon seks *P. operculella* tidak berbeda dengan senyawa feromon seks standar. Feromon seks *P. operculella* pertama kali diidentifikasi oleh Roelofs *et al.* pada tahun 1975 (Voermans & Rothschild, 1978) yang berhasil mengidentifikasi dan mensintesis (E,Z)-4,7-13 Ac. Kemudian pada tahun 1976

Persoons *et al.* secara terpisah berhasil menemukan komponen feromon seks (E,Z)-4,7-13 Ac dan (E,Z,Z)-4,7,10-13 Ac.

Tabel 2. Perbandingan Waktu Retensi Feromon Seks Standar dan Ekstraksi

Senyawa Kimia	Waktu Retensi (menit)
Campuran (E,Z)-4,7-13 Ac dan (E,Z,Z)-4,7,10-13 Ac (1 : 1)	17,458 dan 17,545
Ekstrak betina “virgin”	17,113 dan 17,199

Kadar komponen feromon *P. operculella* berfluktuasi selama fotoperioda. Menurut Ono *et al.* (1990) kadar feromon *P. operculella* akan mencapai puncak pada awal fase gelap, kadar feromon menurun selama periode gelap dan mencapai tingkat minimal pada permulaan fase terang. Hasil perhitungan kadar feromon dalam penelitian dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan Kandungan Feromon (E,Z)-4,7-13 Ac dan (E,Z,Z)-4,7,10-13 Ac Hasil Ekstraksi (μ l/betina)

	(E,Z)-4,7-13 Ac	(E,Z,Z)-4,7,10-13 Ac
Bandung-Indonesia	1	2,5

Dari Tabel 3. dapat diketahui bahwa proporsi kandungan feromon (E,Z)-4,7-13 Ac dan (E,Z,Z)-4,7,10-13 Ac hasil ekstraksi adalah 1 : 2,5. Proporsi ini berbeda dengan hasil penelitian di beberapa tempat yang berbeda (Tabel 1.1.). Menurut Ono *et al.* (1990) derajat variasi yang terjadi berhubungan dengan sistem komunikasi feromon sebagai refleksi dari lingkungan dan atau adanya keterbatasan dalam proses biosintetik. Sebagai contoh karena adanya pengaturan pencampuran yang tidak tepat sebagai akibat perubahan suhu dan kecepatan angin sehingga rasio kelenjar yang dilepaskan berbeda. Alasan lainnya adanya faktor keterbatasan yang diturunkan dalam kemampuan ngengat untuk komponen biosintesis dalam pengaturan jumlah yang tepat.

Pada beberapa kasus biosintesis feromon tergantung pada tersedianya prekursor biosintesis, sedang pada kasus lain beberapa stimulasi atau adanya pemicu biosintesis melalui aktivitas hormonal. Sebagai contoh produksi feromon agregasi pada kumbang biji *Oryzaephilus mercator* meningkat tajam dengan adanya makanan (Vanderwel, 1992). Untuk lebih membuktikan bahwa senyawa-senyawa tersebut merupakan komponen feromon seks *P. operculella* yang mempunyai aktivitas biologis, maka diperlukan pengujian aktivitas biologis (Elektroantenogram/EAG, Uji Olfaktometer, Windtunnel/lorong angin dan sebagainya) baik di laboratorium maupun di lapangan.

Uji Olfaktometer

Berdasarkan pengujian dengan menggunakan tabung Olfaktometer, ternyata ngengat jantan *P. operculella* memberikan respon terhadap semua jenis feromon seks yang diujikan

(ekstrak betina “virgin”, feromon standar dan sintetis), termasuk pada betina virgin. Ngengat jantan berjalan melawan arah angin menuju tabung tempat sumber feromon diletakkan.

Tahapan-tahapan ngengat jantan untuk sampai pada sumber feromon hampir sama seperti hasil penelitian Toth *et al.* (1984) : Setelah feromon tercium oleh alat penerima, ngengat jantan keluar dari tabung, kemudian berjalan sambil menggetarkan sayapnya. Ngengat jantan berputar “zig-zag” dan kadangkala diselingi dengan meloncat-loncat. Kebanyakan ngengat jantan dapat mencapai sumber feromon.

Besarnya ketertarikan ngengat jantan terhadap feromon bervariasi, tertinggi diperoleh pada feromon sintetis (CIP), yaitu rata-rata sebesar 55 %. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 5. Pada Tabel 5. nampak bahwa respon ngengat jantan terhadap feromon sintetis (CIP) lebih tinggi dibandingkan perlakuan lainnya. Sedang senyawa feromon hasil ekstrak menunjukkan hasil yang lebih tinggi daripada betina virgin dan senyawa feromon (E,Z)-4,7-13 Ac dan (E,Z,Z)-4,7,10-13 Ac tetapi tidak berbeda nyata dengan berbagai campuran (E,Z)-4,7-13 Ac dan (E,Z,Z)-4,7,10-13 Ac. Hal ini didukung hasil penelitian Toth *et al.* (1984) dimana ekstrak betina menunjukkan hasil yang sama dengan campuran (E,Z)-4,7-13 Ac dan (E,Z,Z)-4,7,10-13 Ac.

Tabel 5. Rata-rata Ketertarikan Ngengat Jantan Terhadap Senyawa Uji di Laboratorium

Perlakuan Senyawa Uji	Rata-rata Jumlah Serangga Jantan yang Tertarik
Campuran (E,Z)-4,7-13 Ac dan (E,Z,Z)-4,7,10-13 Ac (1 : 1)	35,00 ± 7,50 ab
Campuran (E,Z)-4,7-13 Ac dan (E,Z,Z)-4,7,10-13 Ac (1 : 2.5)	35,00 ± 7,50 ab
Campuran (E,Z)-4,7-13 Ac dan (E,Z,Z)-4,7,10-13 Ac (1 : 3)	35,00 ± 7,50 ab
(E,Z)-4,7-13 Ac	15,00 ± 7,50 c
(E,Z,Z)-4,7,10-13 Ac	25,00 ± 7,50 bc
Hasil Ekstrak Betina “Virgin” (n=20)	45,00 ± 7,50 ab
Feromon Sintetis (CIP)	55,00 ± 7,50 a
Betina Virgin (n=2)	15,00 ± 15,00 c

Keterangan : Angka yang diikuti dengan huruf yang sama dalam kolom yang sama tidak berbeda nyata menurut Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5 %.

Ketertarikan ngengat jantan terhadap perlakuan tunggal feromon seks menunjukkan hasil yang lebih rendah dibandingkan dengan campuran feromon seks maupun ekstrak betina. Menurut Persoons *et al.* (1976); Voerman & Rothschild (1978) pemakaian senyawa feromon (E,Z)-4,7-13 Ac dan (E,Z,Z)-4,7,10-13 Ac secara sendiri-sendiri kurang efektif. Meskipun secara statistik tidak dapat dikatakan berbeda, nilai ketertarikan ngengat jantan terhadap (E,Z,Z)-4,7,10-13 Ac lebih tinggi daripada terhadap (E,Z)-4,7-13 Ac, hal ini sesuai dengan penelitian Persoons *et al.* (1976), dimana ngengat jantan di lapangan lebih tertarik terhadap (E,Z,Z)-4,7,10-13 Ac

daripada terhadap (E,Z)-4,7-13 Ac. Secara umum (E,Z,Z)-4,7,10-13 Ac lebih atraktif dibanding (E,Z)-4,7-13 Ac (Voerman & Rothschild, 1978).

Pengujian Jenis Feromon Seks di Lapangan

Pada pengujian lapangan feromon (E,Z)-4,7-13 Ac dan (E,Z,Z)-4,7,10-13 Ac secara sendiri-sendiri tidak diujikan, karena pada pengujian di laboratorium dengan menggunakan tabung Olfaktometer ngengat jantan memberikan respon yang kurang baik dibanding senyawa uji lainnya. Hasil dari uji lapangan dengan feromon seks terhadap ngengat jantan *P. operculella* disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Rata-rata Jumlah Ngengat Jantan yang Tertangkap di Lapangan

Perlakuan Jenis Feromon Seks	Rata-rata Jumlah Serangga Jantan yang Tertangkap (ekor/perangkap)
Campuran (E,Z)-4,7-13 Ac dan (E,Z,Z)-4,7,10-13 Ac (1 : 1)	159,75 ± 12,25 a
Campuran (E,Z)-4,7-13 Ac dan (E,Z,Z)-4,7,10-13 Ac (1 : 2,5)	110,50 ± 19,25 b
Campuran (E,Z)-4,7-13 Ac dan (E,Z,Z)-4,7,10-13 Ac (1 : 3)	120,50 ± 18,00 b
Hasil Ekstrak Betina "Virgin" n = 20	20,75 ± 5,90 c
Feromon Sintetis (CIP)	158,25 ± 13,13 a
Betina Virgin (n=2)	7,75 ± 4,63 d

Keterangan : Angka yang diikuti dengan huruf yang sama dalam kolom yang sama tidak berbeda nyata menurut Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5 %.

Pemasangan perangkap dilakukan selama 20 hari, mulai umur tanaman 40 hari sampai 60 hari setelah tanam. Serangan *P. operculella* mulai tampak pada 4 minggu setelah tanam. Menurut Chouvalitwangporn (1994) serangan hama ini akan meningkat pada 45 sampai 75 hari setelah tanam. Pada dataran tinggi serangan mencapai puncaknya pada bulan April sampai Juni. Serangga dewasa mulai aktif pada sore hari (jam 18.00) dan paling aktif pada jam 20.00 sampai jam 22.00 malam. Dari Tabel 6. dapat dilihat bahwa ngengat jantan mempunyai respon terhadap senyawa feromon dan betina virgin. Campuran feromon seks (E,Z)-4,7-13 Ac dan (E,Z,Z)-4,7,10-13 Ac, feromon seks hasil ekstraksi dan feromon sintetik menangkap ngengat jantan lebih banyak dibanding betina virgin. Hal ini membuktikan bahwa ngengat jantan lebih tertarik terhadap senyawa feromon seks hasil ekstraksi maupun feromon sintetik daripada betina virgin.

Campuran feromon (E,Z)-4,7-13 Ac dan (E,Z,Z)-4,7,10-13 Ac dengan rasio 1 : 1 dan feromon sintetik (CIP) menghasilkan jumlah tangkapan terbesar dibanding perlakuan lainnya. Menurut Toth *et al.* (1984) campuran feromon (E,Z)-4,7-13 Ac dan (E,Z,Z)-4,7,10-13 Ac dengan rasio 1 : 1 menghasilkan tangkapan yang lebih banyak, baik di laboratorium dengan pengujian wind tunnel maupun pengujian di lapangan. Tangkapan dengan campuran feromon 1 : 2,5 dan

1 : 3 secara statistik tidak berbeda nyata, tapi lebih baik dari hasil tangkapan feromon hasil ekstraksi dan betina virgin.

Adanya faktor kompetisi dengan ngengat betina liar dapat menyebabkan perangkap yang berumpan ngengat betina hanya mampu menarik dan menangkap ngengat jantan yang relatif sedikit (Carde & Elkinton, 1984). Kemungkinan lainnya adalah ngengat betina tidak melakukan perilaku memanggil sehingga tidak ada feromon seks yang dilepaskan. Menurut Harstack *et al.* (1979) ada 2 kelemahan penggunaan betina untuk tujuan penangkapan ngengat jantan yaitu, pada kondisi tertentu sulit diduga produksi feromonnya dan secara ekonomis lebih mahal daripada penggunaan feromon sintetik.

Faktor lingkungan fisik berupa sinar ultra violet kemungkinan dapat menyebabkan penguapan yang berlebihan dan degradasi (oksidasi) senyawa pada ekstrak feromon seks yang menyebabkan feromon tersebut hilang, rusak dan kurang menarik ngengat jantan. Idealnya kecepatan pelepasan feromon berada dalam keadaan yang konstan dan dalam waktu yang cukup lama. Menurut Cheng *et al.* (1996) keadaan ini dapat diatasi dengan menambah formulasi feromon menggunakan penghambatan penguapan, seperti minyak jagung (corn oil), dan penghambat oksidasi (2,6-di-*tert*-butyl-4-methylphenol) serta pemilihan dispenser yang tepat.

Menurut Raman (1988) penggunaan feromon seks dapat menekan kerusakan umbi kentang sebesar 45 % di lapangan. Penangkapan secara masal dapat mengurangi kemungkinan terjadinya kopulasi, sehingga dapat mengurangi infestasi sampai 50 % di lapangan dan 90 % di gudang penyimpanan (Palacios & Cisneros, 1996).

Faktor penting yang berpengaruh terhadap jumlah tangkapan adalah komposisi feromon, jenis dispenser, penempatan alat/perangkap, kecepatan pelepasan, kepadatan hama sasaran dan luas area pengendalian (Ogawa, 1992; Vickers, 1996).

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut :

1. Betina virgin *P. operculella* melakukan perilaku memanggil (calling behavior) mulai umur 1 hari dan mencapai maksimum pada hari ke-3 pada periode 7 sampai 8 jam setelah scotophase.
2. Dua senyawa feromon seks *P. operculella* berhasil diidentifikasi, yaitu (E,Z)-4,7-13 Ac (trans-4, cis-7-tridecadienyl acetate) dan (E,Z,Z)-4,7,10-13 Ac (trans-4, cis-7, cis-10-tridecatrienyl acetate) dengan rasio 1 : 2,5. Proporsi komposisi feromon seks tersebut berbeda dengan feromon betina *P. operculella* dari daerah lain.
3. Berdasarkan pengujian di laboratorium dan di lapangan, ngengat jantan *P. operculella* memberikan respon positif terhadap semua jenis feromon uji. Campuran (E,Z)-4,7-13 Ac dan

(E,Z,Z)-4,7,10-13 Ac dengan rasio 1 : 1 memberikan hasil tangkapan ngengat jantan yang paling banyak di lapangan dan secara statistik tidak berbeda nyata dengan hasil tangkapan feromon sintetik dari Center International Potato, Peru.

DAFTAR PUSTAKA

- Angerilli, N.P.D., A.D. Permana, Y. Sasaerila, R. Hallet., R. Zilahi-Balogh and R. Edmonds, 1998. Prospecting for Insect Pheromones in Indonesia : Finds, Failures and the Future. *J. Asia-Pacific Entomol.* 1 (1) : 23-33 (1998).
- Carde, R.T. & J.S. Elkinton, 1984. Field Trapping with Attractants : Methods and Interpretation. *In Techniques in Pheromone Research* (H.E. Hummel & T.A. Miller, eds.) Springer Verlag, New York. 111-130.
- Cheng, E.Y., C. Kao, W. Su & C. Chen, 1996. The Application of Insect Sex Pheromone for Crop Pest Management in Taiwan. *In Proceedings. International. Symposium. Insect Pest Control with Pheromones.* 29 - 47
- Chouvalitwongporn, P., 1994. Adult Behavior of Potato Tuber Moth (*Phthorimaea operculella* Zeller). APA Triennial Conference, Daekwanryeong (Korea). 2 : 22 – 28.
- Das, G.P. and K.V. Raman, 1994. Alternate Host of the Potato Tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller). *Crop Protection*, 13 (2) : 83 – 86.
- Du, J., X. Tang, S. Xu and J.Mial, 1996. Developing New Control techniques with Insect Sex Pheromones. *In Proceedings. International. Symposium. Insect Pest Control with Pheromones.* 165 – 174.
- Kalshoven, L.G.E., 1981. The Pest of Crops in Indonesia. PT. Ichtar Baru van Hoeve, Jakarta. 220 – 221.
- Kamimura, M. & S. Tatsuki, 1993. Diel Rythms of Calling Behavior and Pheromone Production of Oriental Tobacco Budworm Moth, *Helicoverpa assulta* (Lepidoptera : Noctuidae). *J. Chem. Ecol.*, 19 (12) : 2953 – 2956.
- Kirsch, P., 1996. Old Wine in New Skin : Evolution in Pheromone Commercialization. *In Proceedings. International. Symposium. Insect Pest Control with Pheromones.* 165 – 174.
- McElfresh, J.S. and J.G. Millar, 1999. Geographic variation in Sex Pheromone Blend of *Hemileuca electra* From Southern California. *J. Chem. Ecol.*, 25 (11) : 2505 – 2525.
- McNeil, J.N., 1991. Behavioral Ecology of Pheromone Mediated Communication in Moth and Its Importance in the Use of Pheromone Traps. *Annu. Rev. Entomol.*, 36 : 407 – 430.
- Metcalf, R., M. Berewbaun and D. Siegler, 1990. Principles and Components of Chemical Communication *in* Chemical Ecology. Dept of Entomology University of Illinois Urbana – Champaign. Illinois – USA.
- Metcalf, R.L. and W.H. Luckmann, 1982. Introduction to Insect Pest Management. A Wiley Interscience Publication, John Wiley & Sons. New York. Chichester. Brisbane. Toronto. Singapore.
- Millar, J.G., J.S. McElfresh and H. Shorey, 1996 Application of Lepidopteran Pheromone : Case Histories of Problems with Monitoring and Mating Disruption. *In Proceedings. International. Symposium. Insect Pest Control with Pheromones.* 1 – 15.
- Miller, D.R., K.E. Gibbon, K.F. Raffa, S.J. Seybold, S.A. Teale & D.L. Wood, 1997. Geographic Variation of Pine Engraver, *Ips pini*, and Associated Species to Pheromone, Laniorone. *J. Chem. Ecol.*, 23 (8) : 2033 - 2048.
- Ogawa, K., 1992. Control Pink Bollworm by Mating Disruption (Abstract) *In Proceedings. XIX International Congress of Entomology.* (Abstracts), 1992 Beijing, China.
- Ono, T., R.E. Charlton and R.T. Carde, 1990. Variability in Pheromone Composition and Periodicity of Pheromone Titer in Potato Tuber Moth, *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera : Gelechiidae). *J. Chem. Ecol.*, 16 (2) : 531 - 542.

- Ono, T. 1994. Effect of Temperature on Biosynthesis of Sex Pheromone Component in Potato Tuberworm Moth, *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera: Gelechiidae). *J. Chem. Ecol.*, 20 (10) : 2733 - 2741.
- Palacios, M. & F. Cisneros, 1996. Integrated Management for The Potato Tuber Moth an Pilot Unit in The Andean Region and The Dominican Republic. CIP. Program Report 1995 – 1996. 162 - 168.
- Pedigo, L.A., 1999. Entomology And Pest Management. Prentice Hall Upper Saddle River, N.J. 07458, USA. 691
- Persoons, C.J., S. Voerman, P.E.J. Verwiël, F.J. Ritter, W.J. Nooyen, A.K. Minks, 1976. Sex Pheromone of the Potato Tuber Moth, *Phthorimaea operculella* : Isolation, Identification and Field Evaluation. *Ent. Exp. Appl.*, 20 : 289 – 300.
- Raman, K.V. dan R.H. Booth, 1983. Evaluation of Technology for Integrated Control of Potato Tuber Moth in Field and Storage. CIP.
- Raman, K.V., 1988. Control of Potato Tuber Moth, *Phthorimaea operculella* with Pheromone in Peru. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. (21) : 85 – 99.
- Raman, K.V., 1997. Hama Penggerek Umbi Kentang. Buletin Teknis Terjemahan Edy Priatna (CIP). Kerjasama antara CIP dengan World Education dan Balai Penelitian Tanaman Sayuran 1997.
- Roelofs, W.L. and R.T. Carde, 1977. Responses of Lepidoptera to Synthetic Sex Pheromone Chemicals and Their Analogues. *Ann. Rev. Entomol.*, 22 : 377 – 405.
- Romoser, W.S., and J.G. Stoffolano, 1994. *The Science of Entomology*. W & C Brown Publisher, Dubuque, Iowa. 532.
- Rostaman, 1999. Kajian Feromon Seks Pada Serangga Spodoptera exigua Hubner (Lepidoptera : Noctuidae). Tesis Magister Bidang Khusus Entomologi Program Studi Biologi Program Pascasarjana, ITB.
- Sarode, S.V., 1994. Insect Pheromones In Gujar, G.T., 1994. Recent Advances in Insect Physiology and Toxicology. Agricole Publishing Academy. New Delhi. 257 - 264
- Setiawati, W., R. Soeriaatmadja, T. Rubiati, E. Chujoy, 1998. Pengendalian Hama Penggerek Umbi/Daun Kentang (*Phthorimaea Operculella* Zell.) Dengan Menggunakan Insektisida Mikroba Granulosis Virus (PoGV). Kerjasama Balai Penelitian Tanaman Sayuran Dengan International Potato Center (CIP). 20.
- Smith, C.M., Z.R. Khan and M.D. Pathak, 1994. Techniques for Evaluating Insect resistance in Crop Plants. CRC Press Inc. Boca Raton, Florida. 320.
- Tillman, J.A., S.J. Scybold, R.A. Jurenka & G.J. Blumquist, 1999. Insect Pheromones an Overview of Biosynthesis and Endocrine Regulation. *Insect Biochemistry and Molecular Biology* 29 : 481-514.
- Toguchi, A., 1998. Invasion of Exotic Insect Pests Into Japan and Their Control (2). Japan Plant Protection Association, December Edition. Without page.
- Toth, M., T.E. Bellas and G.H.L. Rothschild, 1984. Role of Pheromone Component in Evoking *Behavioral Response from Male Potato Tuber Moth, Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera : Gelechiidae). *J. Chem. Ecol.*, 10 (2) : 271 - 280
- Toth, M., 1996. Evidence on Geographical Difference in Male Responses to Synthetic Pheromone Blend in the Limabean Podborer (*Etiella zinckenella*) (Lepidoptera : Phyticidae) In *Proceeding of XX International Congress of Entomology*, Italy.
- Vanderwel, D., 1992. Factors Affecting Pheromone Production in Beetles. In *Proceedings. XIX International Congress of Entomology* (Abstracts), 1992 Beijing, China.
- Vickers, R.A., 1996. Prospects for Control of Codling Moth by Mating Disruption. In *Proceedings. International. Symposium. Insect Pest Control with Pheromones*. 59 – 69.
- Voerman, S., and G.H.L. Rothschild, 1978. Synthesis of the Two Component of the Sex Pheromone System of the Potato Tuberworm Moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera : Gelechiidae) and Field Experience with Them. *J. Chem. Ecol.*, 4 (5) : 531 – 542.