

Pengelolaan Agroekosistem dalam Pengendalian Hama

NURINDAH

Balai Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat
Indonesian Tobacco and Fibre Crops Research Institute
Jl. Raya Karangploso, Kotak Pos 199, Malang-Jawa Timur

ABSTRAK

Pengelolaan agroekosistem dalam pengendalian hama, merupakan salah satu metode dalam Pengendalian Hama Terpadu (PHT) yang diterapkan dengan pendekatan ekologi. Penerapan metode ini dilakukan setelah dipahami faktor-faktor penyebab suatu agroekosistem menjadi rentan terhadap eksplosif hama, dan dikembangkan metode-metode yang dapat meningkatkan ketahanan agroekosistem tersebut terhadap eksplosif hama. Prinsip utama dalam pengelolaan agroekosistem untuk pengendalian hama adalah menciptakan keseimbangan antara herbivora dan musuh alaminya melalui peningkatan keragaman hayati. Peningkatan keragaman vegetasi dan penambahan biomassa, dapat meningkatkan keragaman hayati dalam suatu agroekosistem. Peningkatan keragaman vegetasi dilakukan melalui pola tanam polikultur dengan pengaturan agronomis yang optimal. Penambahan biomassa dilakukan dengan mengaplikasikan mulsa, penambahan pupuk hijau dan pupuk kandang. Kedua metode ini ditujukan untuk mendapatkan produktivitas lahan yang optimal dan berkelanjutan.

Kata kunci: Kapas, *Gossypium hirsutum*, Pengendalian Hama Terpadu, pengelolaan agroekosistem, keragaman hayati.

ABSTRACT

Agroecosystem management for Pest Control

Agroecosystem management is an Integrated Pest Management (IPM) with ecological approaches. This method can be applied when the factors that make the agro ecosystem become vulnerable to pest outbreak are known. The main agroecosystem management for pest management is to create the balance between herbivores and their natural enemies by increasing biodiversity, enhancing vegetations and biomasses. Increasing vegetation diversity can be done by adopting poly culture systems, optimizing agronomic arrangements. Increasing biomasses can be done by applying mulch, green manures, and cattle manures. Both methods are aimed to obtain optimal land productivity and sustainability.

Key words: Cotton, *Gossypium hirsutum*, Integrated Pest Management, agroecosystem management, biodiversity

PENDAHULUAN

Konsep pengendalian hama terpadu (PHT) muncul pada tahun 1960an sebagai pemikiran kepedulian terhadap lingkungan akibat penggunaan pestisida dan dampaknya terhadap lingkungan. PHT merupakan pengembangan metode-metode pengendalian alternatif dalam perlindungan tanaman terhadap serangga hama. Dengan demikian, yang berkembang adalah metode pengendalian yang bersifat *silver bullet*, yaitu satu metode yang prinsipnya adalah dapat mengendalikan adanya peledakan populasi hama dan menekan kerusakan tanaman. Karakter dari metode ini adalah pengendalian dari suatu teknik pengendalian.

Pengembangan PHT selanjutnya lebih mengarah pada pengelolaan agroekosistem yang dikembangkan berdasarkan teori-teori ekologi, terutama dalam merancang suatu agroekosistem yang lebih tahan terhadap peledakan populasi hama. Pada umumnya yang ditekankan adalah pemanfaatan kekuatan alami yang dimungkinkan dengan melakukan pengurangan penggunaan insektisida pada suatu agroekosistem (Pimentel dan Goodman 1978; Levins dan Wilson 1979). Walaupun demikian, pada umumnya konsep PHT dipraktekkan dengan prinsip penggunaan pestisida secara bijaksana (*intelligent pest management = IPM*), yang ditunjukkan dengan adanya konsep ambang ekonomi, dan teori-teori ekologi yang dikembangkan gagal diterapkan.

Lambatnya penerapan PHT berdasarkan teori-teori ekologi yang telah dikembangkan, disebabkan pada awalnya pengembangan PHT terfokus pada pengembangan-pengembangan metode alternatif dari penggunaan pestisida dalam pengendalian hama (Lewis *et al*, 1997). PHT hendaknya diterapkan berdasarkan evaluasi

fakta-fakta mengapa suatu agro-ekosistem menjadi rentan terhadap eksplosif hama dan bagaimana membuat suatu agroekosistem menjadi lebih tahan terhadap eksplosif hama. Pemikiran ini merubah konsep PHT dari suatu hubungan linier antara hama sasaran dan suatu strategi pengelolaan hama, menjadi suatu hubungan yang berupa jaringan (*web*) antara serangga hama, musuh alami dan keragaman tanaman (Altieri dan Altieri, 2004). Penekanan dari konsep ini adalah pencegahan timbulnya masalah hama, dengan meningkatkan 'kekebalan' agroekosistem dengan memadukan teknik-teknik pengelolaan hama melalui aktivitas-aktivitas budidaya yang lain, sehingga produktivitas lahan dan kesehatan tanaman dapat terjaga, serta mendapatkan keuntungan ekonomi. Konsep ini menekankan pada pencarian faktor-faktor penyebab suatu agroekosistem menjadi rentan terhadap hama. Makalah ini akan mengemukakan pemikiran-pemikiran dalam pengelolaan hama dengan memahami faktor-faktor penyebab rentannya suatu agroekosistem terhadap infestasi hama, serta teknik pengelolaan agroekosistem tersebut dalam pengendalian hama.

FAKTOR-FAKTOR PENYEBAB KERENTANAN AGROEKOSISTEM TERHADAP EKSPLOSI HAMA

Agroekosistem yang merupakan suatu ekosistem pertanian dapat dikatakan produktif jika terjadi keseimbangan antara tanah, hara, sinar matahari, kelembaban udara dan organisme-organisme yang ada, sehingga dihasilkan suatu pertanaman yang sehat dan hasil yang berkelanjutan (Altieri dan Altieri, 2004). Gangguan-gangguan terhadap agroekosistem tersebut dapat diatasi karena telah ada sistem yang dapat mengatasi atau mentoleransi adanya cekaman biotik dan abiotik yang ada. Jika terdapat gangguan pada suatu agroekosistem oleh patogen, serangga hama atau degradasi lahan, maka untuk mencegah terjadinya kerentanan pada agroekosistem

tersebut perlu dilakukan pengembalian keseimbangan (*resilience*), yaitu dengan mengembalikan fungsi dari masing-masing komponen yang ada dalam agroekosistem tersebut.

Beberapa praktek budidaya yang dapat meningkatkan kerentanan suatu agroekosistem terhadap hama adalah:

1. Penurunan Keragaman Lanskap

Pengembangan pertanian secara besar-besaran di negara industri mengakibatkan perubahan terhadap keragaman lanskap, karena adanya penyederhanaan agroekosistem melalui perluasan lahan, penambahan kepadatan tanaman, peningkatan keseragaman tanaman dalam umur dan kualitas fisik, serta penurunan keragaman intra dan ekstra spesifik dalam pertanaman. Kondisi ini mengakibatkan terjadinya kesenjangan perkembangan antara herbivora dan musuh alaminya. Terdapat fenomena bahwa serangga herbivora masuk dalam pertanaman dan memencar secara bersamaan pada suatu pertanaman, sedangkan musuh alaminya masuk mulai dari tepi pertanaman dan menyebar ke tengah dengan selang waktu 3 minggu (Price, 1976). Kondisi ini akan mengakibatkan ketidakseimbangan antara hama dan musuh alaminya. Dengan demikian, perluasan lahan pertanaman monokultur akan semakin merentankan agroekosistem tersebut terhadap eksplosif hama.

2. Penurunan Keragaman Tanaman

Kerentanan agroekosistem terhadap hama merupakan suatu akibat dari penyederhanaan dari lanskap, seperti yang terjadi pada sistem pertanian dengan input tinggi di negara-negara maju dan negara-negara yang mengembangkan ekspor hasil pertanian dengan menerapkan sistem tanam monokultur. Sistem pertanian monokultur menurunkan jumlah dan aktivitas musuh alami karena terbatasnya sumber pakan, seperti polen, nektar dan mangsa atau inang alternatif yang diperlukan oleh musuh alami untuk makan, bereproduksi (Andow, 1991) serta tempat untuk refugia untuk bertahan pada suatu ekosistem (Jervis *et al*, 2004). Sebaliknya, bagi

serangga herbivora, pertanaman monokultur merupakan sumber pakan yang terkonsentrasi dalam jumlah banyak, sehingga herbivora tersebut dapat bereproduksi dan bertahan dengan baik. Beberapa serangga herbivora dilaporkan dapat berkembang biak dengan baik pada pertanaman monokultur yang dipupuk, disiang dan diairi secara intensif (Price, 1991). Kondisi agroekosistem seperti ini secara terus menerus akan menyebabkan agroekosistem menjadi rentan terhadap eksplosif hama.

3. Penggunaan Pestisida

Dampak negatif dari penggunaan insektisida kimia secara intensif dalam jangka panjang telah banyak dilaporkan, yaitu timbulnya resistensi, resurgensi, munculnya serangga sekunder, dan polusi. Sedikitnya telah dilaporkan adanya 50 spesies arthropoda yang telah resisten terhadap insektisida dan akarisida (van Driesche dan Bellows, 1996). Resistensi musuh alami terhadap insektisida, kalau pun terjadi, sangat lambat, karena musuh alami berpeluang kecil mempunyai gen yang resisten, karena populasi rendah, serta proses evolusi yang berbeda dengan herbivora.

Penggunaan insektisida kimia, pada banyak kasus, tidak memecahkan masalah, bahkan menimbulkan masalah baru, yaitu terjadinya resistensi terhadap insektisida (Martin *et al.*, 2000; Wolfenbarger dan Vargas-Camplis, 2002; Fakhrudin *et al.*, 2003) dan terjadinya ledakan populasi hama sekunder (Hallberg, 1989; Kelly, 1995; Schultz *et al.*, 2001). Salah satu contoh dampak negatif penggunaan insektisida adalah penggunaan insektisida dari kelompok piretroid sintetis secara berlebihan untuk mengendalikan populasi *H. armigera* pada kapas di Lamongan pada MTT 2003 dan 2004. Penggunaan insektisida kimia sintetis yang berlebihan tersebut mengakibatkan peledakan populasi hama sekunder *Bemisia* sp. dan menyebabkan petani gagal panen (Nurindah dan Mukani, 2005).

4. Pemupukan yang Tidak Berimbang

Pemupukan Nitrogen dengan dosis tinggi dapat menyebabkan peningkatan kerusakan

tanaman oleh herbivora. Beberapa studi melaporkan bahwa pemberian beberapa tingkat pupuk N berkorelasi positif dengan peningkatan populasi herbivora, karena adanya peningkatan kapasitas reproduksinya (Brodbeck *et al.*, 2001; Luna, 1988; Altieri dan Nicholls, 2003). Penambahan dosis pupuk N dari 30 kgN/ha menjadi 60 - 90 kg N/ha meningkatkan populasi *Helicoverpa armigera*, *Amrasca biguttula* dan *Earias* sp. pada kapas, sehingga meningkatkan frekuensi rata-rata penyemprotan dari 2,5 kali menjadi 3,7 kali; dan tidak meningkatkan hasil kapas berbiji secara nyata (Sahid *et al.*, 2000).

5. Iklim

Cuaca dapat menjadi faktor abiotik penting pemicu peledakan populasi hama. Hal ini tidak terlepas dari faktor fisiologis herbivora. Komponen iklim yang paling berpengaruh terhadap perkembangan populasi serangga adalah suhu dan kelembaban udara. Gutierrez *et al.* (1974) melaporkan bahwa beberapa kondisi suhu dan kelembaban udara dapat menyebabkan perubahan pada populasi kutu daun, karena adanya perubahan pada perkembangan fisiologi, migrasi dan pemencaran, sehingga menyebabkan peledakan populasi lokal. Suhu dan kelembaban tertentu pada pertanaman (iklim mikro) terjadi karena kondisi pertanaman yang merupakan akibat dari praktek agronomi dalam budidaya tanaman, misalnya jarak tanam, populasi tanaman dan pemupukan. Populasi tanaman yang tinggi dan jarak tanam rapat mengakibatkan tanaman tumbuh sangat rimbun, sehingga terjadi iklim mikro pada pertanaman (suhu dan kelembaban udara tinggi) yang sangat rentan terhadap infestasi herbivora.

PENGELOLAAN AGROEKOSISTEM

Faktor-faktor penyebab rentannya suatu agroekosistem terhadap eksplosif hama dapat diatasi dengan melakukan pengelolaan agroekosistem supaya menjadi lebih tahan terhadap eksplosif hama. Tujuan dari pengelolaan agroekosistem adalah menciptakan keseimbangan dalam lingkungan, hasil yang

berkelanjutan, kesuburan tanah yang dikelola secara biologis dan pengaturan populasi hama melalui keragaman hayati serta penggunaan input yang rendah (Altieri, 1994). Untuk mencapai tujuan ini, strategi yang dikembangkan adalah optimalisasi daur hara dalam tanah dan pengembalian bahan organik, konservasi air dan tanah serta keseimbangan populasi hama dan musuh alaminya. Strategi ini mengarah pada suatu pengaturan lanskap yang ada, sehingga didapatkan kemantapan fungsi dari keragaman hayati yang membantu dalam proses menuju agroekosistem yang sehat.

Konsep ekologi dalam PHT, merupakan konsep dari proses alami dan interaksi-interaksi biologi yang dapat mengoptimalkan sinergi fungsi dari komponen-komponennya. Dengan demikian, lahan dengan keragaman hayati yang tinggi, mempunyai peluang tinggi untuk terjaga kesuburan tanahnya melalui aktivasi biota tanah. Selain itu, perkembangan populasi herbivora dapat terjaga melalui peningkatan peran arthropoda berguna dan antagonis. Pengelolaan agroekosistem untuk mendapatkan produksi yang berkelanjutan dan sesedikit mungkin berdampak negatif terhadap lingkungan dan sosial, serta input rendah dimungkinkan dengan menerapkan prinsip-prinsip ekologi sebagai berikut (Reijntes *et al.*, 1992):

1. Meningkatkan daur ulang dan optimalisasi ketersediaan dan keseimbangan alur hara. Prinsip ini dapat dilakukan dengan melakukan rotasi dengan tanaman-tanaman pupuk hijau.
2. Memantapkan kondisi tanah untuk pertumbuhan tanaman dengan mengelola bahan organik dan meningkatkan biota tanah. Pemberian biomassa pada lahan akan menambah bahan organik yang selanjutnya akan meningkatkan biota tanah yang berguna dalam peningkatan kesuburan tanah.
3. Meminimalkan kehilangan karena keterbatasan ketersediaan air melalui pengelolaan air. Air dibutuhkan tanaman untuk dapat berproduksi optimal, sehingga ketersediaan-

nya pada waktu dan jumlah yang cukup, sangat berpengaruh terhadap produktivitas lahan. Pengelolaan air dapat dilakukan dengan teknik-teknik pengawetan air tanah.

4. Meningkatkan keragaman spesies dan genetik dalam agroekosistem, sehingga terdapat interaksi alami yang menguntungkan dan sinergi dari komponen-komponen agroekosistem melalui keragaman hayati.

Prinsip-prinsip ini dapat diterapkan melalui berbagai teknik budidaya. Teknik-teknik tersebut akan memberikan pengaruh yang berbeda dalam produktivitas, stabilitas dan keseimbangan pada suatu agroekosistem, tergantung pada peluang-peluang yang ada pada lokasi (spesifik lokasi), sumberdaya alam yang ada serta pasar. Tujuan akhir dari pengelolaan agroekosistem adalah memadukan komponen-komponen yang ada sehingga efisiensi biologis dapat diperbaiki, keragaman hayati dapat dilestarikan dan dihasilkan produksi yang berkelanjutan.

Seperti telah dibahas di atas, pertanaman monokultur dapat memicu eksplosi hama, karena budidaya monokultur dapat menyebabkan agroekosistem menjadi tidak stabil. Ketidakstabilan agroekosistem masih dapat diperbaiki dengan menambahkan keragaman tanaman pada suatu pertanaman dan lanskap (Gillesman, 1999) yang disebut sebagai rekayasa ekologi (*ecological engineering*). Keragaman tanaman yang tinggi dapat menciptakan interaksi dan jaring-jaring makan yang mantap dalam suatu agroekosistem. Keragaman tanaman dalam suatu agroekosistem merupakan konsep dasar dalam pengendalian hayati (Noris dan Kogan, 2006).

Peningkatan keragaman tanaman pada suatu agroekosistem dapat dilakukan melalui praktek budidaya dengan sistem tumpangsari, agroforestry atau dengan menggunakan tanaman pelindung atau penutup tanah. Praktek budidaya ini telah umum dilakukan pada sistem pertanian di Indonesia. Pada tanaman perkebunan, kapas selalu ditanam secara tumpangsari dengan palawija (jagung, kedelai, kacang tanah atau kacang hijau). Pada suatu agroekosistem dengan

keragaman tanaman yang tinggi, akan mempunyai peluang adanya interaksi antar spesies yang tinggi, sehingga menciptakan agroekosistem yang stabil dan akan berakibat pada stabilitas produktivitas lahan dan rendahnya fluktuasi populasi spesies-spesies yang tidak diinginkan (van Emden dan Williams, 1974). Pada pertanaman kapas yang ditumpang-sarikan dengan kedelai, dilaporkan mempunyai keragaman spesies parasitoid telur penggerek buah kapas *Helicoverpa armigera* yang lebih tinggi dibandingkan dengan pada pertanaman kapas monokultur (Lusyana, 2005). Keragaman spesies parasitoid telur yang lebih tinggi berakibat pada peningkatan kontribusi mortalitas *H. armigera* oleh faktor mortalitas biotiknya.

Pengelolaan habitat untuk pengendalian hama dengan menambahkan keragaman hayati hendaknya diikuti dengan perbaikan kualitas tanah. Kualitas kesuburan tanah yang baik, merupakan media untuk mendapatkan tanaman yang sehat dan tanaman yang sehat merupakan dasar dari pengelolaan hama yang berbasis ekologi. Pada sistem pertanian organik, populasi serangga hama dilaporkan selalu lebih rendah dibandingkan dengan pada sistem pertanian konvensional (Elzaker, 1999). Pemberian biomasa tanaman dapat meningkatkan ketersediaan air, karena berpengaruh pada perbaikan sifat fisik tanah seperti bobot isi, porositas, dan permeabilitas (Mastur dan Sunarlim, 1993). Pemberian mulsa pada tanah juga dilaporkan dapat meningkatkan efisiensi pengendalian hama (Mathews *et al.*, 2002; 2004; Afun *et al.*, 1999). Aplikasi mulsa jerami padi pada pertanaman kapas selain dapat meningkatkan bahan organik dalam tanah yang dapat memperbaiki struktur fisik dan kimia tanah yang menyebabkan tanah menjadi lebih subur, juga meningkatkan aktivasi predasi terhadap penggerek buah kapas, karena populasi kompleks predator pada kanopi meningkat (Subiyakto, 2006).

Kemampuan tanaman untuk bertahan atau toleran terhadap serangga hama atau patogen berhubungan erat dengan properti fisik, kimia dan biologi tanah yang optimal. Tanah dengan

kandungan bahan organik tinggi dan aktivitas biologi yang tinggi biasanya menunjukkan adanya kesuburan yang tinggi dan adanya jaringan makanan (*food web*) serta mikroorganisme yang kompleks, sehingga mencegah terjadinya infeksi patogen (Magdoff dan van Es, 2000). Dengan demikian, interaksi multitropik yang terjadi di atas permukaan tanah dan di bawah permukaan tanah merupakan suatu *food web* yang saling tergantung dan menyebabkan terjadinya stabilitas populasi herbivora. Hal ini disebabkan oleh adanya keseimbangan antara herbivora dan musuh alaminya dan patogen dengan antagonisnya. Keseimbangan ini akan menjadikan suatu agroekosistem menjadi sehat dan dapat menciptakan sistem pertanian yang berkelanjutan.

PENGENDALIAN HAMA MELALUI PENGELOLAAN AGROEKOSISTEM

Pengendalian hama merupakan salah satu aktivitas dari budidaya tanaman. Kegiatan ini dapat dilakukan melalui perancangan agroekosistem yang stabil. Berdasarkan fakta-fakta yang telah diuraikan di atas, perancangan agroekosistem yang stabil melibatkan pengelolaan komponen-komponen dalam agroekosistem tersebut. Perancangan agroekosistem untuk pengendalian hama dapat dilakukan melalui pengelolaan habitat yang targetnya adalah:

1. Meningkatkan keragaman vegetasi melalui sistem tanam polikultur.
2. Meningkatkan keragaman genetik melalui penggunaan varietas dengan ketahanan horizontal yang dirakit dari plasma nutfah lokal.
3. Memperbaiki pola tanam dan menerapkan sistem rotasi tanaman kacang-kacangan, pupuk hijau, tanaman penutup tanah dan dipadukan dengan ternak.
4. Mempertahankan keragaman lanskap dengan meningkatkan koridor-koridor biologis.

Penambahan keragaman tanaman dalam program pengendalian hama telah banyak dilakukan. Penambahan keragaman tersebut ditujukan untuk meningkatkan populasi predator, misalnya dengan tata tanam *strip cropping* kapas dengan sorgum (Slosser *et al.*, 2000). Tanaman kedelai yang ditumpangsarikan dengan kapas dilaporkan dapat menarik predator, seperti Kepik Mirid (*Nabis* spp.), kepik bermata besar (*Geocoris* spp.) dan laba-laba (Anderson dan Yeargan, 1998).

Peningkatan keragaman vegetasi melalui sistem tanam tumpangsari merupakan praktek budidaya yang mudah diterima oleh petani. Walaupun demikian, pemilihan jenis tanaman yang akan ditumpangsarikan dan sistem tanam yang tepat perlu dipertimbangkan untuk mendapatkan produktivitas lahan yang optimal dan mempunyai keuntungan sosial dan ekonomi yang sesuai dengan lokasi setempat (spesifik lokasi). Penerapan sistem tumpangsari hendaknya tidak menurunkan produksi secara nyata dari tanaman-tanaman yang dipadukan. Oleh karena itu diperlukan pengetahuan tentang pengaturan jarak tanam, populasi tanaman, serta umur panen untuk diterapkan dengan mempertimbangkan aspek pengendalian hama dan produktivitas lahan yang optimal.

Dalam program pengendalian hama, penambahan keragaman vegetasi bukan merupakan suatu strategi pengendalian yang dapat berdiri sendiri (*standalone tactic*) dalam menyelesaikan masalah hama yang ada. Teknik-teknik pengendalian hama yang penekanannya adalah pengendalian ramah lingkungan dengan pemanfaatan sumberdaya alam yang telah ada untuk menuju sistem pertanian yang berkelanjutan, perlu dikembangkan. Teknik-teknik tersebut difokuskan pada optimalisasi peran musuh alami sebagai faktor mortalitas biotik bagi serangga hama atau sebagai penghambat perkembangan patogen penyakit.

Salah satu teknik pengendalian hama dan penyakit yang ramah lingkungan adalah penggunaan pestisida botani. Beberapa ekstrak tanaman telah dilaporkan dapat digunakan sebagai pestisida botani yang sifatnya tidak

hanya toksik bagi herbivora, tetapi juga sebagai *antifeedant* dan penolak (Isman, 2006). Insektisida botani yang dikembangkan adalah dari ekstrak piretrum atau mimba. Insektisida botani dari ekstrak biji mimba yang dipadukan dengan pelepasan predator mempunyai efektivitas yang tinggi, yaitu menyebabkan 99% mortalitas thrips *Franklinella accidentalis* pada kacang hijau (Thoeming dan Poehling, 2006).

KESIMPULAN

Pengendalian hama dengan pengelolaan agroekosistem pada dasarnya adalah teknik pengendalian hayati dengan mengoptimalkan peran musuh alami sebagai faktor pembatas perkembangan populasi herbivora dalam suatu ekosistem. Optimalisasi peran musuh alami tersebut dilakukan melalui peningkatan keragaman hayati dengan meningkatkan keragaman vegetasi. Peningkatan keragaman vegetasi dilakukan melalui penerapan pola tanam polikultur dengan pengaturan agronomis yang optimal, sehingga didapatkan produktivitas lahan yang optimal dan berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Afun, J. V. K, Johnson, D. E, Russell, dan Smith. A. 1999. The effects of weed residue management on pests, pest damage, predators and crop yield in upland rice in Cote d'Ivoire. *Biological Agriculture and Horticulture* 17(1): 47 - 58.
- Altieri, M. A. 1994. *Biodiversity and Pest Management in Agroecosystems*. Haworth Press, New York.
- Altieri, N and Altieri, M. A. 2004. Agroecological bases of ecological engineering for pest management. *In: G. M. Gurr, S. D. Wratten dan M. A. Altieri (Eds.), Ecological Engineering for Pest Management*. Comstock Publishing Associates, New York. p. 32 - 54.
- Altieri, M. A. dan Nicholls, C. I. 2003. Soil fertility management and insect pests: harmonizing soil and plant health in

- agroecosystem. *Soil and Tillage Research* 72: 203 - 211.
- Anderson, A. C. dan Yeargan, K. V. 1998. Influence of soybean canopy closure on predator abundances and predation on *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae) eggs. *Environmental Entomology* 27: 1488-1495.
- Andow, D.A. 1991. Vegetational diversity and arthropod population response. *Annual Review of Entomology* 36: 561 - 586.
- Brodbeck, B., Stavisky, J., Funderburk, J., Andersen, P. dan Olson, S. 2001. Flower nitrogen status and populations of *Franklinella occidentalis* feeding on *Lycopersicon esculentum*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 99 (2): 165 - 172.
- van Driesche, R.G. and Bellows, T.S. Jr. 1996. *Biological Control*. Chapman and Hall, New York.
- van Elzaker, Bo. 1999. Organic cotton production. *In: D Myers dan S. Stolton. (Eds.) Organic cotton, from field to final product*. Intermediete Technology Publications, London. p. 21 - 35.
- van Emden, H.F. and Williams, G. F. 1974. Insect stability and diversity in agroecosystems. *Annual Review of Entomology* 19: 455 - 475.
- Fakhrudin, B., Badariprasad, Krishnareddy, K. B., Prakash, S. H., Vijaykumar, Patil, B. V. and Kuruvinashetti, M. S. 2003. Insecticide resistance in cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hubner) in South Indian cotton ecosystems. *Resistant Pest Management Newsletter* 12(2):13 - 16.
- Gillesman, S. R. 1999. *Agroecology: Agroecological Processes in Agriculture*. Ann Arbor Press, Michigan.
- Gutierrez, A.P., Havenstein, D.E., Nix, H. A. and Moore, P.A. 1974. The ecology of *Aphis cracivora* Koch and subteranean clover stunt virus in South East Australia. II. A model of cowpea aphid population in temperate pastures. *Journal of Applied Ecology*. 11: 1 - 20.
- Hallberg, G. R. 1989. Pesticide pollution of groundwater in the humid United States. *Agriculture Ecosystems and Environment* 26 (3-4) : 299 - 367.
- Isman, M. B. 2006. Botanical insecticides, deterrents and repellents in modern agriculture and increasingly regulated world. *Annual Review of Entomology* 51: 45 - 66.
- Jervis, M.A., Lee, J. C., dan Heimpel, G. E. 2004. Use of behavioural and life-history studies to understand the effects of habitat manipulation. *In: G. M. Gurr, S. D. Wratten and M. A. Altieri (Eds.), Ecological Engineering for Pest Management*. Comstock Publishing Associates, New York. p. 65 - 100.
- Kelly, A. G. 1995. Accumulation and persistence of chlorobiphenyls, organochlorine pesticides and faecal sterols at the Garroch Head sewage sludge disposal site, Firth of Clyde. *Environmental Pollution* 88(2): 207 - 217.
- Levins, R. and Wilson. 1979. Ecological theory and pest management. *Annual Review of Entomology* 25: 7 - 29.
- Lewis, W.J., van Lenteren, J.C., Pathak, S.C. and Tumlinson, J.H. 1997. A total system approach to sustainable pest management. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 94: p.12243 - 12248.
- Luna, J. M. 1988. Influence of soil fertility practices on agricultural pest. *In: Global perspectives on agroecology and sustainable agricultural systems. Proceedings of the Sixth International Scientific Conference of IFOAM*. St Cruz. p. 589 - 600.
- Lusyana, N. R. 2005. Keragaman parasitoid telur *Helicoverpa armigera* pada tanaman kapas (*Gossypium hirsutum* L.) monokultur dan tumpangsari di Asembagus, Kabupaten Situbondo. Skripsi, Universitas Negeri Malang.
- Magdoff, F dan van Es, H. 2000. *Building Soils fo Better Crops*. SARE, Washington.

- Martin, T., Ochou, G. O., Hala, N., Klo, F. Vassal, J. M., dan Vaissayre, M. 2000. Pyrethroid resistance in the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hubner), in West Africa. *Pest Management Science* 56(6): 549 - 554.
- Mastur dan N. Sunarlim 1993. Pengaruh drainase/irigasi dan mulsa jerami padi terhadap sifat fisik tanah dan keragaan kedelai. *Risalah Hasil Penelitian Tanaman Pangan*. 1:67-74.
- Mathews, C. R., Bottrell, D. G. dan Brown, M. W. 2002. A comparison of conventional and alternative understory management practices for apple production: multi-trophic effects. *Applied Soil Ecology* 21(3): 221 - 231.
- Mathews, C. R., Bottrell, D. G. dan Brown, M. W. 2004. Habitat manipulation of the apple orchard floor to increase ground dwelling predators and predation of *Cydia pomonella* (L.) (Lepidoptera: Tortricidae). *Biological Control* 30(2): 265 - 273.
- Noris, R. F. dan Kogan, M. 2006. Ecology of interactions between weeds and arthropods. *Annual Review of Entomology* 50: 479 - 503.
- Nurindah dan Mukani. 2005. Peningkatan daya saing kapas dengan PHT. *Lokakarya Revitalisasi Agribisnis Kapas Diintegrasikan dengan Palawija di Lahan Sawah Tadah Hujan, Lamongan* 8 September 2005. 10 hlm.
- Pimentel, D dan Goodman, N. 1978. Ecological basis for the management of insect populations. *Oikos* 30: 422 - 437.
- Price, P. W. 1976. Colonization of crops by arthropods: non-equilibrium communities in soybean fields. *Environmental Entomology*. 5: 605 - 612.
- Price, P. W. 1991. The plant vigor hypothesis and herbivore attack. *Oikos*, 62: 244 - 251.
- Reijntes, C., Haverkort, B. Dan Water-Bayer, A. 1992. *Farming for the Future*, Macmillan, London.
- Sahid, M., Cholid, M. dan Yulianti, T. 2000. Pengeruh cara tanam kedelai dan dosis nitrogen pada tanaman kapas terhadap perkembangan hama dan hasil kapas. *Jurnal Tanaman Industri* 5:128 - 134.
- Schultz, R., Peall, S. K. C., Dabrowski, J. M., and Reinecke, A. J. 2001. Spray deposition of two insecticides into surface waters in a South African orchard area. *Journal of Environmental Quality* 30(3): 814 - 822.
- Slosser, J. E., Parajulee, M. N. and Bordovsky, D. G. 2000. Evaluation of food sprays and relay strip crops for enhancing biological control of bollworms and cotton aphids in cotton. *International-Journal-of-Pest-Management* 46: 267-275.
- Subiyakto. 2006. Peran Mulsa Jerami Padi Terhadap Keanekaragaman Arthropoda Predator dan Manfaatnya Dalam Pengendalian Serangga Hama Kapas Pada Tumpangsari Kapas dan Kedelai. *Disertasi Program Doktor Ilmu Pertanian, Universitas Brawijaya*.
- Thoeming, G. dan Poehling, H. M. 2006. Integrating soil-applied azadirachtin with *Amblyseius cucumeris* (Acari: Phytoseiidae) and *Hypoaspis aculeifer* (Acari: Laelapidae) for the management of *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae). *Environmental Entomology* 35 (3): 746 - 756.
- Wolfenbarger, D. A., Vargas-Camplis, J. 2002. Profenofos: response of field, collected strains of bollworm and tobacco budworm in South Texas, USA and Mexico. *Resistant Pest Management Newsletter* 11(2): 11 -13.