BIOSCIENTIAE
Volume 18, Nomor 1, Januari 2021, Halaman 46-66
https://ppjp.ulm.ac.id/journals/index.php/bioscientiae

Review: Manfaat Feromon Sek Pada Ordo Lepidoptera Untuk Pengendalian Hama Lepidoptera

Syariful Banun

SMA Insan Cendikia Al Mujtaba Sukoharjo
Jl. Ovensari, Kadilangu, Baki, Sukoharjo 57556
Email: syarifulbanun@gmail.com

ABSTRACT

Lepidoptera is one of the orders of the phylum Arthropoda Insecta class consist of butterflies that are active during the day and moths at night. Both of them belong to the order Lepidoptera and have an important role in the ecosystem. Beneficial role for plants as pollinating insects and disadvantaged role as pests of cultivated plants. An example is the fall armyworm *Spodoptera* sp attacking rice plants, *Pteroma* sp attacks sengon plants, and *Helicoverpa armigera* attacks red chili plants. One of the efforts to control pests is the use of sex pheromones. Several types of sex pheromones were identified, for example the sex pheromone of the cabbage leaf caterpillar *Pluttela xylostella* was)-11-hexadecenal, (Z)-11-hexadecenol, and (Z)-11-hexadecenyl acetate with ratio 8:18:100 and 10:1:90. Potato tuber borer (*Phthorimaea operculella* Zell.) sex pheromones is (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*) with ratio 1 : 2,5. Using pheromones sex on agricultural land can significantly suppress Lepidoptera pest populations.

Key Word : Lepidoptera, Pests, Sex Pheromones

PENDAHULUAN

Secara umum, Indonesia dikenal sebagai negara "megadiversity" dalam kandungan faunanya. Kondisi geografi Indonesia memungkinkan tingginya tingkat keanekaragaman spesies fauna di negara ini (Adisoemarto, 2006). Salah satu keanekaragaman hayati fauna Indonesia adalah serangga, dengan jumlah 250.000 jenis atau sekitar 15 % dari jenis biota utama yang diketahui di Indonesia (Bappenas, 1993). Serangga hadir dalam kehidupan manusia memberikan banyak manfaat

positip sekaligus dapat menjadi ancaman bagi manusia karena mengurangi produksi pangan dan menyebabkan penyakit. Terlepas dari efek negatifnya, tumbuhan sangat bergantung pada serangga untuk penyerbukan (Cochran, 2003).

Serangga adalah kelompok hewan terbesar hidup di bumi sekitar 75% dari semua spesies hewan (Cochran, 2003). Salah satu kelompok serangga adalah kupu-kupu. Terdapat 170.000 spesies kupu-kupu di dunia dengan 13.000 spesies yang telah diidentifikasi di dunia (Peggie, 2006). Kupu-kupu yang ditemukan di Indonesia sekitar 2.000-2.500 spesies (Leo *at al*., 2016).

Kupu-kupu termasuk ordo Lepidoptera dibagi menjadi dua kelompok berdasarkan bentuk tubuh dan aktivitasnya yaitu Heterocera yang dikenal ngengat dan Rhapalocera atau kupu-kupu. Heterocera aktif pada malam hari dan umumnya warna gelap sedangkan Rhapalocera aktif pada siang hari dan identik warna sayapnya yang cerah atau cenderung berwarna-warni (Soekardi, 2007). Kupu-kupu (*butterfly*) dan ngengat (*moth*), diseluruh dunia berjumlah sekitar 20.000 spesies kupu-kupu dan sekitar 100.000-140.000 spesies ngengat (Sihombing, 1999).

Kupu-kupu merupakan salah satu jenis serangga yang memiliki nilai penting, yaitu sebagai penyerbuk (pollinator) (Amir *et al*., 2003), karena kupu-kupu aktif mengunjungi bunga. Kupu-kupu polinator secara ekologis berperan dalam mempertahankan keseimbangan ekosistem dan memperkaya keragaman hayati (Rohman *et all*., 2019).

Selain berperan penting dalam penyeimbang ekosistem, kupu-kupu dalam fase larva bisa menjadi hama bagi beberapa tanaman budidaya. Larva kupu-kupu bersifat herbivor (*fitofag*) (Simanjuntak, 2000) dan pada tanaman budidaya dapat sebagai hama (Triplehorn *et al*., 2005). Beberapa spesies kupu-kupu yang berperan sebagai hama diantaranya jenis *Papilio* spp. yang menggunakan tanaman *Citrus* spp atau jeruk sebagai tanaman inang (Schmutterer, 1977; Guerrero *et al*., 2004). *Erionotathrax* hama pada tanaman pisang (Suharo *et al*., 2005). Kupu kuning *Eurema* spp. menyerang

tanaman sengon. Serangan pada tanaman muda dan semai dapat menyebabkan defoliasi (kehilangan daun) dan kematian tanaman (Tuhumury, 2007).

Kupu-kupu memiliki preferensi terhadap tumbuhan sebagai tempat hinggap untuk pakan (*foodplant*), atau inang (*hostplant*). *Hostplant* adalah tumbuhan inang yang menjadi sumber makanan bagi fase larva dari kupu-kupu, sedangkan f*oodplant* adalah tumbuhan yang menjadi sumber nektar bagi kupu-kupu dewasa (Rohman *et al*., 2019). Selain kupu-kupu, ngengat juga dapat menjadi hama bagi tanaman pertanian contohnya adalah *Scirpophaga incertulas,* penggerek batang padi (PBP) (Yunus *et al*., 2011). Dampak serangan hama ulat dapat menurunkan produktivitas tanaman pangan, misalnya ulat grayak. Ulat grayak (*Spodoptera frugiperda*) merupakan serangga invasif yang telah menjadi hama pada tanaman jagung (*Zea mays* L.). Ulat ini bersifat polifag, beberapa inang utamanya adalah tanaman pangan dari kelompok Graminae seperti jagung, padi, gandum, sorgum, dan tebu sehingga keberadaan dan perkembangan populasinya perlu di waspadai.

Pentingnya pengenalan hama dan penyakit tanaman adalah sebagai dasar perlindungan tanaman yang disebabkan oleh patogen. Hal ini sangat diperlukan untuk mengetahui cara mengidentifkasinya dan cara pengendalian hama tanaman. Saat ini usaha pengendalian yang dilakukan terhadap serangan hama masih bertumpu pada aplikasi pestisida kimia. Penggunaan insektisida yang intensif dapat menyebabkan hama menjadi resisten terhadap insektisida yang digunakan (Negara, 2003).

Selain dampak diatas penggunaan pestisida menimbulkan beberapa masalah seperti resurgensi hama, letusan hama kedua, dan berkurangnya musuh alami (Untung, 2006). Berdasarkan data World Health Organization (WHO) setiap tahunnya di seluruh dunia diperkirakan sekitar 20.000 orang meninggal akibat keracunan pestisida dan sekitar 5.000 – 10.000 orang mengalami dampak dari keracunan pestisida tersebut seperti kanker, cacat tubuh, penyakit liver, dan dari angka tersebut yang terbanyak

terjadi di negara berkembang (Ipmawati *et al*., 2016).

Penggunaan pestisida secara berlebihan berdampak buruk terhadap lingkungan, serta menimbulkan residu yang berlebih pada produk sehingga dapat mengganggu kesehatan manusia (Haryati dan Nurawan, 2009). Oleh karena itu, perlu ada terobosan teknologi dalam pengendalian hama ulat dari ordo Lepidoptera yaitu dengan pengendalian hama terpadu (PHT).

Pengendalian hama tanaman secara terpadu (PHT) merupakan konsep pengendalian hama dengan menggunakan lebih dari satu komponen pengendalian, dengan tujuan populasi hama selalu berada dalam kondisi yang tidak merugikan secara ekonomis, dan aman terhadap lingkungan (Yuliani, 2019). Salah satu komponen PHT yaitu teknik pengendalian secara mekanik dan fisik yang meliputi pengendalian dengan cara membakar dan mencabut tanaman yang terkena penyakit, melakukan gropyokan, menggunakan perangkap lampu, feromon dan perekat untuk mengendalikan populasi hama (Laba *et al*., 2014).

Serangga lebih banyak menggunakan bahan kimia untuk berkomunikasi khususnya dengan individu lain dari spesies yang sama. Bahan kimia dihasilkan oleh serangga untuk berbagai kebutuhan (Busnia, 2006). Salah satu bahan kimia tersebut adalah feromon. Feromon merupakan senyawa yang dilepas oleh salah satu jenis serangga yang dapat mempengaruhi serangga lain yang sejenis dengan adanya tanggapan fisiologi tertentu. Berbeda dengan hormon, feromon menyebar ke luar tubuh dan hanya dapat mempengaruhi dan dikenali oleh individu lain yang sejenis (satu spesies) (Haryati dan Nurawan, 2009). Diantara feromon tersebut feromon seks adalah jenis feromon yang paling banyak diketahui pada serangga. Feromon seks ini berguna untuk meningkatkan kemungkinan berhasilnya perkawinan.

Dewasa ini feromon seks banyak digunakan dalam program pengendalian serangga hama, baik pada pertanaman sayuran, buah-buahan maupun tanaman hutan. Hal ini disebabkan karena penggunaan feromon dianggap lebih mudah

dilakukan dan aman bagi pemakai dan lingkungan (Permana dan Rostaman, 2006). Penggunaan perangkap feromon seks (*sex feromone*) sangat efektif, efisien dan ramah lingkungan untuk mengendalikan hama sebagai alat perangkap masal, maka penggunaan perangkap berferomon akan menurunkan tingkat populasi serangga jantan yang mana secara tidak langsung akan menekan jumlah serangga berkopulasi (kawin) sehingga akan menurunkan tingkat populasi serangga hama berikutnya (Samudra, 2011).

Feromon seks dapat digunakan dalam pengendalian serangga hama melalui berbagai cara (Wakamura *et al*., 1989; Wall, 1989; Jackson *et al*., 1992). Cara penggunaan feromon tersebut adalah sebagai berikut : (1) sebagai alat monitor keberadaan dan perkembangan populasi serangga hama di lapangan, (2) untuk penangkapan massal serangga jantan (*mass trapping*), (3) untuk mengacaukan proses perkawinan (*mating disruption*) dan membantu proses penyebaran entomopatogen (*autodissemination*).

Karakteristik Lepidoptera

Kata Lepidoptera berasal dari bahasa Yunani, yaitu "Lepis" yang berarti sisik dan "Pteron" yang berarti sayap. Jadi kupu-kupu memiliki ciri khusus yaitu sayap yang bersisik (Kristensen *et al*., 2007). Ordo ini mempunyai ciri-ciri utama yaitu sisik-sisik kecil, lebar dan pipih pada sayapnya dan rambut-rambut besar menyerupai sisik yang lebar dan pipih pada tubuhnya (Sutrisno dan Darmawan, 2010).

Tubuh kupu-kupu dibedakan menjadi kepala (cephal), dada (toraks), dan perut (abdomen). Pada bagian kepala terdapat antena, mata, dan alat mulut pengisap. Antena dilengkapi dengan sel-sel syaraf yang berfungsi sebagai alat pencium dan peraba. Kupu-kupu (Subordo: Rhopalocera) memiliki antena bersegmen yang muncul diantara kedua mata. Antena ini berfungsi sebagai radar dan dapat digerakkan secara volunter. Salah satu fungsi antena ini yaitu mendeteksi feromon di udara untuk mendeteksi dan mengenali lokasi pasangan. Selain itu, antena kupu-kupu digunakan untuk mendeteksi angin dan bau di udara.

Antena memiliki banyak organ sensorik yang disebut dengan *sensillae* (Ruslan, 2015). Labial palpi merupakan sebuah tonjolan kecil yang mencuat dari bagian depan kepala kupu-kupu ditutupi dengan sensor pendeteksi bau. labial palpi juga berfungsi untuk mengenali sumber makanan seperti nektar, getah pohon, dan lainnya (Peggie, 2014). Proboscis ini merupakan sebuah "belalai" yang berfungsi sebagai sedotan untuk makan serta mensekresikan enzim yang berfungsi untuk memecah nutrien yang dihisap (Ruslan, 2015).

Toraks kupu-kupu dibagi menjadi 3 bagian yaitu protoraks, mesotoraks dan metatoraks. Toraks merupakan tempat melekatnya tiga pasang kaki sejati dan dua pasang sayap. Bagian kaki depan sangat sensitif dan berguna untuk mengenali nektar, bunga atau pasangannya. Kaki pada berbagai family berbeda-beda keadaannya. Bagian sayap kupu-kupu biasanya berbentuk menyerupai segitiga dengan berbagai variasi berbeda antar famili. Bentuk atau percabangan dan susunan venasi sayap menjadi salah satu ciri untuk mengenali jenis kupu-kupu (Rochman *et al*., 2019). Pada kebanyakan spesies menunjukkan dimorfisme seksual yang mempunyai pola dan warna sayap yang berbeda pada kupu-kupu jantan dan betina. Sayap bagian depan kupu-kupu umumnya lebih besar daripada sayap kupu-kupu dan bagian abdomen ditutupi oleh sisik. Sisik pada sayap kupu-kupu ini berperan untuk insulator, produksi feromon (pada jantan), dan sebagai pengatur suhu tubuh (Ruslan, 2015).

Pada abdomen kupu-kupu terdapat organ-organ pencernaan, respirasi, eksresi, dan reproduksi Abdomen terdiri dari sepuluh segmen. Ruas pertama hingga ketujuh terdapat spirakel yang berfungsi untuk keluar masuknya udara dan tiga ruas terakhir mengalami modifikasi menjadi alat genetalia yang terletak diujung abdomen serta segmen terakhir terdapat organ reproduksi (Rochman *et al*., 2019).

Lepidoptera mencakup kupu-kupu dan ngengat (Triplehorn *et al*., 2005). Kupu-kupu (*butterfly*) dibedakan dengan ngengat (*moth*) dalam beberapa hal. Kupu-kupu

bersifat diurnal, sedangkan ngengat nokturnal (Braby 2000; Knüttel and Fiedler 2001). Bentuk dan corak warna kupu-kupu menarik (Stavenga *et al*., 2004), sedangkan ngengat mempunyai warna coklat, kusam, dan gelap (Amir *et al*., 2003). Ngengat mempunyai keterkaitan yang sama dengan kupu-kupu yaitu pada tanaman, sebagai inang, pakan dan tempat tinggal. Ngengat juga melakukan penyerbukan pada bunga yang mekar di malam hari (Sreekumar dan Balarishnan, 2001).

Kupu-kupu dan ngengat adalah serangga yang mengalami metamorfosis sempurna (holometabola) atau serangga yang melalui stadium telur, larva (ulat), pupa (kepompong), dan imago (dewasa). Fase larva adalah fase makan yang sangat aktif dan intensif. Fase larva ini hidup sekitar 2 minggu. Lama proses pupa bergantung pada spesies kupu-kupu, biasanya sekitar 10 hari sampai 2 minggu. Kupu-kupu dewasa mampu hidup selama seminggu maupun hampir setahun tergantung pada spesiesnya (Ruslan, 2015). Alat mulut larva tipe penggigit-pengunyah, sedangkan alat mulut imagonya bertipe pengisap. Stadium yang sering merusak tanaman adalah larva, sedangkan imagonya hanya mengisap nektar (madu) dari bunga-bungaan menggunakan proboscis. Tumbuhan yang dijadikan inang merupakan pakan bagi ulat, sedangkan nektar adalah makanan kupu-kupu yang berasal dari tanaman bunga.

Larva Lepidoptera ada yang bersifat monofag dan polifag. Monofag artinya bersifat spesialis yaitu memakan satu jenis tanaman inang saja, sedangkan polifag artinya dapat memakan banyak jenis tanaman. Kupu-kupu yang bersifat polifag memiliki tingkat kelimpahan yang tinggi dibandingkan monofag contohnya Larva Nymphalidae mengkonsumsi pakan dari 26 famili tumbuhan diantaranya dari Famili Annonaceae, Malvaceae, Tiliaceae, Rutaceae, Sapindaceae, Anacardiaceae, Leguminoceae (Rohman *et al*, 2019).

Tumbuhan menjadi tempat pakan larva kupu-kupu ketika kupu-kupu meletakkan telurnya pada tanaman tersebut. Beberapa tanaman inang kupu-kupu serperti *Graphium doson* (sirsak dan kantil), *Graphium agamemnon* (sirsak dan mengkudu),

Appias olferna (*Polyalthia longifolia*), *Papilio demoleus* (*Citrus* sp), dan *Triphasia trifolia* (jeruk kingkit), *Doleschallia bisaltide* (beringin), *Delias hyparete* (jambu, kelapa, mangga, pinang merah dan palem) (Ruslan, 2015).

Menurut Borror, Triplehorn, dan Johnson (1989) klasifikasi kupu-kupu adalah sebagai berikut : Kingdom Animalia, Phylum Arthropoda, Kelas Insekta, Subkelas Pterygota, Ordo Lepidoptera, Subordo Rhopalocera terdiri dari 6 familia yaitu Papilionidae, Pieridae, Nymphalidae, Danaidae, Satyridae dan Lycaenidae. Untuk klasifikasi ngengat atau subordo Heterocera terdiri dari 23 famili diantaranya Arctiidae, Noctuidae, Zygaenidae, Spingidae, Bombycoidae, dan Geometridae (Rachmawati, 2013).

Kupu-kupu merupakan serangga yang dimana memiliki mobilitas sangat tinggi, dapat berpindah dari satu tempat ketempat yang jauh (± 25-30 mil/jam atau ±40 km/jam) dan memiliki jelajah terbang yang tinggi (Rohman *et al*., 2019). Menurut Efendi, 2007 menyatakan bahwa pada kisaran waktu pukul 09.00-11.00 dan 13.00-13.59 WIB ditemukan kupu-kupu dengan kelimpahan tinggi. Sementara itu ngengat memiliki jangkauan terbang mencapai 6 - 10 kilometer. Menurut Hu dan Andow (2011), kemunculan ngengat spesies tertentu misalnya *Ostrinia nubilalis* berlangsung dua kali sehari, yaitu puncaknya pada saat menjelang terbit fajar dan menjelang terbenamnya matahari. Masing-masing spesies ngengat mempunyai waktu kemunculan yang berbeda-beda. Aktivitas terbang ngengat berkaitan dengan kepentingannya, yaitu: a) terbang untuk mencari pasangan, b) terbang untuk mencari tempat peneluran, c) terbang untuk mencari tempat perlindungan (Khan *et al*., 1991).

Hama ordo Lepidoptera

Hama merupakan sebutan bagi semua hewan yang dapat menimbulkan kerusakan dan kerugian pada tanaman serta turunannya. Hama yang merusak tanaman dapat dilihat secara jelas dari bekasnya (gerekan atau gigitan). Tanaman inang larva merupakan sumber konsumsi utama pada

Lepidoptera, kerena tanpa tanaman inang tersebut Lepidoptera tidak mampu untuk membangun populasi. Berikut beberapa famili dari ordo Lepidoptera yang berasosiasi dengan tanaman inang, diantaranya adalah : 1) Family Papilionidae, pada fase ulat memakan tumbuhan Aristolochiaceae, Rutaceae, Lauraceae, Annonaceae dan Umbeliferae. Setiap jenis kupu-kupu dari Papilionidae mempunyai inang yang berbeda, tetapi sebagian besar kupu-kupu yang semarga mempunyai inang yang sama. 2) Famliy Pieridae, salah satu makanan yang disukai adalah tumbuhan dari famili Fabaceae (*Pterocarpus indicus, Albizzia fulfa, Albizzia chinensis, dan Dalbergia densa*) (Rohman *et al*., 2019). 3) Famili Nympalidae memakan tumbuhan dari family Annonaceae, Leguminosae, Compositae dan Poaceae (Peggie dan Amir, 2006). 4) Famili Satyridae sebagian merupakan kupu-kupu pemakan buah. 5) Famili Geometridae adalah famili ketiga terbesar dalam ordo Lepidoptera, larvanya sering disebut sebagai larva pengukur atau ulat jengkal. Geometridae ini merupakan ngengat biasa, yang menjadi hama di hutan dan lahan pertanian (Pierce, 1995). 6) Family Zygaenidae biasanya hidup pada pohon-pohon tinggi, yang termasuk tumbuhan monokotil seperti kelapa (Chalid, 2005).

Beberapa spesies hama lepidoptera diantaranya : 1) ulat grayak *Spodopter*a sp. dan *Mythimna* sp. (Noctuide) dapat menyerang tanaman padi, jagung, sorgum, dan kacang-kacangan, sengon, murbei, bawang merah (Baco dan Tandiabang, 2018), 2) ulat kantong *Pteroma* sp (Psychidae) menyerang tanaman sengon, 3) kupu kuning *Eurema* sp (Pieridae) menyerang sengon, 4) penggerek buah *Helicoverpa armigera* Hubn. (Noctuidae) menyerang tanaman cabai merah. Hama ini mempunyai banyak tanaman inang, di antaranya kapas, jagung, tomat, bunga matahari, kacang-kacangan, dan tembakau (Fitt 1989, Shanower dan Romeis 1999), 5) ulat daun *Diaphania indica* Saunders (Crambidae) menyerang mentimun (Asikin, 2004), 6) penggerek polong *Etiella zinckenella Treitschke* (Pyralidae) menyerang kedelai, 7) penggerek batang dari Genus *Ostrinia*

Hûbner (Crambidae) menyerang jagung, 8) penggerek pucuk *Scirpophaga* Walker (Crambidae) menyerang tebu (Solis, 2007), 9) larva kupu-kupu *Papilio demoleus* Linn. (Papilionidae) memakan jeruk (*Citrus* spp.) (Salma *et al*., 2002), 10) ulat tanah (*Agrotis* spp) (Noctuidae) menyerang padi, tebu, jagung, tembakau, kapas, rosella, kacang tanah, kubis, dan kentang, serta rumput-rumputan lainnya (Baco dan Tandiabang, 2018). Salah satu hama penting yang menyerang tanaman bawang merah adalah ulat tanah (*Agrotis ipsilon*). Gejala juga terlihat paa pangkal batang yang menunjukkan bekas gigitan ulat, pangkal batang terpotong–potong, batang rebah, batang rusak dan bercereran (Sasmito, 2010). Salah satu penelitian menunjukkan serangan hama ulat tanah (*Agrotis ipsilon*) di lahan bawang merah Gampong Lam Rukam Kecamatan Pekan Bada Kabupaten Aceh Besar berkisar antara 56,3 % hingga 68,8 % dengan rata-rata sebesar 61,48 %. (Surya *et al*., 2019), 11) penggerek jagung *Ostrinia furnacalis* (Pyralidae) merupakan hama utama pada jagung, 12) penggerek batang merah jambu *Sesamia inferens* Walker (Noctuidae) hama pada padi, jagung dan tebu (Laan, vander, P.A. 1981), 13) *Milionia basalis* (Geometridae) hama daun pada tusam (*Pinus merkusii*), 14) penggerek pucuk *Hypsipyla robusta* (Pyralidae) menyerang mahoni, 15) *Dioryctria rubella* (Pyralidae) penggerek batang dan pucuk tusam, (16) *Pyrausta machaeralis* (Pyralidae), larvanya pemakan daun jati, 17) *Xyleutes ceramicus* (Cossidae) atau oleng-oleng hama penggerek pada pohon jati, 18) *Hyblaea puera* (Hyblaeidae) merupakan hama daun jati (Waluyo dan Mahfudz, 2012), 19) ulat titik tumbuh kubis *Crocidolomia binotalis* Zell, (Pyralidae) hama kubis (Kristanto *et al*., 2013), ulat kubis *Crocidolomia binotalis* Zell, ini mampu menyebabkan penurunan produksi kubis sebesar 79,81 persen, 20) ulat daun *Pluttela xylostella* (Plutellidae) hama kubis dan kehilangan hasil kubis akibat serangan hama ini dapat mencapai 100% (Rukmana, 1994), 21) penggerek buah *Conopomorpha cramerella* Snellen) (Gracillariidae)

pada tanaman kakao, (Depparaba, 2002).

Feromon Ordo Lepidoptera

Feromon (*pheromone*, *pheremone* cf. Tulloch (Torre-Bueno, 1985)) adalah istilah yang pertama kali dicetuskan oleh Karlson dan Luscher (1959) untuk menyebut senyawa kimia yang diperlukan berkomunikasi oleh individu dalam suatu spesies (*intraspesific communication*). Secara populer Price (1984; Martono, 1997) menyebut feromon sebagai salah satu unsur "BO" (*Body ordor,* atau BB, bau badan), yang berdasarkan fungsinya dikelompokkan bersama dengan *allelochemicals* ke dalam *semiochemicals* (Law dan Regnier, 1971).

Semiokimia adalah senyawa kimia yang membawa sinyal dari satu organisme ke organisme lain atau yang disebut senyawa yang terlibat dalam interaksi di antara organisme (Reddy dan Guerrero, 2004). Senyawa tersebut dapat berasal dari tumbuh-tumbuhan maupun hewan. Semiokimia berfungsi sebagai mediator dalam interaksi suatu organisme dengan organisme yang lain, baik antara tumbuhan dengan serangga, antara serangga dengan serangga serta antara tumbuhan dengan hewan lainnya. Menurut Norin, (2007) senyawa semiokimia sering digunakan sebagai pengendali hayati terhadap hama tanaman. Strategi yang paling umum dengan menggunakan semiokimia adalah untuk menarik, merangkap, dan membunuh serangga. Feromon termasuk senyawa semiokimia yang digunakan untuk komunikasi intraspesifik, yaitu respon spesifik dalam individu lain dari spesies yang sama.

Jenis feromon berbeda-beda pada setiap jenis serangga, baik sebagai hama pada tanaman tertentu maupun yang berperan dalam kelestarian tanaman tertentu yang terdapat dihabitat serangga itu sendiri, yang diantaranya seperti feromon sex, feromon agregasi, feromon jejak, dan feromon penunjuk jalan (Tarumingkeng, 2001).

Nurnasari (2015) melaporkan, berdasarkan fungsinya ada dua kelompok feromon yaitu feromon "releaser", yang memberikan pengaruh langsung terhadap sistem syaraf pusat

individu penerima untuk menghasilkan respon tingkah laku dengan segera. Feromon ini terdiri atas tiga jenis, yaitu feromon seks, feromon jejak, dan feromon alarm. Feromon primer, yang berpengaruh terhadap sistem syaraf endokrin dan reproduksi individu penerima sehingga menyebabkan perubahan-perubahan fisiologis.

Penelitian feromon yang lebih banyak ditekankan pada feromon seks menyebabkn kesan bahwa feromon adalah senyawa pembangkit daya tarik seksual serangga. Feromon seks adalah zat kimia tertentu yang dilepaskan oleh betina ke udara untuk menarik jantan tertentu untuk kawin. Jantan mengikuti feromon seks berlawanan dengan arah angin untuk menemukan sekaligus kawin dengan betina (Kong *et al*., 2014). Penelitian tentang feromon seks sudah dilakukan semenjak dahulu, pada tahun 1959 Butenandt telah berhasil mengidentifikasi bahan feromon pemikat lawan jenis dari ulat sutera (*Bombyx mori*) dan dinamakannya *bombykol*. Bahan ini adalah senyawa heksadeka-10((E,Z), 12-(Z,E)-diene-1-ol, suatu alkohol tak jenuh berikatan ganda dua (Hecker dan Butenandt, 1984).

Feromon seks bersifat khas untuk setiap spesies, zat ini harus sederhana (bukan senyawa rantai panjang dan rumit), mudah menguap, dan menimbulkan reaksi dalam kadar konsentrasi yang amat rendah (Martono, 1997). Bahan feromon seks merupakan senyawa sederhana yang rata – rata terdiri atas kurang dari 20 rantai karbon (Bone *et al*., 1977; Blum 1984; gaston, 1984; Martono 1997). Feromon ini pada umumnya adalah senyawa mono atau di-alkohol, aldehida atau asetat tak jenuh. Nisbi senyawa demikian bersifat nirkutub (nonpolar), dan banyak diantaranya mudah mengalami dekomposisi oksidatif (Cari,1982; Martono, 1997). Pada dasarnya bahan feromon seks merupakan campuran dua senyawa atu lebih, seringkali dengan imbangan tertentu untuk memperoleh spesifisitasnya (Blum, 1984: Evans, 1984; Struble dan Arn, 1984; Martono, 1997).

Senyawa feromon seks yang selama ini diteliti kebanyakan dimiliki oleh Lepidoptera, meski bahan ini tidak

khas pada bangsa kupu-kupu dan ngengat (Blum, 1984; Martono, 1997). Daftar yang disusum Klassen *et al*. (1982) menyebutkan setidaknya telah ada 126 feromon seks yang diidentifikasi pada ordo Lepidoptera. Contoh beberapa feromon seks yang sudah diidentifikasi antara lain : 1) feromon seks ulat grayak (*Spodoptera frugiperda*) yaitu senyawa (Z)-9-*dodeses-1-ol asetat* (9-DDA) (Tingle dan Mitchell,1975; Mitchell dan Doolitle, 1976; Martono, 1997). Feromon seks dari *Spodoptera exiguaare* adalah Z9E12-14Ac, Z9-14OH, 14OH, E9-14OH, Z9E12-14OH, Z9Z12-14OH, 14Ac, Z9-14Ac, E9-14Ac, Z9Z12-14Ac, Z7-14Ac (Tumlinson, 1982); Z3-6Ac], 2-phenylacetaldehyde (Dong, 2004); Z11-16OH (Acin, *et al*., 2010). 2) feromon seks hama penggerek umbi kentang (*Phthorimaea operculella* Zell.) 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. (Santoso, *et al*., 2002) 3) feromon seks ulat pemakan polong kedelai (*Helicoverpa Armigera* Hubner) ialah (Z)-11-*hexadecena*l, (Z)-9-*hexadecenal*, (Z)-11-*hexadecenal*-1-ol, *hexadecena*l dan *hexadecanol*. Wang *et al* (2005) dan Kumar dan Shivakumara (2003) sedangkan penelitian di China melaporkan bahwa kandungan feromon seks *H. armigera* ialah *saturated aldehyde* (16:Ald), (Z)-9-*hexadecenal* (Z-9–16:Ald), (Z)-11-*hexadecenal* (Z-11–16:Ald), *hexadecanol* (16:OH), dan (Z)-11-*hexadecenol* (2–11–16:OH) (Wu et al. 2008). 4) feromon seks ulat daun mentimun *Diaphania indica* Saunders adalah (E)-11-hexadecenal (E11-16:Ald) and ((E,E)-10,12 hexadecadienal (E10E12-16:Ald) (Wakamura, 1998), 5) feromon seks penggerek batang merah jambu *Sesamia inferens* pada padi Z)-11-hexadecenyl acetate (Z11-16:Ac) and (Z)-11-hexadecen-1-ol (Z11-16:OH) (Nagayama *et al*., 2006), 6) feromon seks ulat daun *Pluttela xylostella* hama kubis adalah (Z)-11-hexadecenal, (Z)-11-hexadecenol, dan (Z)-11-hexadecenyl acetate dengan perbandingan 8:18:100 dan 10:1:90 (Jimena *et al*., 2016).

Feromon seks sudah banyak di antaranya telah diidentifikasi dan diproduksi secara sintetik. Feromon sintetik kini banyak digunakan untuk mengumpan serangga hama, kemudian diracuni dengan insektisida, mendeteksi adanya hama dan pengendaliannya, serta untuk mengestimasi kelimpahan jenis serangga dalam tujuan konservasi. Untuk tujuan konservasi, dimana akan memunculkan jumlah kupu-kupu jenis tertentu yang banyak ditemukan di suatu lokasi, yaitu salah satu caranya adalah dengan menggunakan feromon seks. Feromon seks ini dapat menarik kupu-kupu jantan untuk datang lebih banyak menuju ke tempat konservasi, sekaligus akan meningkatkan kualitas keturunan terutama pada kupu-kupu yang diteliti. 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 yang berasal dari daerah geografik yang berbeda (McElfresh dan Millar, 1999).

Mekanisme cara kerja feromon menurut Winoto (2010) Feromon dikeluarkan melalui abdomen pada segmen ke 4 dan 5 pada serangga yang disekresikan oleh kelenjar eksokrin. Struktur senyawa feromon yaitu alkohol dan aldehid. Struktur senyawa yang dihasilkan bersifat spesifik sehingga reseptor yang dipunyai spesifik pula. Setelah sampai di antena serangga target, senyawa feromon tersebut akan dicapai ke otak melalui sel saraf dan barulah diterima oleh sel penerima. Peniltian penggunaan feromon seks pada budidaya tanaman cabe menunjukkan respons ngengat jantan *Helicoverpa armigera* tertinggi terhadap feromon seks yang diperoleh dari ekstrak kelenjar feromon asal betina yang berumur 4 hari sebesar 20,33 % (Hasyim *et al*., 2013).

Pengendalian Hama dengan Feromon seks

Salah satu usaha untuk mengatasi masalah hama Lepidoptera dengan menggunakan 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 hama Lepidoptera. Penggunaan bahan feromon seks merupakan pemanfaatan feromon yang paling utama dibandingkan dengan penggunaan feromon lainnya karena bahan feromon seks lebih mudah diperoleh dengan cara ekstraksi – isolasi dibanding feromon lainnya, selain itu jumlah bahan yang dihasilkan dari serangga cukup memadai untuk analisis maupun uji kuantitatif (Hummel dan Miller, 1984; Martono, 1997).

Feromon seks juga memiliki jangkauan yang cukup jauh sampai belasan kilometer atau lebih (Evans, 1984; Berry, 1984; Martono, 1997). Beberapa keunggulan feromon seks ialah (1) bersifat selektif untuk spesies hama tertentu, (2) mampu menekan populasi serangga secara nyata, (3) bersifat ramah lingkungan, dan (4) menurunkan biaya penggunaan insektisida hingga Rp 2 juta/ha dibandingkan dengan tanpa menggunakan feromon seks yang mencapai Rp 4−6 juta/ha (Samudra, 2006).

Hasil penelitian penggunaan feromon seks pada budidaya tanaman cabe menunjukkan kombinasi antara penggunaan feromon seks dengan insektisida mampu menekan kehilangan hasil buah cabai merah akibat serangan *Helicoverpa armigera* sekitar 61,10 – 62,18% (Hasyim *et al*., 2013). Hasil penelitian lainnya menunjukkan pengujian feromon dilakukan pada pertanaman kedelai petani di Brebes (2014) untuk mengendalikan hama ulat grayak (*Spodoptera litura* F.) menggunakan perangkap berair yang digantungkan pada tiang bambu setinggi 25 cm di atas permukaan tanaman. Kepadatan perangkap dengan kepadatan perangkap antara 16 -24 perangkap/ha sudah cukup mengendalikan hama ulat grayak *Spodoptera litura* (Samudera *et al*., 2016)

Penelitian ke depan

Indonesia adalah negara tropis dengan keanekaragaman hewan yang tinggi terutama kelompok serangga ordo Lepidoptera. Beberapa spesies sudah teridentifiksi zat feromon seks, namun masih banyak feromon seks

spesies dari ordo Lepidoptera belum teridentifikasi. Masalah yang dihadapi dalam pemanfaatan feromon seks ialah bahan feromon masih sangat terbatas karena itu perlu dilakukan penelitian berbagai jenis feromon terutama feromon seks dari ordo Lepidoptera yang belum teridentifikasi.

Selain melakukan identifikasi feromon seks juga melakukan penelitian dengan membuat feromon seks sintetik agar dapat diaplikasikan untuk berbagai tanaman budidaya lain khususnya untuk mengendalikan hama dari Lepidoptera. Identifikasi zat feromon seks perlu tindak lanjut dalam skala lapangan karena ada perbedaan hasil uji sehingga zat feromon seks dapat memilki efektifitas yang tingi jika di terapkan di lapangan. Kombinasi feromon seks dan zat lain dapat dilktakukan penelitian untuk dapat mencari formula yang efektif mengendalikan hama Lepidoptera serta hama dari ordo lainnya.

KESIMPULAN

Serangga adalah kelompok hewan terbesar hidup di bumi sekitar 75% dari semua spesies hewan. Salah satu kelompok serangga adalah kupu-kupu. Kupu-kupu yang ditemukan di Indonesia sekitar 2.000 - 2.500 spesies. Kupu-kupu dan ngengat termasuk ordo Lepidoptera memiliki peran penting terhadap ekosistem. Beberapa jenis serangga memiliki peran yang menguntungkan, namun tidak sedikit pula kupu-kupu yang dapat merugikan karena berperan sebagai hama baik pada tanaman hortikultura maupun tanaman kehutanan. Jenis-jenis Lepidoptera hama pada yang menyebabkan kerusakan pada tanaman seperti ulat grayak *Spodopter*a sp. dan *Mythimna* sp. menyerang tanaman padi, jagung, sorgum, dan kacang-kacangan, ulat kantong *Pteroma* sp menyerang tanaman sengon, penggerek buah *Helicoverpa armigera*) menyerang tanaman cabai merah. Salah satu upaya untuk mengendalikan hama adalah pemanfaatan feromon seks. dan sekaligus dapat digunakan untuk menekan serangan hama Lepidoptera. Feromon seks adalah zat kimia tertentu yang dilepaskan oleh betina ke udara untuk menarik jantan tertentu dalam spesies yang sama untuk kawin. Beberapa jenis feromon seks yang

teridentifikasi contohnya feromon seks ulat daun *Pluttela xylostella* hama kubis adalah (Z)-11-hexadecenal, (Z)-11-hexadecenol, dan (Z)-11-hexadecenyl acetate dengan perbandingan 8:18:100 dan 10:1:90. Feromon seks hama penggerek umbi kentang (*Phthorimaea operculella* Zell.) 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. Feromon seks dapat daplikasikan di lahan pertanian untuk menekan populasi hama secara nyata dan bersifat ramah lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

Acin, P. Rosell, G., Guerrero, A., dan Quero, C., 2010. Sex Pheromon of the Spanish Population of The Beet Armyworm *Spodoptera exigua*. Journal Chemical Ecology (2010) 3 6:778–786.

Adisoemarto, S. 2006. Penerapan Dan Pemanfaatan Taksonomi Untuk Mendayagunakan Fauna DAERAH: Zoo Indonesia Vol. 15(2): 87 – 100. Naturindo-Bogor. Jurnal Fauna Tropika.

Amir, M, A Noerdjito, and R. Ubaidillah. 2003. Kupu (Lepidoptera). Di dalam: Amir M, Kahono S, editor. Serangga Taman Nasional Gunung Halimun Jawa Bagian Barat. Bogor: Biodiversity Conservation Project LIPI-JICA.

Asikin S. 2004. Alternatif pengendalian hama serangga sayuran ramah lingkungan di lahan lebak. Laporan Tahunan Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa (Balitra). Banjarbaru.

Baco, D dan Tandiabang, J. 2018. Hama Utama Jagung dan Pengendaliannya Balai Penelitian Tanaman Pangan Maros. http://balitsereal.litbang.pertanian.go.id/wp-content/uploads/2018/08/10hama.pdf.

Badan Perencana Pembangunan Nasional. 1993. *Biodiversity Action Plan for Indonesia*, Jakarta: BAPPENAS..

Borror, Donald Joyce, Charles A. Triplehorn, and Norman F. Johnson. 1992.An introduction to the study of insects. 6th ed. Philadelphia: Saunders College Pub.

Braby, Michael F. 2000. The butterflies of Australia: their identification, biology, and distribution. Collingwood, VIC, Australia: CSIRO Pub.

Busnia, Munzir. 2006. Entomologi. Yogyakarta : Andalas University Press.

Cochran, D. G. 2003. Blattodea (Cockroaches). In: Resh, V. H. and R. T. Carde. 2003. Encyclopedia of Insects. Elseiver Science. California.

Chalid, N.I. 2005. Pedoman Pengenalan dan Pengendalian OPT pada Tanaman Tomat. Direktorat Perlindungan Tanaman Hortikultura. Direktorat Jenderal Hortikultura. Jakarta.

Depparaba, F. 2002. Penggerek buah kakao (*Conopomorpha cramerella*

Snellen) dan penanggulangannya. Jurnal Litbang Pertanian, 21(2).

Dong, J.Y., Wei, H.Y., Huang, Y.P., dan Du, J.W., 2004. Enhancement of attraction to sex pheromones of *Spodoptera exigua* by volatile compounds produced by host plants. J. Chem. Ecol. 30:2037-2045

Efendi, Muhammad Ali. 2009. Keragaman Kupu-Kupu (Lepidoptera:Ditrysia) Di Kawasan "Hutan Koridor" Taman Nasional Gunung Halimun-Salak Jawa Barat.

Elizabeth, M. 2001. Semiokimia. http://monica-simanjuntak.blogspot.com/2011/08/semiokimia.html/diakses 1 desember 2019.

Fitt, GP 1989, 'The ecology of Heliothis in relation to agroecosystems', Ann. Rev. Entomol., vol 34, pp. 17-52.

Hecker, E and A. Butenandt.1984. Bombykol Revisited-Reflections on a Pionering 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 Veriag.6ti56i6.

Hu, Y. & D.A. Andow. 2011. Field Observations of Ostrinia nubilalis Eclosion and Posteclosion Activity of Females around their Natal Plants. Insect Science 18: 712–718.

Ipmawati, P.A., O. Setiani., Y.H. Danudainti. 2016. Analisis Faktor-Faktor Resiko yang Mempengaruhi Tingkat Keracunan Pestisida pada Petani di Desa Jati, Kecamatan Sawangan , Kabupaten Magelang, Jawa Tengah. Jurnal Kesehatan Masyarakat 4: 427-435.

Jackson, D.M., G.C. Brown, G.L. Nordin, & D.W. Johnson 1992. Autodissemination of baculovirus for management of tobacco budworms (Lepidoptera : Noctuidae). J. Econ. Entomol. 85 (3):710-719.

Khan, Z.R., J.A. Litsinger, A.T. Barion, F.F.D. Villanueva, N.J. Fernandez, & L.D. Taylor. 1991. World Bibliography of Rice Stem Borers, 1794–1990. IRRI ICIPE, Los Banos. 415 p.

Knuttel, Helge, and Konrad Fiedler. 2001. Host-plant-derived variation in ultraviolet wing patterns influences mate selection by male butterflies. Journal of Experimental Biology 204: 2447–2459.

Kong, W.N., J. Li, R.J. Fan, S.C. Li, & R.Y. Ma. 2014. Sex-Pheromone-Mediated Mating Disruption Technology for the Oriental Fruit Moth, Grapholita molesta (Busck) (Lepidoptera:Tortricidae): Overview and Prospects. Psyche 2014: 253924.

Kristanto SP, Sutjipto, Soekarto. 2013. Pengendalian hama pada tanaman kubis dengan sistem tanam tumpangsari. Berkala Ilmiah Pertanian 1(1): 7-9.

Kristensen, Niels P., Malcolm J. Scoble, and Ole Karsholt. 2007. Lepidopteraphylogeny and systematics: the state of inventorying moth and butterfly diversity. Zootaxa 1668: 699–747. doi:10.11646/zootaxa.1668.1.30.s.

Laba, W,I., Wahyuno, D dan Rizal,M. 2014. Peran PHT, Pertanian Organik dan Biopestisida Menuju Pertanian Berwawasan Lingkungan dan Berkelanjutan. Prosiding Se minar Nasional Pertanian Organik. 25-34. Balai Penelitian Tanaman Rempah

dan Obat. Jalan Tentara Pelajar No. 3 Bogor.

Laan, vander, P.A. 1981. Pest of crops in Indonesia. English translation and revision published of "De Plagen van de Cultuergewassen in Indonesia" yang dikarang oleh L.G.E. Kalshoven. P.T. Ichtiar Baru - Van Hoeve, Jakarta.

Leo, S., Avifah, N., Sasangka, A.N., & Zahra, S. (2016). Butterflies of Baluran National Park, East Java, Indonesia. Pros Sem Nas Masy Biodiv Indon. Volume 2, Nomor 2.

Martono, E. 1997. Pengaruh dan Pemanfaatan Feromon sex terhadap serangga hama. Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia. Vol 3. No. 2:106-114.

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.

Nagayama, A. Wakamura, S. Tania, N And Arakaki, N. 2006. Reinvestigation of sex pheromone components and attractiveness of syntheticsex pheromone of the pink borer, *Sesamia inferens* Walker (Lepidoptera: Noctuidae) in Okinawa. Appl. Entomol. Zool. 41 (3): 399–404 http://odokon.org/.

Negara, A. 2003. Penggunaan analisis probit untuk pendugaan tingkat kepekaan populasi *Spodoptera exigua* terhadap deltametrin di Daerah Istimewa Yogyakarta. InformatikaPertanian 12: 1-9.

Nugrawati, S. 2017. Respon kedatangan Ngengat *Spodoptera litura fabricius* (Lepidoptera : Noctuidae) terhadap senyawa volatil yang beraal dari tanaman inang. Program Studi Agroteklonogi, Fakultas Pertanian Universitas Jember

Nurnasari, E. 2015. Pemanfaatan Senyawa Kimia Alami Sebagai Alternatif Pengendalian Hama Tanaman. http://www.chem-is-try.org /artikel_kimia/kimia_pangan/ pemanfaatan-senyawa-kimia-alami sebagai- alternatif-pengendalian hama tanaman/.

PublishingPeggie, Djunijanti., and Mohammad. Amir. 2006. Practical guide to the butterflies of Bogor Botanic Garden = Panduan praktis kupu-kupu di Kebun Raya Bogor. Panduan Praktis Kupu-Kupu Di Kebun Raya Bogor. Jakarta: LIPI.

Peggie, Djunijanti. 2014. Mengenal Kupu-kupu. Bogor : Pandu Aksara.

Permana, A, D dan Rostaman. 2006. Pengaruh Jenis Perangkap Dan Feromon Seks Terhadap Tangkapan Ngengat Jantan *Spodoptera exigua*. Jurnal HPT Tropika. Vol. 6, No. 1.

Pierce, N.E. 1995. Predatory and parasitic Lepidoptera: Carnivores living on plants.Jurnal of the Lepidopterists' Society. 49(4): p.412-453.

Rahmawati, E. 2013. Keragaman Jenis Ngengat nocturnal Di Taman Nasional Bantimurung Bulusaraung, Kecamatan Bantimurung, Kabupaten Maros. Jurusan Biologi. Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Hasanuddin Makassar.

Reddy, G.V.P dan A. Guerrero. 2004. Ineractions of insect pheromons and plant semioshemicals. Trends in Plant Sciene 9 (5): 253-261.

Rohman, F. Efendi, Andirini. 2019. Bioekologi Kupu-kupu. Cet-1

FMIPA Universitas Negeri Malang. Malang.

Reddy, G.V.P. & K. Tangtrakulwanich. 2014. Potential Application of Pheromones in Monitoring, Mating Disruption, and Control of Click Beetles (Coleoptera: Elateridae). International Scholarly Research Notices 2014: 531061.

Ruhendi; A. Iqbal; dan D. Soekarna. 1985. Hama jagung di Indonesia. Dalam Hasil Penelitian Jagung, Sorgum dan Terigu 1980- 1984. Risalah Rapat Teknis Puslitbangtan Bogor, 28-29 Maret 1985. p.99-113.

Rukmana R. 1994. Bertanam Kubis. Yogyakarta: Kanisius.

Ruslan, H. 2015. Keanekaragaman kupu-kupu. LPU-Unas. Jakarta.

Salmah, S., I. Abbas, dan Dahelmi, 2002. Kupu-Kupu Papilionidae di Taman Nasional Kerinci Sebelat. Taman Nasional Kerinci Sebelat. KEHATI.

Samudra, M., I. 2011. Perangkap Berferomon Pengendalian Penggerek Batang Padi Kuning. Jurnal Agroinovasi.33(87): 13-14.

Samudra 2006 Pengendalian ulat bawang ramah lingkungan. Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian. vol. 28, no.6, pp. 3-5.

Santoso, E. Permana,D. Susanto,A. Setiawati, W. 2002. Identifikasi Feromon seks serangga penggerek umbi kentang *Phthorimaea operculella* Zell. (LEPIDOPTERA: GELECHIIDAE). Jurnal Bionatura, Vol. 4, No. 1, Maret 2002 : 9 – 16.

Schmutterer, H. 1977. Diseases, Pests and Schmutterer, H. 1977. Diseases, Pests and Weeds in Tropical Crops. Weeds in Berlin and Hamburg Hamburg: Parey.

Shahabuddin, Hidayat P, Noerdjito Wa, Manuwoto S. 2005. Research on InsectBiodiversity in Indonesia: Dung Beetles (Coleoptera:Scarabidae) And Its Role in Ecosystem. ISSN: 1412-033x Vol 6: 141-146.

Shanower, TG dan Romeis, J. 1999. 'Insect pests of pigion pea and their management'. Ann. Rev. Entomol. vol. 44, pp. 77-96.

Sihombing, D T H. 1999. Satwa Harapan I. Pengantar Ilmu dan Teknologi Budidaya. Bogor: Pustaka Wirausaha Muda.

Simanjuntak, Okpin Frits Manahan. 2000. Kajian Produksi dan Tingkah Laku Beberapa Jenis Kupu-Kupu yang Terdapat di Beberapa Daerah di Kabupaten Bogor.

Soekardi, H. 2007. Kupu-kupu di kampus Unila. Universitas Lampung. Bandar Lampung

Solis MA. 2007. Phylogenetic studies and modern classification of the Pyraloidea (Lepidoptera). Rev. Colomb. Entomol. 33(1): 1–9.

Sreekumar, P.G. & M. Balakrishnan, 2001. Habitat and altitude preferences of butterflies in Aralam Wildlife Sanctuary, Kerla. Dalam Tropical Ecology (Online), 42(2), 5 halaman.

Suhara. 2009. Ordo Lepidoptera, Ngengat Dan Kupu-kupu. Bandung : UPI Publisher.

Suharo, S, W Wagiyana, and Z. Rizal. 2005. A Survey Of The Butterflies (Rhopalocera: Lepidoptera) In Ireng-Ireng Forest Of Bromo Tengger Semeru National Park. J Ilm Das 6: 62–65.

Sutrisno, H. & Darmawan. 2010.Kajian Biodiversitas Serangga Kupu-kupu Malam Ternate. LIPI Press. Bogor.

Tarumingkeng. 2007. Serangga dan lingkungan. Institut Pertanian Bogor

Triplehorn. Charles A.. Norman F. Johnson and Donald Joyce Borror. 2005. Borror and DeLong's. introduction to the study of insects. 7th ed. Australia: Thomson, Brooks/Cole.

Tuhumury, A. 2007. Inventarisasi jenis hama pada tanaman sengon (*Paraserianthes falcataria* Nielson) di lokasi Hutan Kemasyarakatan Waesamu, Kecamatan Kairatu, Kabupaten Seram sAgroforestri, 2(1), 13-18.

Tulloch, J.1985. Torre-Bueno's Glossary of Entomology, New York: New York Entomological Society. 34 p.

Tumlinson, J.H., Mitchell, E.R. dan Sonnet, P.E., 1981. Sex pheromone components of the beet armyworm, *Spodoptera exigua*. Journal of Environmental Science and Health. Part A: Environmental Science and Engineering 16 (2).

Untung, K. 2006. Pengantar Pengelolaan Hama Terpadu. Gajah Mada University Press. Yojakarta.Untung, K. 2006. Pengantar Pengelolaan Hama Terpadu. Gajah Mada University Press. Yojakarta.

Wakamura, S., M. Takai, S. Kozai, H. Inoue, I. Yamashita, S. Kuwahara & M. Kawamura 1989. Control of the beet armyworm, *Spodoptera exigua* Hbn (Lepidoptera: Noctuidae), using synthetic sex pheromone. I. Effect of communication disruption in Welsh onion field. Appl. Entomol. Zool. 24 (4): 387-397Winoto. 2010. Feromon, Allomon,Kairomon: Sistem Komunikasi Serangga, Konsep Dasar, Elektroantenogram (Eag), Olfaktometer Dan Uji Biologis Lainnya.

Wakamura, S. Arakaki, N, Kinjo.K, and Yasuda, T. 1998. Sex pheromone of the cotton caterpillar, *Diaphnia indica* (Saunder) (Lepidoptera: Pyralidae): Identification and field attraction. Appl. Entomol.Zoom.33 (30:429-434 (1998).

Wall, C. 1989. Monitoring and spray time. pp: 39-66 in A.R. Jutsum & R.F.S. Gordon (eds), Insect Pheromone in Plant Protection. John Wiley & Sons, Chichester & New York.

Waluyo, THT dan Mahfudz. 2012. Hama Hutan Indonesia, Catatan 20 Tahun Peneliti. Balai Penelitian Kehutanan Manado. Manado, Indonesia. 95 hal.

Wang, HL, Zhao, CH & Wang, CZ. 2005. 'Comparative study of sex pheromone composition and biosynthesis in *Helicoverpa armigera, H. assulta* and their hybrid'. Insect Biochem. Mol. Biol. vol. 35, no. 6, pp. 575-83.

Wu De, Yan, Y & Chui, J 2008, 'Sex pheromone componen of *H. armigera,* chemical analysis and field test', Insect Science vol. 4, pp. 350-56.

Yuliani dan Resti. 2019. Penggunaan Beberapa Perangkap Untuk Mengendalikan Hama Penggerek Batang Padi Pandanwangi (*Oryza Sativa* Var. *Aromatic*). Jurnal Pro-Stek Vol. 1 No. 1.

Yunus, M, dkk. 2011. Aktivitas Ngengat Scirpophaga Incertulas Di Wilayah Kabupaten Klaten. Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia, Vol. 17, No.1, 2011: 18–25.