



Intan Ahmad. Ph.D.

Pengajar pada Jurusan Biologi
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam - ITB

Entomologi dan Teknologi Pengendalian Serangga Hama yang Berwawasan Lingkungan

Orasi Ilmiah pada Sidang Terbuka Senat
Institut Teknologi Bandung
dalam rangka Penerimaan Mahasiswa Baru Angkatan 1995/1996
pada hari Sabtu, 12 Agustus 1995

Penerbit ITB Bandung

Entomologi dan Teknologi Pengendalian Serangga Hama yang Berwawasan Lingkungan

Orasi Ilmiah pada Sidang Terbuka Senat
Institut Teknologi Bandung
dalam rangka Penerimaan Mahasiswa Baru Angkatan 1995/1996
hari Sabtu, 12 Agustus 1995

Oleh:
INTAN AHMAD, Ph.D.



Penerbit ITB Bandung

Entomologi dan Teknologi Pengendalian Serangga Hama yang Berbahaya pada Lingkungan

Disusun oleh:
Nama: ...
NIM: ...
Kelas: ...

INSTRUKSI
KEMAHKAMARAN

Diterbitkan tanpa disunting

ENTOMOLOGI DAN TEKNOLOGI PENGENDALIAN SERANGGA HAMA YANG BERWAWASAN LINGKUNGAN

1. PENDAHULUAN

Dewasa ini biosfera, tempat kita hidup, sedang mengalami berbagai perubahan yang belum pernah terjadi sebelumnya. Perubahan itu dapat membahayakan kehidupan manusia. Contohnya adalah tentang “global warming”, berkurangnya lapisan ozon, perusakan lingkungan dan banyak lagi hal yang dapat mengancam kehidupan manusia termasuk tingginya tingkat pertumbuhan populasi manusia.

Menurut perkiraan PBB, jumlah penduduk dunia pada saat ini berjumlah 5,7 milyar jiwa. Jumlah ini akan bertambah setiap tahunnya hingga ketinggian yang mengawatirkan. Keadaan ini menjadi lebih parah karena lebih dari 90 % pertumbuhan penduduk terjadi di negara-negara sedang berkembang termasuk Indonesia (UNFPA, 1995).

Dari tahun 1950 sampai 1980, produksi pangan dunia bertambah dua kali, dan data pada sepuluh tahun terakhir menunjukkan bahwa produksi pangan dunia telah bertambah sebanyak 24 %. Angka ini jelas melebihi kecepatan pertumbuhan populasi. Walaupun demikian, pertumbuhan produksi pangan ini tidak terdistribusi secara merata di dunia. Di Afrika misalnya produksi pangan sebenarnya turun sebanyak 5 %, sedangkan populasinya bertambah sebesar 34 % (UNFPA, 1994).

Di Indonesia, walaupun negara kita telah menyatakan diri sebagai negara yang telah berswasembada beras sejak tahun 1984. Tetapi pada kenyataannya, impor beras masih terjadi dari tahun ke tahun (Silitonga, 1995). Pada tahun 1994/1995, misalnya, impor beras Indonesia mencapai 1,5 juta ton. Hal ini terjadi karena panjangnya musim kemarau pada musim tanam tahun sebelumnya. Walaupun demikian, secara jujur faktor lain harus juga dipertimbangkan, misalnya berkurangnya luas lahan pertanian.

2.1. Kompetisi Serangga dengan Manusia

Suatu pertanyaan klasik muncul: yaitu: Mengapa serangga selalu berkompetisi dengan manusia? hal ini telah lama disampaikan oleh S.A. Forbes (1915): *Perjuangan antara manusia dan serangga telah dimulai sejak sebelum ada peradaban dan berlangsung tanpa berhenti sampai sekarang, dan akan selalu berlangsung terus selama manusia masih berada di muka bumi ini. Hal ini dapat terjadi karena baik manusia maupun beberapa jenis serangga tertentu secara terus menerus menginginkan hal yang sama dan pada waktu yang bersamaan.*

Serangga merupakan kelompok organisme yang sangat sukses hidup di bumi ini. Betapa berperannya serangga dapat dilihat sebagai berikut:

1. Suatu ukuran untuk menilai keberhasilan suatu spesies adalah dengan membandingkan jumlahnya yang masih hidup dibandingkan dengan spesies lainnya. Dalam hal ini, serangga mungkin melebihi semua jenis organisme yang ada di dunia ini, termasuk manusia dan tumbuhan, selain mikroorganisme.
2. Kriteria lain untuk mengetahui keberhasilan suatu spesies adalah melihat kurun waktu geologis yang telah dilalui oleh kelompok organisme tersebut dan kemampuannya untuk beradaptasi terhadap berbagai perubahan lingkungan. Serangga diperkirakan telah muncul sejak zaman Devonian, kurang lebih 4000 juta tahun yang lalu. Mammalia muncul pada kira-kira 230 juta tahun yang lalu, dan manusia moderen, mungkin baru muncul ke bumi ini sekitar 1 juta tahun yang lalu. Dari perspektif evolusi kita dapat mengatakan bahwa manusialah yang "memasuki" dunia serangga, karena manusia muncul lebih akhir.

3. AGROEKOSISTEM, KESEIMBANGAN ALAM DAN PENGENDALIAN HAMA

Serangga dapat menjadi hama, sebenarnya karena ulah manusia. Manusalah yang menempatkan suatu jenis serangga dalam kategori hama, baik secara permanen maupun temporal. Manusia menyebut

sebagian serangga sebagai hama, karena manusia berkompetisi dengan serangga, umumnya dalam hal makanan.

Seperti halnya ketersediaan bahan makanan, faktor lingkungan amat menentukan keberadaan suatu spesies pada suatu tempat tertentu. Faktor yang menentukan di sini adalah hubungan antara suatu organisme dengan organisme lainnya. Perlu disadari pula bahwa prinsip-prinsip ekologi yang mengatur interaksi antara serangga dan manusia, tidak berbeda dengan prinsip yang berlaku dan mengatur hubungan serangga dengan organisme hidup lainnya. Walaupun disadari bahwa manusia dengan teknologi moderennya mampu memodifikasi bentuk interaksi ini.

3.1. Agroekosistem

Untuk memenuhi kebutuhan hidupnya, manusia dengan sengaja merubah ekosistem alami dimana ia merupakan bagiannya, dengan menciptakan suatu ekosistem baru yang khusus dibuat untuk kepentingan pertanian yang disebut sebagai agroekosistem.

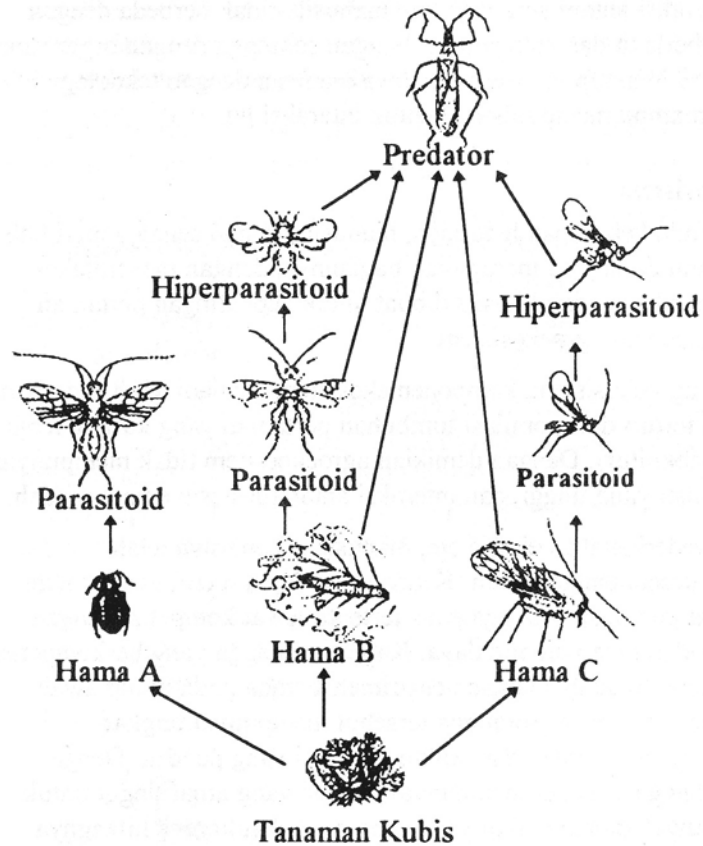
Dalam suatu agroekosistem, komponen ekosistem menjadi lebih sederhana dan biasanya terdiri dari populasi tumbuhan pertanian yang kurang lebih seragam (monokultur). Dengan demikian agroekosistem tidak mempunyai keanekaragaman yang tinggi, dan interaksi antar spesies menjadi rendah.

Dengan menyederhanakan ekosistem, manusia sebenarnya telah mengganggu keseimbangan alam. Keadaan ini dapat membuat semakin bertambahnya populasi serangga jenis tertentu lewat kompetisi dengan manusia terhadap tanaman budidaya. Karena serangga yang berkompetisi dengan manusia itu adalah konsumen primer, berada pada ujung awal rantai makanan, biasanya, serangga tersebut mempunyai tingkat reproduksi yang amat tinggi dan waktu generasi yang pendek. Dengan kata lain, serangga tersebut mempunyai potensi yang amat tinggi untuk bertambah banyak dalam waktu yang sangat singkat karena hilangnya faktor pengendali alam.

3.2. Keseimbangan Alam

Pada ekosistem alami, populasi serangga selalu dikendalikan oleh berbagai faktor lingkungan, sehingga tidak terjadi peledakan populasi.

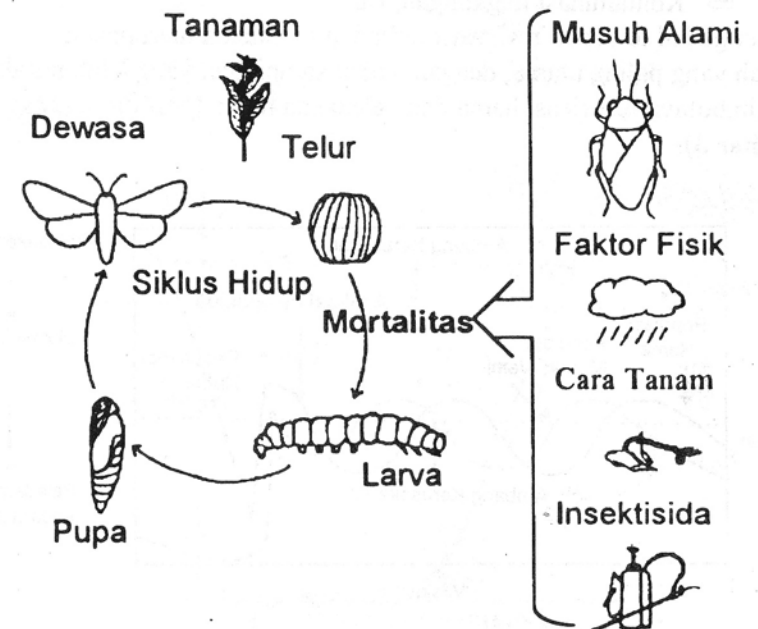
Secara bersamaan faktor-faktor lingkungan ini mampu melakukan pengendalian secara alami, misalnya pada suatu populasi serangga. Diantara pengendalian secara alami ini, musuh alami serangga cukup besar perannya. Mereka adalah predator, parasit dan patogen (Gambar 1).



Gambar 1. Jaring makanan yang telah disederhanakan pada tanaman kubis, memperlihatkan tiga kelompok utama :herbivora, serangga hama, dan musuh alami : parasitoid, hiperparasitoid dan predator (dimodifikasi dari Price, 1984)

3.2.1. Konsep Sistem Kehidupan

Untuk memberikan gambaran mengenai dinamika suatu populasi serangga di alam, konsep sistem kehidupan yang dikembangkan oleh Clark *et al.*, 1967 dapat menjelaskannya. Menurut mereka, sistem kehidupan “terdiri dari suatu populasi subjek dan lingkungan efektifnya, termasuk di sini semua faktor eksternal yang berpengaruh terhadap populasi itu, termasuk manusia....” . Dengan demikian dalam program pengendalian hama, dimana biasanya penekanan hanya diberikan kepada suatu populasi tertentu, pendekatan secara sistem kehidupan ini dapat membantu orang mengembangkan kerangka kerja pengendalian hama yang konseptual seperti dapat dilihat pada Gambar 2.



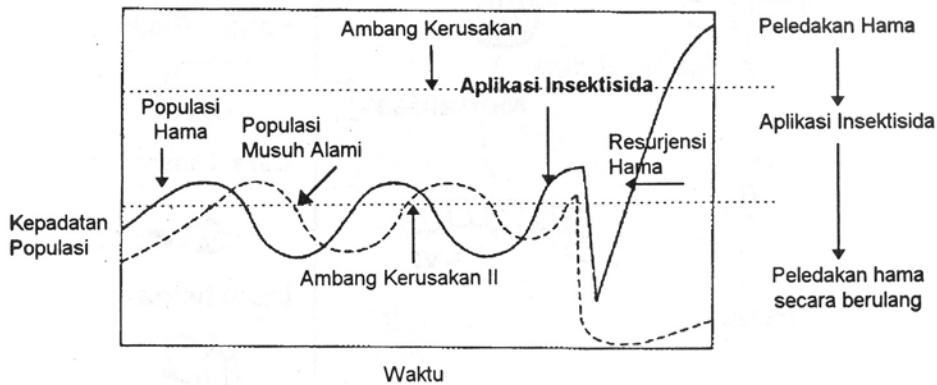
Gambar 2. Konsep sistem kehidupan suatu serangga hama (Dimodifikasi dari Rabb *et al.*, 1978)

3.3. Pengendalian Hama

Untuk mengurangi jumlah serangga yang merugikan usaha pertanian, manusia sejak lama sudah melakukan upaya pengendalian hama dengan teknik yang disebut dengan pemberantasan hama. Secara konvensional hal itu dilakukan dengan berbagai jenis insektisida. Tetapi karena semakin banyak pengaruh samping dari penggunaan insektisida yang tidak terkendali (lihat Gambar 3). Setelah dianalisis secara mendalam, pengaruh dianalisis secara mendalam, pengaruh samping penggunaan insektisida yang tidak terkendali tersebut dapat menyebabkan beberapa hal seperti:

- ⇒ Resistensi terhadap insektisida,
- ⇒ Resurgensi (*resurgency*) Hama
- ⇒ Kontaminasi lingkungan, dsb

Dari ketiga hal tersebut, resistensi terhadap insektisida merupakan masalah yang paling utama, dengan akibat sampingan yang lebih parah yaitu timbulnya resurgensi hama dan peledakan hama (*pest outbreaks*) (Gambar 3).

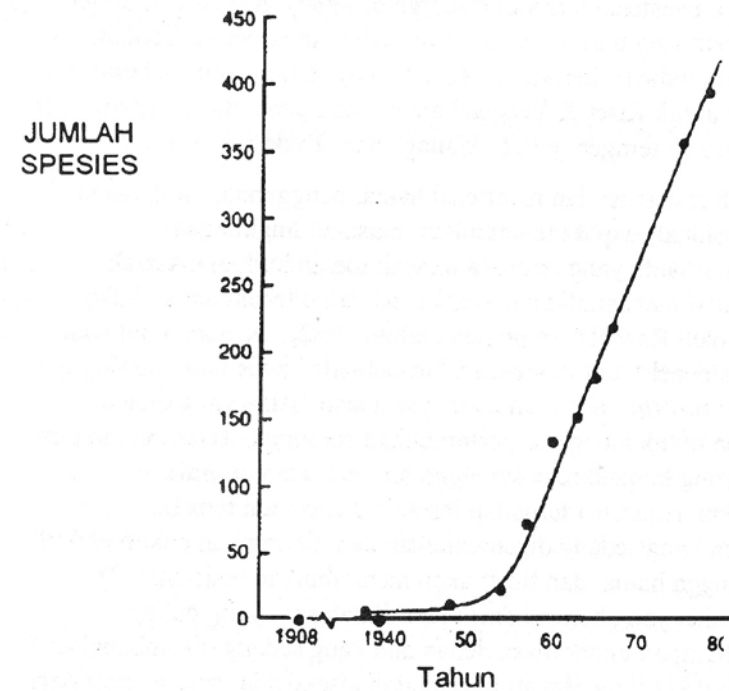


Gambar 3 Populasi hama dan musuh alami, ambang kerusakan ekonomi dan pengaruh aplikasi insektisida (dimodifikasi dari Waterhouse dan Norris, 1987).

Resistensi merupakan suatu fenomena evolusi. Dalam hal ini organisme mengadaptasikan diri agar dapat terus bertahan terhadap adanya tekanan

lingkungan, termasuk penggunaan insektisida. Menurut definisinya, resistensi adalah kemampuan suatu kelompok (*strain*) organisme untuk mentolerir atau menghindari faktor-faktor yang telah terbukti mematikan sebagian besar *strain* yang ada di dalam suatu populasi normal.

Dewasa ini, resistensi serangga terhadap insektisida telah merambah ke hampir semua jenis bahan kimia beracun yang digunakan sebagai insektisida. Resistensi terhadap serangga hama ini merupakan masalah yang melanda seluruh dunia. Menurut perkiraan lebih dari 500 spesies serangga telah diketahui resisten terhadap berbagai jenis insektisida (Georghiou and Legunes-Tejeda 1991). (Lihat Gambar 4).



Gambar 4 Kecepatan pertumbuhan kasus resistensi serangga terhadap satu atau lebih jenis insektisida (data dari Georghio and Taylor, 1986)

Betapa seriusnya masalah resistensi ini diperlihatkan oleh serangga, *Plutella xylostella*, yang biasa menyerang kubis, dan terdapat di Indonesia. Di banyak negara, serangga ini sudah disebut sebagai *monster pest* karena hama ini tidak dapat lagi dikendalikan oleh insektisida (Metcalf, 1991). Di Indonesia hama ini berhasil dikendalikan tanpa insektisida dengan menggunakan parasitoid (musuh alami) *Diadegma eucerotheca* yang teknologinya telah dikembangkan sejak tahun 1977 oleh Sastrosiswojo dan Eveleens.

Resistensi yang dapat terjadi sedemikian cepat, menyebabkan industri agrokimia tidak akan mampu mengembangkan suatu jenis insektisida dalam waktu yang lebih cepat untuk menghadapi tantangan berkembangnya resistensi tersebut (Georghio, 1986). Akibatnya, biaya pembuatan insektisida baru menjadi amat mahal, di Amerika Serikat, misalnya, suatu industri insektisida harus menyediakan dana sebesar 93 juta US dollar untuk Riset & Pengembangan dan pendaftaran setiap jenis insektisida baru (Interagency Pest Management Task Force, 1989).

Selain masalah resistensi dan resurgensi hama, penggunaan insektisida kimia (konvensional) dapat menimbulkan masalah lingkungan [penggunaan pestisida yang ternyata banyak menimbulkan masalah lingkungan mulai mendapatkan perhatian setelah diterbitkannya buku *Silent Spring* oleh Rachel Carson pada tahun 1962]. Keadaan ini telah memaksa para peneliti untuk mencari "insektisida" jenis lain, misalnya, yang disebut *biorational insecticides* yaitu insektisida yang dibuat seperti hormon untuk mengatur pertumbuhan serangga. Tetapi hal inipun tidak berlangsung lama karena serangga ternyata mampu pula mengembangkan resistensi terhadap insektisida hormon tersebut. Insektisida lain yang sedang dikembangkan dan diharapkan cukup efektif terhadap serangga hama dan tidak akan menimbulkan resistensi (?) adalah insektisida yang berasal dari alam. Salah satu yang cukup memberikan harapan untuk masa depan dan yang sedang dikembangkan, termasuk oleh PAU Ilmu Hayati ITB adalah insektisida yang berasal dari pohon nimba *Azadirachta indica* (Quarles, 1994).

3.3.1. Dapatkah resistensi dilawan?

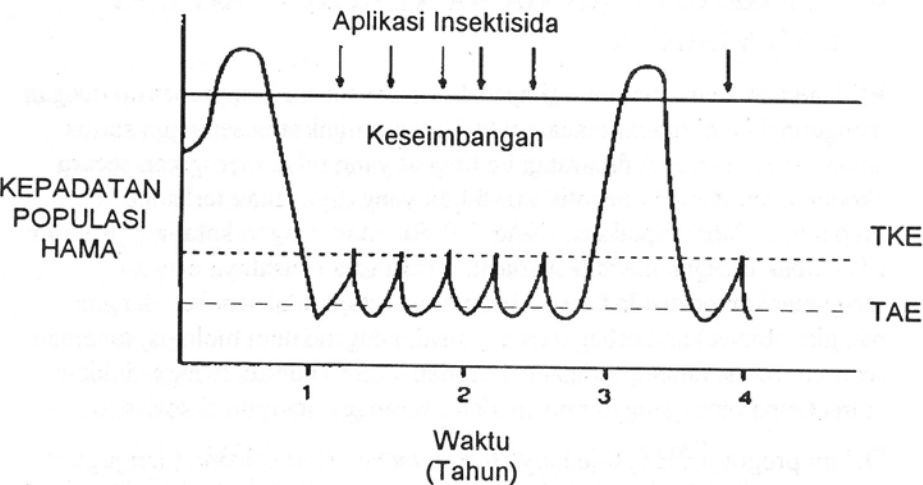
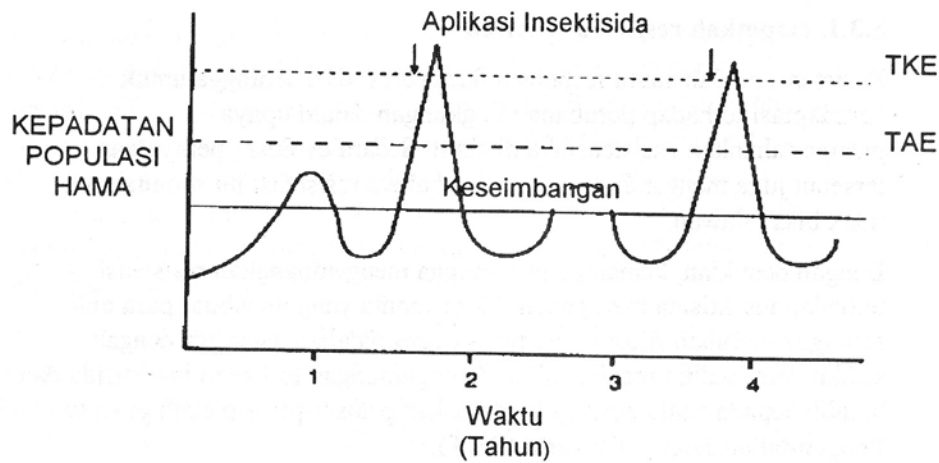
Resistensi adalah suatu respons mikroevolusi dari serangga untuk beradaptasi terhadap perubahan lingkungan dalam upaya mempertahankan eksistensinya di alam. Secara evolusi, pernyataan tersebut juga mengandung pengertian bahwa resistensi itu **sebenarnya** tidak bisa dilawan.

Dengan demikian, kemampuan serangga mengembangkan resistensi terhadap insektisida merupakan faktor utama yang membuat para ahli serangga merubah filosofi dan tujuan pengendalian serangga dengan sedikit demi sedikit meninggalkan ketergantungan terhadap insektisida dan beralih kepada suatu strategi berdasarkan prinsip-prinsip ekologi yaitu **Pengendalian Hama Terpadu (PHT)**.

4. PENGENDALIAN HAMA TERPADU, KONSEP DAN VISINYA

PHT adalah suatu manipulasi agroekosistem secara komprehensif dengan menggunakan berbagai macam taktik secara bijaksana sehingga status serangga hama dapat dikurangi ke tingkat yang tidak merugikan secara ekonomi dan dampak negatif dari taktik yang digunakan terhadap lingkungan dapat diperkecil (NAS, 1969). Atau dengan kata lain program PHT tidak mengandalkan kepada satu cara saja (misalnya dengan menggunakan pestisida berspektrum luas) tetapi dilaksanakan dengan mengkombinasikan berbagai cara (misal, pengendalian biologis, tanaman resisten, rotasi tanam, tumpang sari, dan lainnya) untuk mengendalikan hama tanpa mengganggu musuh alami serangga ataupun ekosistem.

Dalam program PHT, tujuannya bukan *memberantas* hama (dan juga organisme yang berguna) dengan menggunakan insektisida berspektrum luas, tetapi menjaga agar populasi hama tidak mencapai tingkat yang membahayakan secara ekonomi, tanpa mengganggu keseimbangan ekosistem atau membunuh organisme yang berguna. Walaupun demikian, suatu pertanyaan muncul, apakah pestisida masih diperlukan dalam PHT? Jawabannya **masih**, tetapi harus digunakan secara selektif. Tingkat



Gambar 5 dan 6 Tingkat Kerugian Ekonomi (TKE), Tingkat Ambang Ekonomi (TAE) dan Keseimbangan Umum dua jenis serangga hama. Catatan : insektisida digunakan bila kepadatan hama melampaui TAE, dengan demikian kepadatannya tidak akan mencapai TKE.

Ambang Ekonomi (TAE) (*economic threshold level*) dan Tingkat Kerusakan Ekonomi (TKE) (*economic injury level*) dapat merupakan dua hal penentu digunakannya insektisida (Gambar 5 dan 6). Menurut definisinya Tingkat Ambang Ekonomi (TAE) adalah “tingkat kepadatan populasi hama dimana pengendalian harus segera dilakukan untuk mencegah bertambahnya populasi ke tingkat kerusakan ekonomi” (NAS, 1969). Sedangkan Tingkat Kerusakan Ekonomi (TKE) adalah: “kepadatan populasi terendah yang dapat merugikan ekonomi” (Stern *et.al.*, 1959).

PHT, seperti juga usaha pertanian lainnya, harus terus dilaksanakan dan disempurnakan dengan suatu visi bahwa suatu saat para petani harus bisa melepaskan diri dari ketergantungan kepada insektisida. Dengan demikian, teknik yang dikembangkan harus berbasis biologi dan bukan lagi kepada bahan kimia. Hal ini harus dilakukan karena masalah hama adalah masalah bio-ekologis, dan bukan masalah kimia.

Seperti sudah disinggung di atas resurgensi hama dan terganggunya keseimbangan alam, ditambah lagi dengan masalah resistensi hama, semuanya ini disebabkan oleh penggunaan insektisida secara tidak tepat. Semuanya ini mengajak orang untuk mengganti taktik penggunaan insektisida secara berkala yang selama ini dipakai dengan taktik yang berdasarkan aspek-aspek biologis. Hasilnya tidak saja dapat memberikan jaminan dalam melindungi usaha pertanian dari serangan hama, tetapi juga dapat melindungi lingkungan termasuk manusia dan kehidupan lain dari penggunaan insektisida yang tidak tepat. Selain tentu saja harus dapat memberikan keuntungan kepada para petani. Hal ini tidak mudah dilaksanakan mengingat mayoritas usaha agroekosistem di dunia masih menggunakan insektisida untuk mengendalikan hama.

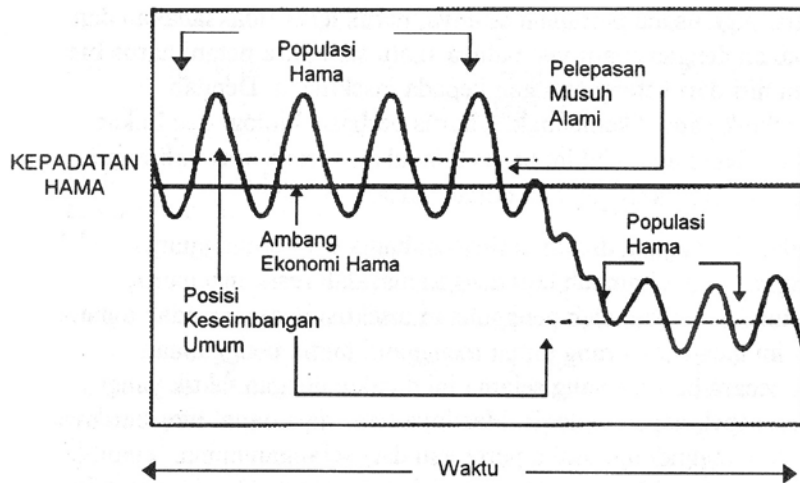
4.1. Taktik Utama Pengendalian Hama Terpadu

Supaya dapat berhasil dengan baik, PHT sebaiknya hanya memanfaatkan 3 taktik utama untuk mencapai sasarannya, yaitu: Pengendalian Biologis, Tanaman Resisten, dan Manajemen Penanaman (Frisbie dan Smith, 1991). Dalam kesempatan ini teknik manajemen penanaman tidak saya bahas.

4.1.1. Pengendalian Biologis dan Tanaman Resisten

Bila suatu kelompok serangga hadir di suatu area yang baru, tanpa adanya musuh alami (misal dalam pertanian monokultur), serangga ini bisa menjadi hama.

Tetapi pengaturan populasi secara alami dapat di "hidupkan" kembali dengan memasukkan musuh alami serangga yang bersangkutan, misalnya predator, parasit dan patogen (**Gambar 7**)



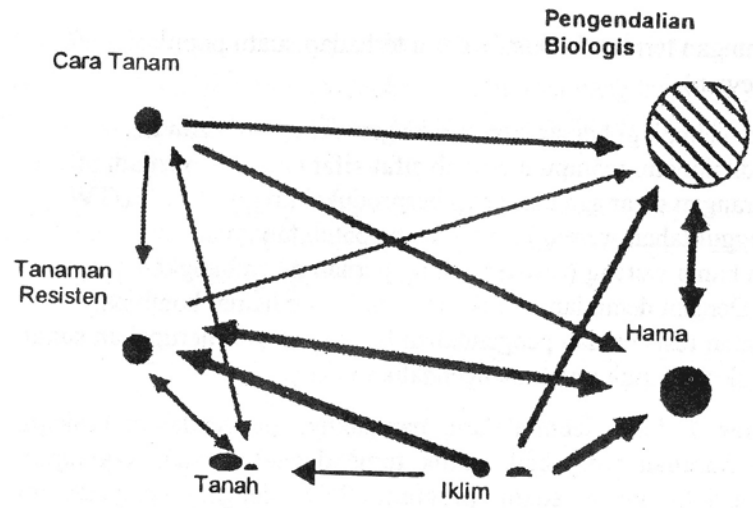
Gambar 7. Dilepasnya musuh alami dapat menurunkan populasi hama secara permanen di bawah nilai ambang ekonomi (dikutip dari DeBach dan Rosen, 1991)

Pengendalian Biologis adalah suatu fenomena alam yang bila digunakan dengan baik oleh manusia terhadap suatu masalah hama, dapat memberikan hasil yang relatif permanen, serasi dengan lingkungan dan secara ekonomi menguntungkan, walau tidak memberantas hama secara keseluruhan. Walaupun demikian, perlu ditekankan di sini bahwa berlainan dengan pengendalian biologis, pengendalian secara alami bukanlah suatu teknik tetapi lebih merupakan efek total dari berbagai

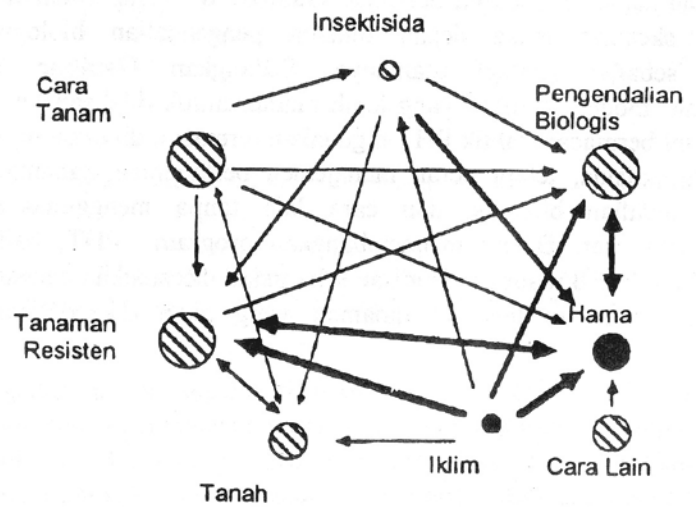
faktor lingkungan termasuk musuh alami terhadap suatu populasi serangga (hewan)

Kemajuan bioteknologi bersama-sama dengan cara pemuliaan tanaman yang biasa dilakukan, mampu merubah sifat-sifat tanaman menjadi tahan terhadap serangan serangga dan tetap berproduksi tinggi. Padi VUTW (varietas unggul tahan wereng) merupakan contoh tanaman yang tidak disukai oleh hama wereng (resisten) yang pernah dikembangkan dengan hasil baik. Dengan demikian, untuk mengendalikan hama, kombinasi antara tanaman resisten dan pengendalian biologis dapat merupakan suatu cara yang cukup ampuh untuk mengendalikan hama.

Bila **Gambar 7** dikaji lebih dalam, nampaknya pengendalian biologis mempunyai harapan yang baik untuk terus dikembangkan. Walaupun demikian, melaksanakan suatu program PHT dengan pengendalian biologis sebagai strategi utamanya merupakan tantangan yang tidak mudah untuk dijawab. Untuk menjawab tantangan ini, terutama untuk sistem pertanian, nampaknya kita harus mengembangkan suatu model konseptual yang dapat kita setuju bersama. **Gambar 8** memperlihatkan suatu model skenario masa depan dimana pengendalian biologis dilaksanakan sebagai strategi utamanya. Sedangkan **Gambar 9** memperlihatkan model alternatif yang lebih mudah untuk dilaksanakan. Dalam model ini bermacam taktik PHT digunakan termasuk dikurangnya penggunaan insektisida, tetapi peran manajemen pertanaman, tanaman resisten, pengendalian biologis, dan cara lain tanpa menggunakan insektisida diperbesar. Dalam mengembangkan program PHT, baik model dalam **Gambar 8** maupun **Gambar 9** haruslah disesuaikan dengan jenis komoditi maupun fenologi tanaman yang akan dikendalikan hamanya.



Gambar 8 Suatu skenario masa depan dimana pengendalian biologis merupakan unsur utama dalam PHT (dimodifikasi dari Hoy, 1993)



Gambar 9 Model bermacam taktik pengendalian hama, dimana pengendalian biologis, tanaman resisten, manajemen pertanaman dan cara lainnya diperbesar peranannya. Sedangkan penggunaan insektisida tidak dihilangkan sama sekali (dimodifikasi dari Hoy, 1993).

4.2. Pengendalian Hama Terpadu di Indonesia

Di Indonesia, telah terbukti bahwa kegagalan panen padi disebabkan oleh peledakan hama wereng coklat *Nilaparvata lugens*. Populasi serangga ini dapat meledak tidak terkendali karena cara penggunaan insektisida yang tidak benar sehingga serangga menjadi resisten (dan juga terjadi resurgensi hama) terhadap berbagai jenis insektisida yang digunakan untuk mengendalikannya. Karena masalah ini, pada tahun 1986 dikeluarkanlah Keputusan Presiden yang melarang penggunaan 57 jenis insektisida yang sampai saat itu mendapatkan subsidi yang besar dari Pemerintah (Bimas). Setelah itu, hanya empat jenis insektisida yang dibolehkan untuk digunakan pada tanaman padi. Kepres itu juga menandai dimulainya program Pengendalian Hama Terpadu secara nasional. Keputusan dilaksanakannya PHT secara nasional ini adalah satu-satunya di dunia yang dilakukan oleh suatu negara.

Dengan adanya Kepres tersebut, banyak kekhawatiran muncul, karena hanya empat jenis insektisida yang dapat digunakan untuk mengendalikan hama padi, apa yang akan terjadi bila keempatnya menjadi resisten?. Hal ini berusaha dijawab dengan kerjasama antara para ahli serangga dari Indonesia dan Michigan State University Amerika Serikat, dengan mengembangkan suatu strategi untuk mengendalikan serangga resisten yang dapat digunakan oleh petani padi di seluruh Indonesia.

Komponen utama dari keberhasilan program PHT padi di Indonesia ialah dengan ditanamnya varietas tanaman yang tahan terhadap serangga (VUTW) dan konservasi musuh-musuh alami serangga hama sebagai agen pengendali biologis. Dalam hal-hal khusus di mana varietas resisten dan agen pengendali biologis gagal dalam memberikan pengendalian yang baik, para petani dapat menggunakan insektisida secara selektif dan sesuai dengan prinsip PHT. Dengan demikian hama dapat dikendalikan tanpa merugikan musuh alami ataupun lingkungan. Dengan strategi ini, nampaknya taktik PHT yang dikembangkan di Indonesia mirip dengan skenario pada Gambar 9, tetapi penekanannya kepada pengendalian biologis dan tanaman resisten.

Selain hal tersebut di atas, hal amat penting yang dilakukan oleh pemerintah Indonesia ialah menyelenggarakan program pelatihan PHT

bagi ribuan Pengamat Hama Penyakit, Penyuluh Pertanian Lapangan dan petani sendiri. Sasaran program ini, pada akhir Pelita V sebanyak 2.500.000 petani telah memperoleh pelatihan PHT (Untung, 1992). Jumlah ini tidak berlebihan mengingat ada sekitar 10 juta petani di Indonesia (Heinrichs, 1991)

Keberhasilan program PHT padi di Indonesia telah tampak secara signifikan mengurangi ketergantungan petani terhadap insektisida sekaligus memberikan pertambahan produksi dan keuntungan (FAO, 1988). Penggunaan rata-rata insektisida perkomoditi berkurang dari 4,5 kali pada tahun 1986, menjadi 2,0 kali pada tahun 1987, dan hanya 0,5 kali pada tahun 1988. Yang menarik, hasil panen padi setelah diberlakukannya program PHT bertambah sebanyak 1 ton perhektarnya.

Keberhasilan penerapan program PHT di Indonesia telah banyak mendapat pujian dari para ahli serangga manca negara (Kadir and Barlow, 1992). Bahkan para ahli FAO menyatakan bahwa Indonesia adalah satu-satunya negara yang secara konsisten dan konseptual menerapkan program PHT secara nasional.

5. TEKNOLOGI BARU DALAM PHT

Teknologi baru dalam program Pengendalian Hama tampaknya bukanlah merupakan sesuatu yang baru tetapi lebih kepada penyempurnaan atau pengubahan taktik yang sekarang tersedia; salah satunya adalah bioteknologi. Selain itu, penggunaan *decision-support system* yang menggunakan teknologi informasi, termasuk komputer, merupakan alat bantu yang potensial untuk mempertinggi keberhasilan pelaksanaan program PHT.

5.1. Bioteknologi

Bioteknologi memberikan kesempatan kepada para ilmuwan dengan metoda rekayasa genetika untuk mengembangkan versi baru dalam pengendalian alami. Hal ini antara lain dilakukan dengan memanipulasi sifat-sifat suatu organisme hidup sedemikian rupa sehingga dapat digunakan untuk mengendalikan hama secara biologis, misalnya dengan

menciptakan variates tanaman yang tidak disukai atau disukai tetapi dapat membunuh serangga. Dengan demikian teknik biologis diharapkan dapat menambah khasanah cara-cara pengendalian biologis yang terbukti kompetitif dan dapat diterima secara luas dalam usaha mengendalikan serangga hama.

Salah satu sumbangan bioteknologi dalam PHT adalah dikembangkannya tanaman transgenik (*transgenic plant*).

5.1.1. Tanaman Transgenik

Walaupun disadari bahwa masalah hama telah dan akan banyak diselesaikan dengan cara-cara pemuliaan tanaman, teknologi rekayasa genetika nampaknya memberikan harapan sebagai suatu cara untuk mendapatkan sifat-sifat tanaman yang sesuai dengan harapan manusia dalam waktu yang lebih cepat dan lebih baik. Tujuan utama dari manipulasi gen ini adalah untuk membuat tanaman lebih tahan terhadap serangan hama (Cook *et al.*, 1995). Akhir-akhir ini banyak penelitian yang dilakukan oleh para ahli di negara maju, demikian juga di Indonesia, untuk memindahkan gen dari bakteri *Bacillus thuringiensis* ke dalam tanaman. *Bacillus thuringiensis* atau yang biasa disebut dengan *Bt.*, biasanya hidup dalam tanah. Sebagai bagian dari siklus hidupnya, *Bt.* memproduksi spora yang mengandung suatu protein yang disebut endotoksin, bila endotoksin ini tertelan oleh serangga (tidak semua serangga), serangga akan mengalami kematian. Dengan teknologi pemindahan gen, para ilmuwan sudah mampu untuk memasukkan gen endotoksin *Bt.* secara langsung ke berbagai jenis tanaman, misalnya kapas, tomat dan kentang. Tanaman-tanaman ini ternyata mampu memproduksi sendiri endotoksin yang sangat beracun terhadap serangga, dengan demikian tanaman yang bersangkutan menjadi resisten terhadap serangga. Cara ini jelas sangat menguntungkan karena selama ini penggunaan *Bt.* dilakukan dengan cara penyemprotan. Dalam hal ini serangga memakan daun yang sudah disemprot dengan *Bt.*, tetapi dengan cara ini *Bt.* dipandang oleh banyak kalangan kurang menguntungkan karena sifatnya yang mudah terurai, dalam beberapa hari setelah disemprotkan, sehingga berhasil guna rendah. Dengan cara rekayasa genetika tanaman transgenik, hal terakhir ini tidak akan dijumpai lagi.

pengambilan keputusan (*computer-assisted decision making*) di dalam program Pengendalian Hama Terpadu berskala luas. Kelebihan teknologi ini ialah karena mampu memberikan alternatif dalam menyelesaikan masalah dan pengambilan keputusan dalam waktu cepat.

Teknologi yang telah dikembangkan di bidang ini, adalah sistem manajemen berbasis data, sistem manajemen informasi, sistem pendukung pengambilan keputusan, sistem pakar, dan model simulasi. Dalam 8 tahun terakhir, konsep, metoda dan percobaan menggunakan alat bantu komputer telah berkembang dengan cepat, termasuk di dalamnya *knowledge based system*, *intelligent geographic information system* (GIS), *intelligent data based management system*, dan *knowledge system environments* (Coulsen *et al.*, 1990)

Salah satu contoh menarik dari kemampuan komputer untuk menyelesaikan masalah entomologi adalah sistem pakar (*expert system*). Yaitu cara pengambilan keputusan yang teorinya dikembangkan dari bidang *artificial intelligence*. Dalam cara kerjanya, sistem pakar ini meniru cara-cara yang dilakukan oleh ahli serangga dalam mendiagnosa suatu hama serangga dan memberikan rekomendasi cara penyelesaiannya (Nelson, 1993). Cara ini juga sedang dikembangkan di ITB.

6. PENUTUP

Telah banyak usaha yang dilakukan oleh manusia untuk mengendalikan hama yang disebabkan oleh serangga, walaupun demikian, secara global, kerusakan yang disebabkan oleh serangga terhadap hasil usaha pertanian masih tetap tinggi. Untuk mengendalikan populasi yang tidak terkendali, para ahli serangga telah mengembangkan berbagai taktik Pengendalian Hama Terpadu yang berbasis biologi.

Rekayasa genetika memang dapat memberikan suatu kesempatan untuk meningkatkan kegunaan cara pengendalian hama yang berbasis biologis. Namun, kemungkinan terjadinya resistensi serangga terhadap produk bioteknologi, misal tanaman transgenik, secara mikroevolusi, tetap akan terjadi (Berenbaum, komunikasi pribadi 1995)

Digunakannya komputer sebagai alat bantu pengambil keputusan dan penyelesaian masalah Pengendalian Hama, masih memerlukan banyak penelitian untuk membuktikan keampuhannya di lapangan.

Secara khusus tulisan ini juga menyampaikan keberhasilan Indonesia dalam menyelenggarakan program Pengendalian Hama Terpadu sehingga mendapat perhatian dunia.

Terbuka lebar kesempatan untuk para ahli di ITB untuk dapat melakukan riset bersama diantara para ahli serangga, botani, biologi molekuler, ahli lingkungan, dan komputer untuk mengembangkan potensi bioteknologi pada entomologi hasil panen serta mengembangkan teknologi untuk pengambilan keputusan dalam Pengendalian Hama terpadu.

UCAPAN TERIMA KASIH

Saya ingin mengucapkan terima kepada Rektor ITB, Prof. Wiranto Arismunandar, Senat Guru Besar ITB dan Anggota Rapim ITB atas kepercayaan dan kesempatan yang diberikan untuk menyampaikan orasi ilmiah ini.

Terima kasih juga disampaikan kepada Dekan FMIPA, Prof. Dr. Goeswin Agoes, Prof. Dr. Soelaksono Sastrodihardjo dan Prof. Dr. Sri Sudarwati atas dukungan moril yang telah diberikan kepada penulis. Kepada Dr. Achmad Sjarmidi, Dr. Agus Dana Permana dan Dr. Noorsalam R. Nganro, penulis mengucapkan terima kasih atas kritik dan saran yang diberikan pada naskah orasi ilmiah ini.

Terima kasih juga penulis sampaikan kepada Dr. Stanley Friedman dan Dr. May Berenbaum (University of Illinois, USA) dan Dr. Pat Porter (New Mexico State University, USA) atas *stimulating electronic discussion* yang telah dilakukan tentang topik dalam makalah ini. Untuk diskusi yang telah dilakukan dengan *e-mail*, serta kemudahan mendapatkan informasi lainnya, penulis mengucapkan terima kasih kepada Dr. Onno Purbo dkk dari Jurusan Teknik Elektro dan PAU Mikroelektronika ITB yang telah memungkinkan penulis memanfaatkan fasilitas internet di ITB.

DAFTAR REFERENSI

- Carson, R. 1962. *Silent Spring*. Houghton Mifflin, Boston, Mass.
- Clark, L.R., Geier, P.W., Hughes, R.D. & Morris, R.F. 1967. *The ecology of insect populations in theory and practice*. Methuen, London.
- Coulson, R.N., Flamm, R.O. Oliveria, F.L., Drummond, D. & Lovelady, C.N. 1991. Implementing of Emerging Technologies: Forestry. pp. 457-494, *in* Menn, J.J., and Steinhauer, A.I. (eds).

Progress and Perspective for the 21st Century. Entomological Society of America Centennial National Symposium.

- Cook, J. Gabriel, C.J, Kelman, A, Tolin, S & Vidaver, A.K. 1995. Research on plant disease and pest management is essential to sustainable agriculture. *Bioscience* Vol. 45(5): 354-357
- Cramer, H.H. 1967. Plant protection and world food production. *Pflanzenschutz-Nach. (Bayer)* 20 (1).
- DeBach, P. & Rosen. 1991. *Biological Control by Natural Enemies*. Cambridge University Press. 440 pp.
- Forbes, S.A. 1915. *The insect, the farmer, the teacher, the citizen, and the state*. Ill. Sate Lab. Natural History.
- Food and Agriculture Organization (FAO). 1988. *Integrated pest management in rice Indonesia*. FAO.
- Food and Agriculture Organization. 1988. *Desert locust situation and outlook*. Coordination-planning meeting of the food & Agricultural Organization, August 31, 1988, working paper 1, Food & Agricultural Organization, Rome.
- Friesbie, R.E., and Smith, J.W. 1991. *Biologically Intensive Pest Management: The Future*. pp. 151-164, *in* Menn, J.J., and Steinhauer, A.I. (eds). *Progress and Perspective for the 21st Century*. Entomological Society of America Centennial National Symposium.
- Georghio, G.P. 1986. The magnitude of the resistance problem, pp. 14-43. *In* *Pesticide Resistance strategies and tactics for management*. National Academy of Science, Washington, D.C.
- Georghio, G.P. & Taylor, C.E. 1986. Factors influencing the evolution of resistance. *In*: *Pesticide resistance strategies and tactics for management*, National research Council. Washington, DC: National Academy Press.
- Georghio, G.P. & A. Lagunes Tejeda 1991. The occurrence of resistance to pesticide in arthropods. FAO, Rome.

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Bandung pada tanggal 1 Mei 1958. Pada tahun 1982 menyelesaikan pendidikan sebagai Sarjana Biologi. Segera setelah lulus, penulis bekerja di Jakarta pada suatu Perusahaan Inggris, The Wellcome Foundation, Ltd. Setelah bekerja selama 3,5 tahun, penulis memutuskan untuk berhenti dan melamar sebagai Dosen di ITB.

Setelah diangkat sebagai Capeg staf Pengajar di Jurusan Biologi ITB, pada bulan Agustus 1986 penulis berangkat ke Amerika Serikat untuk melanjutkan studi master dan doktor di Department of Entomology University of Illinois at Urbana-Champaign, USA. Gelar Doctor of Philosophy (Ph.D.) in Entomology didapatkan penulis pada bulan Mei 1992.

Selain tugas mengajar di Jurusan Biologi ITB, sejak tahun 1993 penulis ditugasi sebagai Pembantu Dekan Bidang Kemahasiswaan FMIPA ITB. Sebagai dosen, penulis juga tetap berusaha untuk tetap melakukan penelitian, antara lain sebagai *P.I.* pada Hibah Bersaing II Dikti (sudah selesai) dan *P.I.* pada Penelitian yang dibiayai oleh Indonesia Toray Science Foundation (sedang berjalan). Sejak tahun 1989 penulis telah memulai mempublikasikan hasil penelitiannya baik dalam jurnal ilmiah internasional maupun nasional, selain mempresentasikan hasil penelitian pada pertemuan -pertemuan ilmiah nasional maupun internasional.

Penulis adalah anggota perkumpulan profesi: Perhimpunan Entomologi Indonesia, Entomological Society of America, International Society of Chemical Ecology, dan The Australian Entomological Society Inc. Penulis menikah pada tahun 1985 dengan seorang alumni Jurusan Teknik Sipil ITB, Rini Indraswari dan dikaruniai seorang putra, Giovanni Ahmad (9,5 tahun)