

**PENGARUH DAN PEMANFAATAN FEROMON SEKS
TERHADAP SERANGGA HAMA**

THE EFFECTS AND USE OF SEX PHEROMONES TO INSECT PESTS

Edhi Martono

Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada

ABSTRACT

Pheromones are chemical substances used by insects to communicate within their species. Our understanding about pheromones' chemistry, their functions and their overall performances over insect behavior provide us with wealth of information that lead to their use for insect pest control. The use of insect pheromones, particularly sex attractants, is quite advanced, but little information is available about Indonesian indigenous harmful insects' pheromones. More research and investigations need to be done to obtain target-specific substances rather than simply utilize imported products. Their implementation into Integrated Pest Management using farmers-oriented technology should be considered.

Key words: sex pheromone, insect pests, behavior modifier

INTISARI

Feromon adalah senyawa kimia yang dipergunakan serangga untuk berkomunikasi antarindividu dalam satu spesies. Pemahaman mengenai sifat kimia, kegunaan dan penampilannya sebagai pemandu perilaku serangga dapat dimanfaatkan untuk tujuan pengendalian serangga pengganggu. Pemanfaatan feromon, terutama feromon seks, sudah amat lanjut, tetapi hanya sedikit yang diketahui tentang feromon serangga pengganggu asli Indonesia. Dibutuhkan lebih banyak lagi penelitian dan kajian untuk memperoleh bahan yang amat khas sasarannya ini daripada hanya sekadar memanfaatkan produk feromon impor. Pemanfaatannya dalam Pengelolaan Hama Terpadu dengan pendekatan teknologi petani perlu dipertimbangkan.

Kata kunci: feromon seks, serangga hama, pengubah perilaku

PENGANTAR

Feromon (*pheromone*, *pheremone* [sic, cf. Tulloch (Torre-Bueno, 1985)]) adalah istilah yang pertama kali dicetuskan oleh Karlson dan Lüscher (1959) untuk menyebut senyawa kimia yang dipergunakan berkomunikasi oleh individu dalam suatu spesies (*intraspecific communication*). Karlson (Wilson, 1971b) dan Tulloch (Torre-Bueno, 1985) juga menambahkan bahwa feromon dapat dianggap sebagai sejenis hormon yang diekskresikan ke luar tubuh sehingga memunculkan reaksi khusus

baik dalam bentuk tanggapan fisiologis maupun proses perkembangan tubuh tertentu. Secara populer Price (1984) menyebut feromon sebagai salah satu unsur "BO" (*body odor*, atau BB, bau badan), yang berdasar fungsinya dikelompokkan bersama dengan **allelochemicals** ke dalam **semiochemicals** (Law dan Regnier, 1971). Semiochemicals diturunkan dari istilah Yunani *simeon* yang berarti tanda, sementara allelochemicals adalah senyawa kimia yang dipergunakan berkomunikasi antarspesies.

Penelitian mengenai feromon, khususnya bahan feromon pemikat seks,

sebenarnya sudah dilakukan semenjak sebelum Perang Dunia II (misalnya Mell, 1922), bahkan waktu itu sudah pernah ada yang menggunakannya secara praktis untuk menandai munculnya serangan hama serangga (Collins dan Potts, 1932). Pada saat itu sudah diketahui adanya bahan kimia "penghubung" individu serangga jantan dan betina. Pemahaman tentang bahan pemikat seksual ini pada mulanya terbatas pada bukti perilaku, sedangkan usaha identifikasi bahan dengan melakukan isolasi dan elusidasi belum banyak dilakukan. Meski usaha elusidasi faktor atau bahan tersebut secara kimiawi telah dimulai sejak akhir tahun 1930an, tetapi oleh adanya Perang Dunia II, penelitian-penelitian sejenis tertunda sampai sesudah perang, dan baru pada tahun 1959 Butenandt secara lengkap berhasil mengidentifikasi bahan feromon pemikat lawan jenis dari ulat sutera (*Bombyx mori*) dan dinamakannya **bombykol** (Hecker dan Butenandt, 1984). Bahan ini adalah senyawa heksadeka-10-(E,Z), 12-(Z,E)-diene-1-ol, suatu alkohol tak jenuh berikatan ganda dua. Keberhasilan Butenandt ini menandai dimulainya penyelidikan yang luas mengenai bahan feromon pada serangga (Blum, 1984).

Pada saat yang hampir bersamaan, penelitian bahan kimia serangga yang juga giat dilakukan adalah penelitian hormon, meskipun bahan ini sebenarnya telah lebih dahulu teridentifikasi hampir empat dasawarsa sebelumnya (Wigglesworth, 1970). Kedua bahan sekresi serangga ini, baik ekskresi (feromon) maupun inkresi (hormon), memiliki prospek untuk usaha pengendalian serangga pengganggu secara alami. Akhirnya baik feromon maupun hormon memang memiliki peran penting dalam pengendalian serangga pengganggu [Untung, 1993; Oka, 1994; Oudejans, 1994; untuk pindaan (review) tentang hormon serangga dapat dilihat Martono, 1997a; 1997b].

Pengembangan bahan feromon melalui pendekatan elusidasi kimia setelah

keberhasilan Butenandt segera diikuti oleh banyak peneliti lain, misalnya Jacobson *et al.* (1960) meneliti bahan serupa pada *Lymantria (Porthetria) dispar*; Shorey (1964), Shorey dan Gaston (1965a, 1965b) meneliti pemikat seks ngengat familia Noctuidae, khususnya *Autographa californica*, *Heliothis virescens*, *Spodoptera exigua* dan *Trichoplusia ni*; kemudian Berger *et al.* (1964) menguraikan bahan pemikat seks pada *Pectinophora gossypiella*; Sekul dan Spark (1967) meneliti hal yang sama pada *S. frugiperda* dan demikianlah selanjutnya. Namun gejala yang nampak adalah, sampai akhir tahun 1960an, penelitian feromon masih berkisar kepada identifikasi dan pengujian tingkat laboratorium. Tahap berikutnya, yaitu penggunaan di lapangan dan sintesis bahan *in vitro*, belum banyak dilakukan sampai tahun 1970an.

Penelitian feromon yang lebih banyak ditekankan pada feromon seks menyebabkan kesan bahwa feromon adalah senyawa pembangkit daya tarik seksual serangga. Wilson (1971a) dan Evans (1984) menyebutkan bahwa bahan feromon yang dimiliki serangga tidak hanya bahan pemikat seksual saja, tetapi juga bahan peringatan bahaya (*alarm*), bahan pemandu berkumpul (*assembly/aggregation*), dan bahan pemandu arah dan tempat (*trail/territorial*). Bahkan Wilson (1971a) membedakan lagi feromon sesuai fungsinya terhadap fisiologi dan perilaku individu dalam spesies, yaitu **releasers** yang berperan mendorong munculnya tanggapan perilaku, dan **primers** yang berperan mengatur kondisi fisiologis individu serangga. Semua bahan tersebut termasuk dalam golongan releasers, sedang contoh yang termasuk golongan primers adalah bahan yang dikeluarkan ratu lebah (*queen substance*) untuk menghambat pertumbuhan organ reproduksi lebah betina selain ratu, dan tujuan diferensiatif lainnya. Untuk lebih rincinya, pengelompokan tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Golongan Utama Feromon yang Dijumpai pada Serangga

Jenis Feromon	Tipe Rangsang Khemis	Golongan Serangga
Primers		
Keserasian pertumbuhan (pemercepat/pemerlambat)	Feromon kedewasaan	Orthoptera, Coleoptera
Penghambat ovarium	Bahan ratu	Dictyoptera dan Hymenoptera eusosial
Penentu kasta atau perubah perilaku	Feromon penentu kasta atau modifikasi perilaku	Dyctioptera dan Hymenoptera eusosial
Releasers		
Pemikat seks	Feromon seks	Hampir semua serangga Dyctioptera, Orthoptera, Hemiptera, Coleoptera dan Hymenoptera
Agregasi/pengumpul	Feromon agregasi	
Alarm (siaga, pemikat, penolak)	Feromon alarm	Dyctioptera (Isoptera), Hemiptera dan Hymenoptera eusosial
Penyebaran (dispersi)	Feromon epideletik	Orthoptera, Homoptera, Diptera, Coleoptera, Lepidoptera dan Hymenoptera
Rekrutmen atau emigrasi	Feromon jejak (trail)	Dyctioptera (Isoptera) Lepidoptera dan Hymenoptera eusosial

Sumber: Blum (1984)

BAHAN PEMIKAT SEKS ATAU FEROMON SEKS

Feromon seks bekerja sebagai penghubung antara individu jantan dan individu betina sehingga keduanya dapat menjalankan perilaku kawin dan kopulasi. Sebagai suatu bahan penghubung, feromon seks dihasilkan pada satu jenis kelamin (umumnya betina) dan ditangkap oleh jenis kelamin yang lain (jantan). Oleh karena perannya bersifat intraspecies, maka senyawa feromon seks harus khas untuk satu spesies. Selain itu, bahan ini harus sederhana (bukan senyawa rantai panjang dan rumit), mudah menguap, dan mampu menimbulkan reaksi dalam kadar/konsentrasi amat rendah.

Elusidasi kimiawi mendapatkan juga bahwa senyawa feromon seks umumnya disintesis dari senyawa yang ada pada diet serangga. Dengan demikian secara ekonomis pembentukan bahannya dilakukan amat efisien (Evans, 1984).

Senyawa feromon seks yang selama ini diteliti kebanyakan dimiliki oleh Lepidoptera, meski bahan ini tidak khas pada bangsa kupu dan ngengat (Blum, 1984). Daftar yang disusun Klassen *et al.* (1982) menyebutkan setidaknya telah ada 126 feromon seks yang diidentifikasi pada Lepidoptera, 76 pada Coleoptera, 17 pada Diptera, 6 pada Homoptera, 5 pada Hemiptera, 49 pada Hymenoptera, 8 pada Orthoptera, 1 pada Trichoptera, 4 pada

Mecoptera dan 11 pada Acarina. Elusidasi bahan feromon yang telah demikian banyak (bahkan masih terus berlanjut sampai kini, seperti misalnya laporan Edward dan Seabrook {1997}), akhirnya juga dilanjutkan ke pencarian bahan sintetik atau bahan kimia buatan yang berefek sama dengan feromon asli, seperti kajian awal yang dilakukan Block (1960).

Penggunaan bahan feromon seks merupakan pemanfaatan feromon yang paling utama dibandingkan dengan penggunaan feromon lainnya. Kelebihan ini disebabkan karena bahan feromon seks umumnya lebih mudah diperoleh daripada feromon yang lain, karena dengan cara ekstraksi-isolasi yang semakin maju, jumlah bahan yang dihasilkan oleh serangga cukup memadai untuk analisis maupun uji kuantitatif (Hummel dan Miller, 1984). Feromon seks juga memiliki jangkauan yang cukup jauh misalnya sampai belasan kilometer (Evans, 1984; Berry, 1984), atau bahkan lebih. Dalam pada itu bahan feromon seks merupakan senyawa sederhana yang rata-rata terdiri atas kurang dari 20 rantai karbon, sehingga sintesisnya relatif tidak rumit (Boneß *et al.*, 1977; Blum, 1984; Gaston, 1984). Nampaknya, seperti yang kemudian dapat dilihat pada produk-produk komersial yang dipergunakan dalam pengendalian serangga dengan feromon, feromon seks sebagai bahan feromon pemikat memang menempati kedudukan yang terpenting. Bahan-bahan bukan feromon yang memiliki kemampuan memikat sebagian di antaranya dikembangkan berdasar sifat feromon seks, meski bahan tersebut jelas bukan pemikat seksual, seperti misalnya metil-eugenol (lihat laporan Ananda *et al.*, 1992; Iwahashi *et al.*, 1996).

Bahan feromon seks pada umumnya adalah senyawa sederhana mono atau di-alkohol, aldehida atau asetat tak jenuh. Nisbi senyawa demikian bersifat nirkutub (nonpolar), dan

banyak di antaranya mudah mengalami dekomposisi oksidatif (Caro, 1982). Bahan tersebut juga tidak pernah merupakan bahan tunggal, tetapi campuran dari beberapa senyawa, meskipun pemahaman ini baru diperoleh dua puluh tahun sesudah penemuan bombykol, yaitu sesudah ditemukan bombykal, senyawa aldehida pelengkap bombykol (Evans, 1984). Pada dasarnya bahan feromon seks selalu merupakan bahan campuran dua senyawa atau lebih, seringkali dengan imbang tertentu untuk memperoleh spesifisitasnya (Blum, 1984; Evans, 1984; Struble dan Arn, 1984). Sifat bukan senyawa tunggal dan imbang campuran yang tepat ini amat penting dalam mengefisienkan penggunaan feromon seks. Identifikasi yang keliru, atau kurang tepat, akan menyebabkan ketiadaan reaksi, atau reaksi yang bertentangan (misalnya repelensi atau penolakan).

Contoh yang berikut mengabsahkan perlunya uji dan uji ulang bahan-bahan yang diketahui bertindak sebagai feromon seks. Pada tahun 1967 Soku! dan Spark menemukan bahan pemikat seks pada *Spodoptera frugiperda*, diikuti oleh temuan Jacobson *et al.* (1970) pada *S. eridania*. Senyawa yang teridentifikasi dari feromon tersebut adalah (Z,E)-9,12-tetradekadien-2-ol asetat (TDDA) dan 9-tetradesen-1-ol asetat (TDA). Kedua senyawa ini dilaporkan menunjukkan reaksi khas jika dikenakan pada ngengat jantan dalam uji biologis di laboratorium. Namun uji lapangan yang dilakukan oleh Mitchell dan Doolittle (1976) menunjukkan bahwa kedua senyawa tersebut, baik secara terpisah maupun dalam campuran, tidak mampu memikat ngengat jantan *S. frugiperda* secara efektif, bahkan tidak memikat *S. eridania* sama sekali. Pada tahun 1974, satu senyawa lagi diisolasi oleh Mitchell *et al.* (1974) dari feromon seks *S. frugiperda*, dan ternyata mampu memikat ngengat jantan dengan baik di lapangan

(Tingle dan Mitchell, 1975; Mitchell dan Doolittle, 1976). Senyawa tersebut adalah (Z)-9-dodesen-1-ol asetat (9-DDA). Peristiwa ini membuktikan bahwa identifikasi dan isolasi bahan yang tepat sangat penting artinya, sementara jenis bahan dan sifat campuran yang dimiliki oleh feromon seks amat menentukan keefektifannya. Suatu senyawa yang semula ditemukan efektif pada tingkat laboratorium, belum tentu memiliki keefektifan yang sama ketika dipergunakan pada tingkat lapangan. Perbedaan itu bahkan dapat terjadi pada senyawa yang sama tetapi isomer (E-Z, **Entgegen-Zusammen**, atau konfigurasi *cis-trans*) yang berbeda.

Identifikasi, isolasi dan uji feromon seks serangga sampai saat ini masih terus berlangsung, seperti yang dilakukan Ho *et al.* (1996), Edward dan Seabrook (1997) dan lain-lain lagi. Namun selain itu, penelitian lanjut terhadap feromon seks juga dilakukan, seperti misalnya laporan Roelofs *et al.* (1992) yang menunjukkan tempat ekskresi feromon pada kecoak *Supella longipalpa* betina (tergigit abdominal keempat dan kelima) melalui teknik pengamatan morfologis secara visual maupun dengan mikroskop elektron. Hal ini tentunya amat membantu pemastian titik penghasil feromon sehingga eksploitasinya dapat dilakukan lebih baik. Dalam pada itu, ngengat penangkap feromon-nya pun juga diteliti, seperti yang dilakukan Tsai *et al.* (1997). Para peneliti Taiwan ini mengamati antenna ngengat teh *Andraea bipunctata* yang merupakan sensilla peka feromon, serta menjelaskan morfologinya. Pemahaman ini akan membantu keefektifan penangkapan feromon seandainya dibuat bahan pemikat sintetis, juga dengan kepastian yang lebih tinggi karena protein pengikat feromonnya pun telah teridentifikasi.

Penelitian lanjutan pada tingkat lapangan juga tidak kalah penting. Carde *et al.* (1996)

misalnya meneliti pengaruh suhu terhadap saat ekskresi feromon ngengat cigana (*Lymantria dispar*) di wilayah yang berbeda. Ternyata amplitudo suhu harian sangat menentukan keluarnya feromon, suatu hal yang harus diperhatikan oleh pemasang perangkap berferomon agar keefektifan perangkapnya terjamin. Sedang peneliti lain, Bartels *et al.* (1997) sekali lagi memasalahkan campuran senyawa optimum dalam perangkap berferomon, karena perbandingan isomer E dan Z amat menentukan kinerja perangkap berferomon. Selain itu hal tersebut akan membantu perhitungan jumlah perangkap maksimum untuk suatu luasan lahan tertentu didasarkan pada variansi dugaan rata-rata hasil tangkapan optimum perangkap berferomon dengan campuran isomer yang tepat.

PENGENDALIAN SERANGGA DENGAN FEROMON DAN PROSPEKNYA DI INDONESIA

Penelitian feromon yang dilakukan di Indonesia masih sedikit sekali jumlahnya. Terdapat kecenderungan bahwa di sini akan lebih banyak digunakan bahan-bahan "lure" (pemikat) berbasis feromon dari negeri luar, yang kondisi ekologisnya (artinya jenis hama, biologi dsb.) berbeda. Beberapa penelitian awal lebih banyak merupakan penelitian sejenis efikasi, sedang penelitian dasar mengenai feromon masih belum menarik minat. Sebab yang dapat dikaji antara lain adalah perlunya dasar ilmu kimia yang memadai bagi para penelitiannya, sementara kondisi bekal kimia yang dimiliki ahli entomologi, murni maupun terapan, masih memerlukan banyak perbaikan. Dapat dilakukan misalnya kerjasama dengan para ahli kimia, seperti yang dilakukan Asmanizar (1997) dalam penelitiannya mengenai feromon seks pada hama boleng, ubijalar *Cylas formicarius*.

Ini bukan berarti bahwa kajian-kajian tentang feromon sebagai bahan langsung-pakai kemudian dihentikan. Kajian seperti yang dilakukan Bahagiawati (1989) dan Waluyo (1992) pada pertanaman ubijalar menghadapi hama boleng, Soemartono (1992) yang menggunakan feromoid (istilah tak baku pada bidang semiokimia) untuk memikat ulat *Helicoverpa armigera* pada tembakau, atau Nugraheni (1995); dan Mangoendihardjo *et al.* (1997) yang mencoba feromon untuk penggerek batang padi, masih sangat diperlukan. Namun dalam pada itu usaha penelitian yang lebih mendasar terhadap serangga hama lokal dan penting perlu diprioritaskan, dengan disertai peningkatan dasar pemahaman teorinya.

Dari segi pemanfaatan lapangan, memang jelas lebih mudah menggunakan bahan pemikat seks atau bahan perangkap berferomon yang dibuat di negeri luar. Namun seyogyanya penelitian dalam bidang feromon ini dilakukan dengan basis produk dari negeri sendiri, mengingat kondisi bioekologi merupakan sesuatu yang tidak tergantikan. Kegunaan feromon seks atau feromon lainnya dalam bidang pertanian, misalnya, disebutkan oleh Minks (1981) antara lain untuk (a) deteksi kehadiran hama serangga, (b) perhitungan kepadatan populasi atau persebaran, dan (c) pemikat untuk penularan patogen serangga. Namun ini pun harus ditunjang kondisi lain, yaitu pemahaman sistem pemantauan dengan feromon kepada pengguna (penyuluh, petani) dan pengembangan sistem modeling feromon. Dua hal ini dapat dengan mudah dipadukan ke dalam sistem PHT, mengingat bahwa secara luas pengendalian berbasis feromon lebih bersifat akrab lingkungan (Klassen *et al.*, 1982).

Pada kondisi Indonesia, penggunaan langsung ngengat betina dapat diterapkan di lapangan dengan hasil cukup baik. Seperti yang dilakukan dalam menghadapi ulat daun

kubis *Plutella xylostella*, Sastrosiswoyo (1994, komunikasi pribadi) meletakkan empat sampai enam ekor ngengat betina belum kawin ke dalam kotak pemikat dan perangkap, yang kemudian didatangi ngengat jantan. Penggunaan ini sebetulnya bukan merupakan teknologi baru karena dalam uji bahan feromon baik sintesis maupun asli, penggunaan ngengat hidup merupakan perlakuan kontrol (Mitchell dan Doolittle, 1976). Secara praktis, pengertian ini memungkinkan dilakukannya pengendalian atau monitoring populasi hama serangga dewasa tanpa perlu melakukan ekstraksi-isolasi dan pabrikasi. Teknologi semacam ini tentulah dapat diterapkan pada tingkat petani di Indonesia, dengan bekal keterampilan melakukan pemeliharaan serangga hama. Kepentingan semacam ini perlu mendapat perhatian lebih lanjut dan akan mampu menarik perhatian peneliti feromon terapan kepada bahan-bahan feromon asli dari serangga pengganggu komoditas pertanian negeri kita.

DAFTAR PUSTAKA

- Ananda, K., E. Martono, Witjaksono dan C. Anwar. 1992. *Pengendalian Hama Lalat Buah pada Tanaman Cabe dengan Menggunakan Zat Atraktan Metil-eugenol*. Laporan Akhir Proyek Penelitian Pendukung PHT. Fak. Pertanian UGM - Bappenas. 49 p.
- Asmanizar. 1997. *Kajian Daya Tarik Ekstrak Feromon Seks Hama Ubijalar Cylas formicarius di Laboratorium*. Tesis Sarjana Stratum-2, Yogyakarta: Program Pasca Sarjana PS Ilmu Hama Tumbuhan, Universitas Gadjah Mada. 54 p.
- Bahagiawati, A.H. 1989. *Pengaruh Perangkap Pheromone terhadap Serangan Cylas formicarius*. Lap. Kemajuan Penelitian 1988/89. Bogor: Balittan Bogor, 6 p.

- Bartels, D.W.; W.D. Hutchison and S. Udayagiri. 1997. Pheromone Trap Monitoring of Z-Strain European Corn Borer (Lepidoptera : Pyralidae): Optimum Pheromone Bland, Comparison with Blacklight Traps and Trap Number Requirement. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 90:449-57.
- Berger, R.S., J.M. McGough, D.F. Martin, and L.R. Ball. 1964. Some Properties and the Field Evaluation of the Pink Bollworm Sex Attractant. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 57:606-8.
- Berry, S.J. 1984. Insect Reproductive System. p. 437-66. In M.S. Blum (ed.) *Fundamentals of Insect Physiology*. New York: John Wiley & Sons.
- Block, B.C. 1960. Laboratory Method of Screening Compound as Attractant to Gypsy Moth Male. *J. Econ. Entomol.* 53:172-3.
- Blum, M.S. 1984. Exocrine System. p. 535-8. In M.S. Blum (ed.) *Fundamentals of Insect Physiology*. New York: John Wiley & Sons.
- Blum, M.S. 1984. *Fundamentals of Insect Physiology*. New York: John Wiley & Sons. 598 p.
- Boneß, M., K. Eiter and H. Disselnkötter. 1977. Studies on Sex Attractant of Lepidoptera and Their Use in Crop Protection. *Pflanzensch. Nachrichten Bayer.* 30(2): 213-36.
- Carde, R.T., R.E. Charlton, W.E. Wallnar and Y.N. Baranchkov. 1996. Pheromone Mediated Diel Activity Rhythms of Male Asian Gypsy Moth (Lepidoptera: Lymantriidae) in Relation to Eclosion and Temperature. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 39 : 745-53.
- Caro, J.H. 1982. The Sensing, Dispersion, and Measurements of Pheromone Vapors in Air. p:132-144. In Kydonieus, A.F., M. Beroza and G. Zweig. 1982. *Insect Suppression with Controlled Release Pheromone System*. Vol. I. Boca-Raton : CRC Press.
- Collins, C.W. and SF Potts. 1932. Attractants for the Flying Gypsy Moth as an Aid in Locating New Infestation. *USDA Techn. Bull.* 336:1-43.
- Evans, H.E. 1984. *Insect Biology. A Textbook of Entomology*. Reading, MA: Addison-Wesley Publ. Co. 436 p.
- Edwards, M.A. and W.D. Seabrook. 1997. Evidence for an Airborne Sex Pheromone in the Colorado Potato Beetle, *Leptinotarsa decemlineata*. *Can. Entomol.* 129(4): 667-72.
- Gaston, L.K. 1984. Technique and Equipment for Collection of Volatile Chemicals from Individual, Natural or Artificial Resources. p: 217-22. In H.E. Hummel and T.A. Miller (eds.) *Techniques in Pheromone Research*. Heidelberg-Berlin: Springer Verlag.
- Hecker, E. and A. Butenandt. 1984. Bombykol Revisited--Reflections on a Pioneering Period and on Some of Its Consequences. p:1-44. In H.E. Hummel and T.A. Miller (eds.) *Techniques in Pheromone Research*. Heidelberg-Berlin: Springer Verlag.
- Ho, H.Y., Y.T. Yao, R.S. Tsai, Y.L. Wu and Y.S. Chow. 1996. Isolation, Identification and Synthesis of Sex Pheromone Compound of Female Tea Cluster Catterpillar *Andraea bipunctata* Wlkr (Lepidoptera: Bombycidae) in Taiwan. *J. Chem. Ecol.* 22: 271-85.
- Hummel, H.E. and T.A. Miller. 1984. *Techniques in Pheromone Research*. Springer Series in Experimental Entomology. Heidelberg-Berlin: Springer-Verlag. 464 p.
- Iwahashi, O., T. Syamsudin-Subahar, and S. Sosrodihardjo. 1996. Attractiveness of Methyl-eugenol to *Bactrocera carambola* (Diptera:Tephritidae) in Indonesia. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 89 : 653-60.

- Jacobson, M., M. Beroza and W.A. Jones. 1960. Isolation, Identification and Synthesis of the Sex Attractant of Gypsy Moth. *Science* 132: 1011 - 12.
- Jacobson, M., R.E. Redfern, W.A. Jones and M.H. Aldridge. 1970. Sex Pheromone of the Southern Armyworm Moth: Isolation, Identification and Synthesis. *Science* 170: 542-4.
- Karlson, P. and M. Lüscher. 1959. "Pheromones", a New Term for a Class of Biologically Active Substance. *Nature (London)* 183:55-56.
- Klassen, W., R.L. Ridgway and M. Inscoc. 1982. Chemical Attractants in Integrated Pest Management Programs. p:13-130. In. Kydonieus, A.F., M. Beroza and G. Zweig. (eds.). *Insect Suppression with Controlled Release Pheromone System*. Vol. I. Boca-Raton: CRC Press.
- Kydonieus, A.F., M. Beroza and G. Zweig. 1982. *Insect Suppression with Controlled Release Pheromone System*. Vol. I. Boca-Raton: CRC Press. 274 p.
- Law, J.M. and F.E. Regnier. 1971. Pheromone. *Annu. Rev. Biochem.* 40: 533-548.
- Mangoendihardjo, S., A. Pollet, K.U. Nugraheni, E. Martono dan Supratoyo. 1997. Uji Daya Tarik Feromon pada Penggerek Batang Padi Kuning *Scirpophaga incertulas*. Makalah disampaikan pada Kongres Entomologi V, Bandung Juni 1997.
- Martono, E. 1997a. Insect Juvenile Hormone Regulation and Control. I. Juvenile Hormone Analogues and Anti Juvenile Hormones. *J. AGR-Umy, in press*.
- Martono, E. 1997b. Insect Juvenile Hormone Regulation and Control. II. Plant Substances with Biologically Active Material. *J. AGR-Umy, in press*.
- Mell, R. 1922. *Biologie und Systematik der chinesischen Sphingiden*. Berlin: Friedländer.
- Minks, A.K. 1981. Monitoring of Insect pests with Pheromone Traps : Points of Interest. In E.R. Mitchell (ed.) *Management of Insect Pests with Semiochemicals, Concepts and Practice*. New York: Plenum Press. 198 p.
- Mitchell, E.R. 1981. *Management of Insect Pests with Semiochemicals, Concepts and Practice*. New York: Plenum Press. 198 p.
- Mitchell, E.R. and R.E. Doolittle. 1976. Sex-pheromone of *Spodoptera exigua*, *S. frugiperda* and *S. eridania*: Bioassay for Field Activity. *J. Econ. Entomol.* 69: 324-26.
- Mitchell, E.R., W.W. Copeland, A.N. Sparks and A.A. Sekul. 1974. Fall Armyworm : Disruption of Pheromone Communication with Scientific Acetates. *Environ. Entomol.* 3: 778-80.
- Nugraheni, K.U. 1995. *Uji Efektivitas Feromon terhadap Populasi dan Berat Serangan Penggerek Batang Padi Kuning Scirpophaga incertulas*. Skripsi Sarjana Stratum I. Yogyakarta : Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fak. Pertanian UGM. 62 p.
- Oka, I.N. 1994. *Pengelolaan Hama Terpadu, Implementasinya di Indonesia*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press. 248 p.
- Oudejans, J. 1994. *Agro-pesticides. Properties and Functions in Integrated Crop Protection*. Bangkok : United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific. 329 p.
- Price, P.W. 1984. *Insect Ecology*. New York : John Wiley & Sons. 607 p.

- Roelofs, W.L., C. Schal, D.S. Liang, L.H. Hazarika and R.E. Charlton. 1992. Site of Pheromone Production of *Supella longipalpa* (Dyctioptera: Blatellidae) Behavioral, Electrophysiological and Morphological Evidence. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 85 : 605-611.
- Sekul, A.A. and A.N. Sparks. 1967. Sex Pheromone of the Fall Armyworm Moth : Isolation, Identification and Synthesis. *J. Econ. Entomol.* 60 : 1270-2.
- Shorey, H.H. 1964. Sex Pheromones of Noctuid Moths. II. Mating Behavior of *Trichoplusia ni* (Lepidoptera: Noctuidae) with Special Reference to the Role of the Sex Pheromone. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 57: 371-77.
- Shorey, H.H. and L. Gaston. 1965a. Sex Pheromones of Noctuid Moths. V. Circadian Rhythm of Pheromone-Responsiveness in Males of *Autographa californica*, *Heliothis virescens*, *Spodoptera exigua*, and *Trichoplusia ni* (Lepidoptera : Noctuidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 58:597-599.
- Shorey, H.H. and L. Gaston. 1965b. Sex Pheromone of Noctuid Moths. VIII. Orientation to Light by Pheromone-Simulated Males of *Trichoplusia ni* (Lepidoptera: Noctuidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 58: 833-35.
- Struble, D.L. and H. Arn. 1984. Combined Gas Chromatography and Electroantennogram Recording of Insect Olfactory Responses. p: 161-79. In H.E. Hummel and T.A. Miller (eds.) *Techniques in Pheromone Research*. Heidelberg-Berlin: Springer Verlag.
- Soemartono, T. 1992. *Penggunaan Feromoid dalam Pengendalian Hama Tembakau Besuki Na-Oogst*. Kumpulan Makalah Kongres Entomologi IV: Palawija, 28 - 30 Januari 1992, p. 275-283
- Tingle, F.C. and E.R. Mitchell. 1975. Capture of *Spodoptera frugiperda* and *S. eridania* in Pheromone Traps. *J. Econ. Entomol.* 68 : 613-5.
- Tsai, R.S., Y.S. Chow and C.Y. Wu. 1997. Fine Structure of the Putative Pheromone Sensitive Sensilla in the Antennae of *Andraea bipunctata* (Lepidoptera: Bombycidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 90 : 301-7.
- Tulloch, J. 1985. *Torre-Bueno's Glossary of Entomology-Supplement A*. New York : New York Entomological Society. 36 p.
- Toore-Bueno, G. 1985. *A Glossary of Entomology*. New York: New York Entomological Society. 347 p.
- Untung, K. 1993. *Pengantar Pengendalian Hama Terpadu*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press. 273 p.
- Waluyo. 1992. *Penangkapan Hama Cylas formicarius (Fabricius) Jantan dengan Menggunakan Alat Perangkap Sexpheromone pada Tanaman Ubi Jalur di Lapangan*. Kumpulan Makalah Kongres Entomologi IV: Hortikultura, Palawija dan Kesehatan, 28 - 30 Januari 1992, p. 76 - 83.
- Wigglesworth, V.B. 1970. *Insect Hormones*. Edinburgh: Oliver & Boyd. 159 p.
- Wilson, E.O. 1971a. *The Insect Societies*. Cambridge, MA : Harvard Belknap Press. 548 p.
- Wilson, J.E. 1971b. *Introduction to Animal Physiology*. New York : John Wiley & Sons. 134 p.