

ORASIPENGUKUHAN AHLIPENELITIUTAMA

PERANILMU BIOTAKSONOMISERANGGA DALAM PEMBANGUNAN PERTANIAN BERKELANJUTAN DI ERA GLOBALISASI

**[The Role of Science on Insect Biotaxonomy for Sustainable Agricultural
Development in the Era of Globalization]**

Sri Suharni Siwi

Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi
dan Sumberdaya Genetik Pertanian, Badan Litbang Pertanian.
Jalan Tentara Pelajar 3 A, Bogor 16111

ABSTRACT

Diagnostic materials have been recently faced by more complexity species due to the evolution's accelerated in agro ecosystem. Biotaxonomy is needed for searching solutions technology of sustainable agriculture, and anticipating problems that may appeared during the agricultural development proses. Biotaxonomy is a tool for integrating biological aspects, beginning of inventory, description, cataloging, study of distribution and the perspective evolution. The contribution to applied sciences has often supplied the key to the solution of problems for IPM and biological control provided accurate identification of the exact country of origin of insect pests and their total fauna of parasites and predator.

Since the establishment of the World Trade Organization in 1995, volume and intensity of trade in agricultural product increased tremendously. To prevent the entry or spread of a pest, rules based on health and safety ground had been set out internationally under the agreement on the Application of Sanitary and Phytosanitary Measures (the SPS Agreement). In the context of international trade, the exporting country obliged to provide a list of pests likely to be associated with the commodity to be able importing country to conduct pest risk analysis and establish phytosanitary regulations. In order to meet these obligations, however, the developing countries have not benefited as developed countries, due to inability to provide an adequate description of health status of agricultural industries and pest-records based on voucher specimens held in properly well curated collection.

The extensive specimen-based pest record held in the reference insect collection Bogor is an asset national that can provide the most reliable evidence of the plant health status of the country that have been long time ago neglected. The collection can provide a country with a powerful tool to assist bids for market access and to justify measures to exclude potentially harmful exotic pests entering the country. Therefore, such insect collection should be security well managed, and database digitally for easily accesses. Sectors of interest should worked together to realize that hopes. Without such efforts, global policy market has just only more impoverish our farmers and the possibility our commodities products pursued internationally on the other hand our local markets felled with product commodities import as has been seen at this time.

Kata Kunci: Biotaksonomi, serangga, pertanian berkelanjutan, globalisasi

PENDAHULUAN

Pembangunan pertanian di Indonesia telah mengalami proses yang panjang, dimulai dengan program intensifikasi massal untuk peningkatan produksi dan adopsi teknologi menuju proses dinamisasi dan komersialisasi usaha tani kecil. Dalam menghadapi tantangan arus globalisasi, pendekatan pembangunan pertanian diarahkan pada pengembangan sistem dan usaha agribisnis terpadu, agar mampu menghasilkan produk pertanian berdaya saing tinggi, peningkatan kualitas produk, dan penekanan pada berkelanjutan dan pelestarian lingkungan (DEPTAN, 2001).

Aspek penting pertanian berkelanjutan antara lain, bagaimana sistem budidaya pertanian tetap memelihara kesehatan tanaman dengan kapasitas produksi maksimum, serta mengurangi dampak kegiatan pertanian yang dapat menimbulkan pencemaran dan penurunan kualitas lingkungan hidup (Aryantha, 2004). Berbagai jenis organisme pengganggu tanaman (OPT) dapat mengganggu kesehatan tanaman, yang mengakibatkan penurunan hasil produksi dan penurunan kualitas produk. Pimentel (1991) memperkirakan rata-rata kerugian hasil pertanian di dunia akibat gangguan berbagai jenis OPT sekitar 35-37 %. Kerugian hasil pertanian tersebut akan lebih tinggi

untuk daerah tropika yang mempunyai iklim yang cocok untuk berkembang biak nya berbagai jenis OPT.

Pengelolaan hama teipadu (PHT) yang menjadi dasar kebijakan pengendalian OPT merupakan salah satu komponen penting dalam pertanian berkelanjutan agar pembangunan pertanian tidak merusak lingkungan. Kecenderungan untuk mendapatkan hasil pengendalian yang cepat dan cara yang mudah sering mengakibatkan kebijakan pengendalian dilakukan dengan jalan pintas menuju pemberantasan hama dengan pestisida. Dampak kegiatan pertanian dengan menggunakan cara pengendalian itu telah mengakibatkan masalah OPT menjadi lebih kompleks dan generasi baru OPT sasaran menjadi tahan terhadap pestisida dan mampu lebih beradaptasi dengan lingkungannya. Akibatnya, pengendalian OPT dihadapkan pada semakin kompleksnya materi diagnostik karena proses evolusi serangga sangat mudah terjadi di agroekosistem (Dent, 1995). Harus diakui bahwa keberhasilan PHT masih terbatas pada sejumlah OPT tertentu dan penerapannya masih mengalami berbagai keterbatasan (Badan Litbang Pertanian, 1999). Dukungan ilmu pengetahuan dasar dan teknologi (IPTEK), yang mampu menghasilkan komponen-komponen pengendalian yang memiliki kompatibilitas antar komponen yang tinggi diperlukan untuk penerapan dan pengembangan PHT. Peningkatan sumber daya manusia (SDM) yang memahami mekanisme terjadinya proses evolusi di agroekosistem dan mampu mengantisipasi masalah yang akan timbul menjadi sebuah kebutuhan yang sangat mendesak.

Dengan lahirnya liberalisasi perdagangan dunia dan dihapuskannya tarif perdagangan (bea masuk), produk agribisnis dari luar terbuka lebar memasuki pasar domestik. Meningkatnya volume dan intensitas perdagangan produk pertanian dari luar, memungkinkan meningkatnya invasi organisme pengganggu tanaman karantina (OPTK), yang dapat mengancam lingkungan hidup dan usaha agribisnis dalam negeri. Perundang-undangan dan peraturan-peraturan perkarantinaaan tumbuhan seperti Undang-Undang (UU) No. 16 tahun 1992, yang ditindaklanjuti dengan Peraturan Pemerintah (PP) No. 14 tahun 2002 adalah dasar-dasar hukum untuk mendukung operasional perkarantinaaan nasional dalam

mencegah introduksi OPTK dari dan keluar negeri maupun dari suatu area ke area lain dalam wilayah Indonesia (Sudarisman, 2003).

World Trade Organization (WTO) atau Organisasi Perdagangan Dunia, yang mulai beroperasi pada tahun 1995 merupakan badan internasional yang mengatur masalah perdagangan antarnegara. Penerapan pemberlakuan *Sanitary and Phytosanitary Agreements* (kesepakatan SPS) yang tertuang pada pasal 14 *WTO-Agreements on Agriculture*, merupakan kebijakan perdagangan global untuk melindungi keselamatan / kesehatan konsumen di dunia, yang harus ditaati oleh setiap negara anggota WTO. Kesepakatan SPS, meliputi sanitari (*sanitary*) yang menyangkut keamanan produk pangan, pelabelan, bebas residu pestisida dan ramah lingkungan, dan fitosanitari (*phytosanitary*) yang berarti bebas OPT. Kualitas produk komoditas pertanian yang memenuhi ISPM (*International Standard for Phytosanitary Measures*) merupakan persyaratan utama untuk memperoleh akses pasar global (FAO-ISPM, 1995-1999). Persaingan antarnegara terjadi untuk meningkatkan daya saing produk pertanian di pasar global dalam menghadapi tuntutan konsumen dunia dengan preferensi kesehatan (higienis) dan lingkungan hidup. Oleh sebab itu hanya agribisnis yang menerapkan IPTEK secara maksimal yang akan bertahan dalam persaingan global (Mentan, 2004).

Bagi banyak negara maju yang secara umum sudah mempunyai keunggulan di bidang IPTEK, kesepakatan SPS memberikan dampak positif yang nyata terhadap penguatan daya saing produknya di pasar internasional. Bahkan kesepakatan tersebut sering dipakai alasan untuk makin memperketat peraturan masuk produk-produk dari luar ke pasar dalam negerinya (*disguised on trade*) sebagai proteksi pertanian dan usaha agribisnis negaranya (PSA, DEPTAN, 2002). Berarti, kesepakatan SPS dapat dipakai sebagai instrumen pendukung untuk melindungi biosekuritas tanaman dalam negeri, dengan catatan bahwa kebijakan yang diambil harus berdasarkan keilmuan melalui analisis potensi ancaman OPT atau *pest risk analysis* (PRA) (FAO, 2001). Hasil PRA berperan secara efektif dalam merumuskan kebijakan, agar hak pengaturan karantina tumbuhan terhadap

proses pemasukan media pembawa OPT tidak dianggap sebagai hambatan akses pasar yang dilarang oleh prinsip-prinsip perdagangan bebas (PP No. 14, pasal 5, tahun 2002).

Bagi negara berkembang termasuk Indonesia, banyak kendala yang dihadapi dalam memenuhi kesepakatan SPS. Kesepakatan SPS, tidak sebanding dengan sarana teknologi informasi, khususnya dalam infrastruktur dasar (*basic infrastructure*) yang menopang *database* kesehatan tanaman (*plant health database*) dan kapasitas diagnostik. Kemampuan sumber daya manusia (SDM) untuk mendeskripsi secara benar status OPT masih rendah (Siwi dan Dikin, 2001).

Akses pasar global produk-produk komoditas pertanian, terkait erat dengan biotaksonomi, karena dalam memenuhi kesepakatan SPS, pengetahuan biotaksonomi diperlukan oleh kelompok SDM yang berkewajiban mendiagnosis OPT secara benar dan akurat (Siwi, 2002). Akan tetapi, penelitian ilmu dasar itu kurang memperoleh apresiasi dari pembuat kebijakan, sehingga pengembangannya sangat terbatas. Jalur panjang yang harus ditempuh oleh penelitian itu, menghasilkan *output* yang tidak dapat segera dilihat dan dirasakan, sehingga dianggap kurang bermanfaat. Lebih parah lagi, pembelajaran taksonomi yang keliru di Indonesia selama berpuluh tahun, telah mengakibatkan kekeliruan pemahaman akan fungsi sebenarnya dari ilmu biotaksonomi sebagai alat utama untuk mengelola keanekaragaman organisme di alam. Akibatnya, kesadaran akan kebutuhan informasi biotaksonomi dalam pelaksanaan pembangunan menjadi pudar (Adisoemarto, 2003).

Serangga, merupakan salah satu kelompok OPT di antara kelompok lainnya seperti nematoda, fitoplasma, virus, bakteri, cendawan, siput dan gulma. Pembahasan OPT dalam pidato ilmiah ini terbatas pada peran ilmu biotaksonomi serangga, guna memaksimalkan sumbangannya bagi pembangunan pertanian berkelanjutan di era globalisasi, khususnya peran strategis dalam proteksi agribisnis dalam negeri.

UNGKUPBIOTAKSONOMI SERANGGA

Taksonomi (*Taxonomy*) berasal dari kata Yunani *taxis* (*arrangement*) yang berarti pengaturan dan

nomos (*law*) yang berarti hukum. Komaruddin (1982) menyebut taksonomi sebagai: "*Klasifikasi atau penggolongan yang teratur dan bernorma mengenai organisme-organisme di alam ke dalam kategori yang tepat dan penerapan nama-nama yang sesuai dan benar*".

Sebenarnya taksonomi tidak terbatas hanya kepada klasifikasi atau sekedar pemberian nama dengan benar, akan tetapi taksonomi merupakan alat utama dalam mengelola keanekaragaman organisme di alam dan mempunyai peran dalam disiplin-disiplin ilmu biologi lainnya. Sebagai contoh, kegiatan inventarisasi atau dokumenstasi keanekaragaman serangga di suatu daerah yang dilakukan dalam suatu survei faunistik, pada dasarnya merupakan aspek taksonomi yang diperlukan untuk menangani masalah konservasi, taksiran (*assess*) lingkungan, evaluasi sumber-sumber daya genetik dan manajemen hayati seperti yang dilakukan oleh Bridgewater (1986) di Australia, Danks (1986) di Kanada dan Kim & Knutson (1986) di Amerika Serikat.

Klasifikasi, yaitu kegiatan penggolongan dan pengaturan taksa (*taxa*) pada kategori yang lebih tinggi yang menunjukkan persamaan atau perbedaan ciri-ciri karakteristik fenetik (*phenetic*) kemudian memprosesnya sesuai aturan baku di dalam sistem klasifikasi (Kelas-Ordo-Famili-Genus-Spesies), sering disebut taksonomi makro (*macrotaxonomy*). Sistem penggolongan ini merupakan dasar ilmu biologi (Mayr, 1968; Watt, 1979).

Taksonomi mikro (*microtaxonomy*), berkaitan dengan kegiatan klasifikasi, identifikasi varietas dan populasi. Dalam melakukan kegiatan identifikasi, maka spesies satu dengan spesies yang lain dibedakan dengan penelusuran kunci-kunci identifikasi dan deskripsi untuk mengenai keanekaragaman dan hubungan kekerabatan unit taksa yang dekat (*closely related species*). Apabila identifikasi dapat dilakukan sampai tingkat spesies, maka kehadiran dan kelimpahan spesies yang ditemukan merupakan kunci untuk melihat lebih jauh mekanisme yang berlaku dalam dinamika proses ekologi di lingkungan tersebut. Studi lebih lanjut tentang biologi unit taksa tersebut akan memperoleh informasi lebih lanjut tentang stadia, distribusi, inang, pemencaran (*dispersal*), atau pemanfaatannya secara berkelanjutan.

Simpson (1961) mendefinisikan ilmu taksonomi sebagai: "ilmu untuk mempelajari keanekaragaman organisme di alam, klasifikasi, hubungan kekerabatannya, distribusi, dan perspektif evolusi". Ross (1974), menyebut taksonomi dengan istilah biotaksonomi atau biosistematika, yaitu: "ilmu yang merupakan integrasi berbagai aspek biologi dan mensintesis semua pengetahuan biologi sejak awal menemukan, kemudian melakukan deskripsi dan memberi nama, mendaftar (pembuatan katalog), studi persebaran dan perspektif evolusi". Konsep dari Simpson (1961) dan Ross (1974), membuat ilmu biotaksonomi mempunyai peran baik dalam segi terapan (*applied*) maupun segi konsep perkembangan ilmu misalnya adaptasi lingkungan dan proses evolusi.

Kenyataan yang kini dihadapi di Indonesia adalah bahwa taksonomi masih difahami sekedar pekerjaan klasifikasi dan mengenal urutan hierarki dalam klasifikasi. Kerancuan pemahaman akan fungsi sebenarnya dari ilmu itu mengakibatkan kesadaran akan kebutuhan informasi biotaksonomi dalam pelaksanaan pembangunan menjadi pudar (Adisoemarto, 2003). Oleh sebab itu, pemahaman secara benar perlu ditegakkan terutama dalam menghadapi semakin kompleksnya materi diagnostik, agar ilmu itu dapat diterapkan secara bermanfaat dalam pendekatan secara holistik untuk pembangunan pertanian yang berkelanjutan.

Prosedur pengaturan taksa

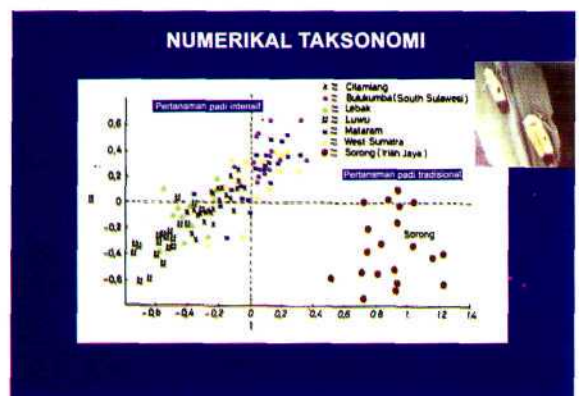
Pada awalnya, pengaturan kategori taksa mempergunakan konsep tipologi spesies dengan analisis struktur anatomi dan morfologi fenetik (*phenetic*), sering disebut taksonomi konvensional atau taksonomi alfa. Akan tetapi pada saat sampel populasi diambil dari berbagai daerah geografi yang berbeda, terlihat adanya variasi intraspesifik. Hal itu banyak mempengaruhi pemikirin konsep spesies dari konsep tipologi menjadi konsep politipik (*polytypic*), yaitu spesies yang tersusun dari unit populasi yang berbeda dalam dimensi tempat dan waktu (Huxley, 1940). Di tahun-tahun 1950-an, taksonomi konvensional banyak dipengaruhi ilmu sistematika baru berdasarkan pendekatan biologi (*biological approach*) yang merupakan titik awal menuju modernisasi taksonomi. Taksonomi kemudian berkembang menjadi taksonomi

moderen yang disebut biotaksonomi. Bukan berarti, dengan berkembangnya taksonomi moderen kemudian tidak menghargai taksonomi konvensional, akan tetapi taksonomi moderen merupakan kombinasi teknik konvensional dengan elemen penting lain seperti analisis genetik (biomolekuler), tingkah laku (*behaviour*), suara (*acoustics*), fisiologi, biokimia dan ekologi, terutama dalam menghadapi masalah semakin bertambah kompleksnya materi diagnostik (Schuch, 2000).

Taksonomi gamma merupakan analisis variasi intraspesifik apabila ada kemungkinan spesies kompleks (sibling, biotipe, ras geografi), yang membantu untuk klarifikasi pemikiran terjadinya proses evolusi di tingkat spesies dan merupakan instrumen menuju ke perkembangan ilmu misalnya adaptasi lingkungan dan proses evolusi (Mayr and Ashlock, 1991). Kecenderungan, bahwa identifikasi spesies dengan teknik molekular dipergunakan untuk mengganti teknik konvensional adalah sebuah kekeliruan, karena kedua teknik itu tidak dapat berjalan sendiri-sendiri.

Pengaturan taksa secara makro, sering disebut taksonomi beta. Walaupun taksonomi beta merupakan ilmu yang terabaikan seperti halnya taksonomi alfa, akan tetapi secara dramatis ilmu itu berkembang sejak bangkitnya taksonomi numerikal (*numerical taxonomy*), yang dikembangkan oleh Adanson (1763) kemudian dibangkitkan kembali oleh Sokal dan Sneath (1963).

Sebagai contoh, Siwi (1986) melakukan penelitian dengan metode numerikal secara morfometrik terhadap populasi wereng hijau *Nephotettix virescens* (Distant) di Indonesia (gambar 1).



Gambar 1. Variasi Fenetik Wereng Hijau *Nephotettix virescens* {PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS} (Siwi, 1996)

Populasi wereng hijau tersebut di koleksi dari berbagai daerah pertanian padi secara intensif dengan input teknologi tinggi (misalnya varietas unggul, pupuk, pestisida dsb) dibandingkan dengan populasi wereng hijau yang di koleksi dari pertanian padi tradisional dari Papua. Hasil penelitian menunjukkan adanya variasi parametrik terhadap kedua populasi wereng hijau *N. virescens* tersebut. Dengan analisis prinsip komponen (*PCA-Principal Component Analysis*) dan diskriminasi fungsi, populasi wereng hijau *N. virescens* dari Papua terpisah secara jelas dari populasi wereng hijau dari pertanian padi intensif. Metode itu merupakan pendekatan untuk menampilkan data fenetik secara kuantitatif dan secara grafis.

Menurut Hennig (1966), perbedaan yang kontras dalam variasi fenetik merupakan refleksi informasi tentang hasil proses evolusi, sehingga dapat digunakan untuk orientasi taksonomi lebih lanjut berkaitan masalah genetik kuantitatif atau kekerabatan (*phylogenetic*). Dari aspek evolusi, apabila hasil penelitian kekerabatan dapat dikorelasikan dengan ciri-ciri fenetik, hal itu merupakan faktor penentu untuk analisis perbedaan tingkah laku (*behaviour*) serangga, adaptasi serangga dengan lingkungannya, dan kemampuan sebagai vektor virus (Quartau, 1983).

Peran biotaksonomi dari segi terapan

Dari segi terapan, biotaksonomi serangga merupakan *focal points* pengembangan ilmu serangga (entomologi) pertanian dan kesehatan serta yang berhubungan dengan lingkungan hidup. Biotaksonomi memungkinkan pengenalan berbagai nama spesies atau unit taksa dan analisis nilai kekerabatannya (*phylogeny*), peran dan kedudukan takson dalam habitatnya, bionomi, persebaran geografi serta makna takson terhadap susunan kehidupan di suatu kawasan (Adisoemarto, 2003). Dengan kata lain, pengetahuan ekosistem yang luas dan keanekaragaman biota lokal hanya dapat dikuasai apabila informasi taksonomi cukup memadai.

Kasus entomologi kesehatan, merupakan salah satu contoh yang baik tentang terjadinya kerugian finansial yang tidak kecil jumlahnya dalam pengendalian epidemi penyakit malaria yang ditularkan

oleh nyamuk *Anopheles maculipennis*, akibat kurangnya pengetahuan hubungan antara persebaran populasi vektor dan penyakit yang ditularkan. Melalui penelitian taksonomi secara seksama diketahui bahwa nyamuk *A. maculipennis* merupakan kompleks spesies, terdiri dari beberapa spesies sibling yang mempunyai preferensi habitat dan cara berkembang biak (*breeding habits*) yang berbeda. Tidak semua spesies sibling tersebut mampu menularkan penyakit malaria, sehingga pengendalian cukup diarahkan ke spesies yang berbahaya, sehingga pengendalian dapat dilakukan lebih selektif (Mayr & Ashlock, 1991).

Kemajuan penelitian ekologi sangat tergantung pada ketelitian identifikasi spesies (Elton, 1958). Faktor-faktor yang menekan atau menunjang populasi, memegang peranan penting di dalam dinamika populasi di alam. Interaksi antara berbagai komponen dan cara pengelolaan agroekosistem yang beragam telah menyebabkan beragamnya dinamika agroekosistem dari satu daerah ke daerah lain. Dengan bantuan pemantauan, tingkat populasi dapat di deteksi. Misalnya hubungan antara serangga hama-parasitoid-predator-patogen, perlu diklasifikasi secara akurat, sebab identifikasi yang benar serta analisis saling hubungannya merupakan kunci keberhasilan pengendalian hama secara terpadu (PHT) dan pengendalian hayati.

Persebaran populasi serangga dipengaruhi oleh iklim, makanan, ruang, populasi spesies lain atau populasi spesies yang sama. Populasi-populasi tersebut saling mempengaruhi dan menentukan keseimbangan hayati pada ekosistem tempat mereka berada (Boughey, 1973; Odum, 1971). Banyak spesies yang terintroduksi dari negeri lain dapat dianalisis berdasarkan informasi persebaran geografi spesies asli (*indigenous*) dan perubahan di dalam persebaran spesies berikutnya. Misalnya parasitoid ichneumonid *Acrotomus succinctus*, merupakan spesies asli dari Eropa yang telah masuk ke Amerika Utara bagian Timur. Ichneumonid tersebut oleh Mason (1978) diklasifikasikan ke dalam jenis introduksi. Informasi persebaran geografi spesies asli dan perubahannya biasanya di *database-kan* dalam monografi taksonomi (Allen, 1980 dan Ross, 1958).

Kemampuan diagnostik

Rendahnya kemampuan SDM dalam pengetahuan taksonomi alfa merupakan kendala utama yang dihadapi para peneliti di Indonesia untuk mampu mengidentifikasi serangga yang menjadi obyek penelitiannya secara benar dan akurat. Hal tersebut dapat menghambat pekerjaan diagnostik selanjutnya.

Menurut Merriman *et al.* (2001), ilmu diagnostik secara fundamental mempunyai dua tahapan yaitu tahapan diagnostik awal, yang memerlukan pengetahuan dasar ilmu taksonomi alfa karena akan menentukan pekerjaan diagnostik selanjutnya. Banyak jenis OPT dengan gejala unik dan ciri morfologi spesifik dapat dengan mudah diidentifikasi dalam diagnostik awal. Biasanya ciri-ciri morfologi dapat dibandingkan dengan ciri-ciri spesimen di koleksi referensi untuk membantu identifikasi dengan cepat, sehingga ilmu diagnostik perlu ditopang oleh beberapa komponen infrastruktur seperti koleksi referensi, informasi biotaksonomi dan literatur.

Apabila ditemukan gejala yang tidak seperti biasanya (*unusual*), maka protokol bantuan spesialis diperlukan untuk tahapan diagnostik akhir, khususnya dalam menghadapi semakin kompleksnya materi diagnostik masa kini. Uji *serial samples* biasanya digunakan oleh spesialis untuk karakterisasi serangga yang tidak mudah dikenal melalui ciri morfologi. Kecermatan prima dan mata terlatih diperlukan untuk membedakan berbagai keragaman organisme dan keluarga terdekatnya. Untuk kompleks spesies (sibling, ras geografis, subspecies atau ekotipe), pendekatan sering dilakukan dengan mempergunakan analisis molekular (taksonomi gamma), seperti teknik pengurutan (*sequencing*) DNA, elektroforesis gel protein, evolusi karyotipe (*nucleus pattern*), dan morfologi kromosom (Bhattacharya dan Biswas, 1986; Hollander, 1982; Mitsuhashi, 1966; Demayo *et al.*, 1988). Teknik ini sekarang banyak dipergunakan oleh para peneliti bioevolusi untuk meneliti variasi gen dari populasi organisme di alam, dan telah menghasilkan penemuan-penemuan yang memperkuat konsep aliran gen di antara populasi spesies. Kerjasama multidisiplin diperlukan karena pendekatan diagnostik menyangkut ciri karakteristik morfologi, anatomi komparatif dan palaentologi, dan erat kaitannya dengan cabang ilmu

biologi yang lain seperti ekologi, biogeografi, embriologi, sito-genetika, bio-molekular, perilaku, adaptasi dan sejarah evolusi (Simpson, 1961; Mayr, 1969; Ross, 1974; Anderson, 1975; Hamilton, 1983; Siwi *et al.*, 1997).

PERAN BIOTAKSONOMI SERANGGADI SEKTOR PERTANIAN DAN KARANTTVA TUMBUHAN

Serangga, merupakan salah satu kelompok OPT yang dapat secara langsung merusak pertanaman atau secara tidak langsung sebagai vektor penyakit tanaman. Banyak anggapan, bahwa serangga sebagai OPT harus diberantas habis. Semua jenis racun OPT disebut PESTISIDA yang berarti pembunuh OPT. Produk komersial dengan nama "obat serangga" berperan memperburuk citra serangga dan mendorong seringnya pemakaian insektisida untuk membunuh serangga hama.

Sebenarnya masih lebih banyak serangga yang bermanfaat dari pada yang merugikan, baik untuk kehidupan manusia, binatang atau tumbuhan yang hanya dapat dideterminasi dan dipastikan melalui penelitian biotaksonomi secara berkesinambungan (Siwi *et al.*, 1997). Di dalam ekosistem, banyak mekanisme alami yang bekerja secara efektif dan efisien dalam menjaga kelestarian dan keseimbangan ekologi. Namun untuk mengembangkan strategi dalam menggunakan mekanisme alami tersebut memerlukan pengetahuan dan penguasaan yang komprehensif dan lengkap tentang informasi dasar biotaksonomi (Untung dan Sudomo, 1997). Pentingnya kesinambungan penelitian biotaksonomi serangga dan kebenaran identifikasi telah banyak ditulis di berbagai publikasi (Clausen, 1942; Delucchi *et al.*, 1976; Gordh, 1977; Knutson, 1981; Siwi, 1983; Wilson, 1985; Rosen, 1986; Sabrosky, 1975; Schlinger and Douth, 1964; Sosromarsono dan Untung, 2000) yang menambah wawasan dengan berbagai contoh implementasi keberhasilan PHT, keberhasilan pengendalian hayati, karantina dan informasi lain tentang keanekaragaman fauna serangga, ekologi serta proses evolusi.

Beberapa contoh serangga yang bermanfaat di sektor pertanian seperti yang tersebut dibawah ini.

Serangga penyerbuk

Berpindahnya serbuk sari dari satu bunga ke bunga yang lain tidak terjadi dengan sendirinya, namun dengan perantara agens hayati atau secara fisik. Tumbuhan yang penyerbukannya khusus oleh serangga disebut entomofil (*entomophily*), misalnya tanaman kelapa sawit. Kelapa sawit adalah tanaman eksotik dari Afrika Barat tropis yang di introduksi ke Indonesia dan Malaysia. Pada habitatnya yang baru, kelapa sawit yang berasal dari Afrika itu tidak mempunyai serangga penyerbuk yang efektif, sehingga penyerbukan terpaksa dilakukan secara manual (dengan tangan). Beberapa spesies kumbangmoncong (Curculionidae) *Elaeodobius* diketahui berperan sebagai agens penyerbuk dari daerah asal yang paling efektif (Wahid *et al*, 1984).

Dari hasil penelitian biotaksonomi, ekologi dan perilaku *Elaeodobius spp.* ditemukan bahwa spesies *E. kamerunicus* yang paling cocok untuk di introduksi di Malaysia. Pelepasan *E. kamerunicus* berhasil menetap (*established*) sebagai penyerbuk di seluruh perkebunan kelapa sawit di Malaysia, sehingga penyerbukan dengan tangan dapat dihentikan. Keberhasilan serangga penyerbuk tersebut dapat menghemat biaya produksi senilai US \$ 115 juta per tahun bagi petani kelapa sawit di Malaysia (Anon, 1982). Melihat keberhasilan di Malaysia tersebut *E. kamerunicus* dimasukkan ke Indonesia dari Malaysia dan dilepas dalam tahun 1983 setelah dilakukan studi kekhususan inang dan biologi *E. kamerunicus* untuk pembiakan masal (Pardede, 1990).

Pengendalian Hayati

Keberhasilan pengendalian hayati sangat bergantung dari biotaksonomi untuk dapat mengidentifikasi serangga yang ingin dikendalikan dan penentuan musuh alami yang akan digunakan. Dari studi biotaksonomi dapat diketahui sifat-sifat keanekaragaman hayati musuh alami untuk pengembangan penggunaan musuh alami secara efektif dan melindunginya (Sosromarsono & Untung, 2000). Perencanaan awal, sangat tergantung dari informasi klasifikasi, spesies asli (*native species*), distribusi, variasi inang, informasi dasar keadaan fauna

di di tempat asal (*origin*) dan kunci identifikasi spesies untuk eksplorasi agens hayati tersebut.

Kecermatan taksonomi untuk kelompok kompleks parasitoid seperti chalcidoids, ichneumonids dan braconids merupakan dasar terpenting dalam pengendalian hayati, sebab kebanyakan parasitoid tersebut mempunyai inang dan habitat yang spesifik. Misalnya, parasitoid telur kupu-kupu (Lepidoptera), *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) terdiri dari banyak spesies yang mempunyai inang dan habitat spesifik, sehingga kecermatan taksonomi diperlukan untuk mengidentifikasi spesies dengan benar. Demikian pula jenis *Muscidifurax* (Hymenoptera: Pteromalidae) yang merupakan parasitoid lalat *synanthropic* yang berasosiasi dengan kehidupan manusia. Dengan kecermatan taksonomi, spesimen yang semula hanya diidentifikasi sebagai satu spesies, kiranya terdiri dari 5 spesies yang berbeda (Kogan dan Legner, 1970). Banyak contoh-contoh kerugian finansial yang tidak kecil jumlahnya dalam usaha pengendalian hayati karena kurangnya informasi biotaksonomi serangga hama dan musuh alaminya (Clausen, 1978; Delucchi *et al*, 1976; Gordth, 1977; Knutson, 1981; Rosen, 1986; Rosen and de Bach, 1973; Sabrosky, 1975; Schlinger dan Douth, 1964).

Clausen (1978) memberikan contoh kegagalan pengendalian hayati pada hama jeruk *Aleurocanthus woglumi* (Hemiptera: Aleyrodidae). Hama ini menyerupai coccids (*scale insect*) pada stadia nimfa dan pupa. Semula, pengendalian dengan mempergunakan parasitoid yang didatangkan dari daerah oriental telah gagal karena informasi dasar biotaksonomi tentang parasitoid hama tersebut tidak tersedia. Kemudian dilakukan revisi taksonomi terhadap hama tersebut dengan hasil bahwa spesies itu sebenarnya adalah *California red scale* (kutu perisai merah), *Aonidiella auranti* (Hemiptera: Diaspididae). Parasitoid yang efektif kemudian ditemukan dari Cina, dan pelepasan parasitoid itu berhasil mengendalikan kutu perisai merah di perkebunan jeruk di California. Contoh lain diberikan oleh Adisoemarto (1990) tentang kegagalan akibat kurangnya pengetahuan keragaman spesies parasitoid telur *Trichogramma* untuk pengendalian hayati, yang mengakibatkan introduksi dan pelepasan

spesies yang salah dan tidak mengenai sasaran pengendalian.

Pengendalian Hama Terpadu (PHT)

Pada masa permulaan pelaksanaan program intensifikasi pertanian di Indonesia pada tahun 1960-1970-an, pengendalian hama pertanian lebih banyak dilakukan dengan cara membunuh dengan racun kimia sintetis (insektisida). Cara itu dianggap paling mudah dan efektif yang dapat menjamin keberhasilan produksi pangan. Sebagai contoh, penggunaan insektisida yang semakin meningkat dan meluas dengan adanya penyemprotan dari udara melalui proyek CIBA-BIMAS dan program BIMAS Gotong Royong (Mufid, 1997) untuk pengendalian penggerek batang padi dan kemudian juga hama wereng batang coklat (WBC) yang muncul di awal tahun 1970-an. Kiranya cara pengendalian itu tidak pernah bisa mengatasi masalah, bahkan menimbulkan permasalahan baru yaitu reserjens WBC atau peningkatan populasi secara nyata sesudah diaplikasi dengan insektisida, meningkatnya populasi serangga yang sebelumnya secara ekonomis tidak penting karena matinya musuh alami dan pencemaran lingkungan (Aquino and Heinrichs, 1979; Kenmore, 1980; Heinrichs and Mochida, 1984; Denno and Perfect, 1997). Karena akibat samping itu timbul kesadaran pentingnya penerapan *Integrated Pest Management* (IPM) yang sekarang dikenal dengan pengelolaan hama terpadu (PHT). Kebijakan baru penerapan PHT dalam pengendalian hama padi khususnya WBC dan pelarangan penggunaan 57 formulasi insektisida di pertanaman padi tertuang dalam Inpres No. 3 Th. 1986 (Oka, 1994). Landasan utama PHT lebih dititik beratkan pada pengelolaan agroekosistem dan memprioritaskan penggunaan cara pengendalian yang ramah lingkungan dengan mengurangi pemakaian pestisida yang bertujuan untuk mempertahankan populasi hama pada aras yang tidak merugikan (Untung, 1993). Dalam perancangan PHT peran biotaksonomi sangat besar, karena keanekaragaman hayati ekosistem pertanian itu perlu diketahui dan dipahami, terutama keanekaragaman musuh alami dan hubungannya dengan hama dan spesies lain di ekosistem itu.

Menurut Dent (1995), pengendalian kimiawi yang bertujuan untuk menekan populasi hama atau pengendalian dengan mempergunakan varietas tahan untuk mengurangi kemampuan reproduksi hama dapat bertindak sebagai penyeleksi sehingga populasi serangga berubah sifatnya, dengan kata lain terjadi evolusi yang dipercepat di agroekosistem. Untuk dapat memahami terjadinya proses evolusi di agroekosistem, dukungan biotaksonomi merupakan faktor penting. Peningkatan SDM yang mampu mengantisipasi masalah yang akan timbul dan memahami mekanisme terjadinya proses evolusi di agroekosistem menjadi sebuah kebutuhan yang sangat mendesak.

Kebijakan Karantina

Di era globalisasi, perubahan secara cepat telah terjadi di sektor turisme dan perdagangan. Peningkatan dan kecepatan perpindahan manusia, binatang dan barang terjadi dari satu lokasi ke lokasi yang lain atau dari negeri satu ke negeri lain. Kuantitas impor produk pertanian yang memasuki pasar domestik juga meningkat (Lampiran tabel 1). Peluang masuknya organisme pengganggu tanaman karantina (OPTK) ke suatu negeri, termasuk Indonesia menjadi semakin besar, melalui impor tanaman, benih atau bahan pembiakan (*propagative material*), produk lain atau dibawa oleh manusia, paket, surat dan sebagainya. Peraturan Pemerintah No. 14 tahun 2002 tentang karantina tumbuhan pasal 5 telah mengatur persyaratan teknis analisis risiko OPT atau *pest risk analysis* (PRA) untuk pemasukan produk komoditas tertentu dari luar negeri ke dalam wilayah RI. OPTK dinyatakan sah (*valid*) sebagai *barrier* apabila telah dikaji berdasarkan hasil analisis resiko untuk taksiran kerusakan yang ditimbulkannya apabila terintroduksi dari negari lain (FAO, 1995-1999). Ini berarti bahwa PRA dapat secara efektif berperan dalam merumuskan kebijakan agar hak pengaturan karantina tumbuhan terhadap proses pemasukan media pembawa OPT tidak dianggap sebagai hambatan akses pasar yang dilarang oleh prinsip-prinsip perdagangan bebas.

Penguatan perkarantina nasional melalui proses tindakan pemeriksaan karantina, sistem *surveillance* dan pemantauan (*monitoring*) untuk deteksi dini OPT eksotik (*invasive plant pest*) harus

dilakukan secara sistematis dan berkesinambungan (Siwi, 2002). Peningkatan kemampuan SDM dalam teknik deteksi dan pemantauan sangat ditekankan untuk menghadapi dan merespons kemungkinan serbuan OPTK, yang dapat membahayakan tidak saja sektor pertanian tetapi juga lingkungan hidup secara keseluruhan (Siwi, 2000; 2001; 2003). Dukungan ilmu dasar biotaksonomi diperlukan agar mampu mendiagnosis secara akurat bahwa suatu produk tidak tercemar OPT berbahaya, sehingga keputusan dan tindakan karantina (*quarantine measure*) yang diambil dapat dilakukan dengan tepat.

Kebenaran identifikasi merupakan kunci untuk mengetahui lebih lanjut informasi habitat, sehingga tingkah laku (*behaviour*) jenis serangga yang sedang diteliti dapat di prediksi. Dikaitkan dengan informasi persebaran geografis dapat dimanfaatkan untuk PRA, apakah serangga tersebut menunjukkan pola toleran terhadap habitat baru sehingga mampu menyebar dengan luas, atau sebaliknya tidak akan menyebar secara luas (Danks, 1979; EPPO, 1999). Sebagai contoh pada tahun 1942, di California, telah diidentifikasi adanya invasi larva *Grapholitha molesta* (Lepidoptera: Tortricidae), sejenis ulat buah dari daerah Oriental. Penemuan tersebut telah mengundang respons untuk investigasi lebih lanjut, sehingga eradikasi dapat dilakukan sebelum ulat tersebut menghancurkan kebun buah-buahan komersial di sana (Keifer, 1944). Sebuah bukti bahwa PRA perlu ketelitian identifikasi yang berlandaskan penelitian dasar ilmu biotaksonomi, agar dapat digunakan untuk proteksi usaha agribisnis dalam negeri dan keamanan sumberdaya hayati nasional.

Kebijakan karantina dan protokol untuk kriteria mutu produk secara teknis harus mengikuti prosedur standar internasional (*ISPM-International Standard for Phytosanitary Measures*). Proses sertifikasi fitosanitari mengacu pada pedoman ketentuan standar internasional yang diterapkan. Misalnya acuan untuk perlindungan kesehatan manusia, hewan dan tumbuhan ialah *International Office of Epizootic* (IOE) dan *International Plant Protection Convention* (IPPC) (FAO, 2001; PSA DEPTAN, 2002).

Sejak 1997 Amerika Serikat memberlakukan sistem jaminan mutu produk pertanian pangan dengan pola HACCP (*The Hazard Analysis Critical Control*

Point) bagi importir dan eksportir yang akan memasarkan produknya di Amerika Serikat (FAO, 2001). Pola ini merupakan sistem jaminan untuk melindungi konsumen dari bahaya produk yang tercemar organisme mikro penyebab penyakit atau kontaminasi zat kimia dan toksin berbahaya. Demikian pula AQIS (*Australian Quarantine and Inspection System*) mempersyaratkan impor beberapa komoditas hortikultura Indonesia ke Australia melampirkan rekord daftar OPT (*pests list record*) yang ada selama sepuluh tahun terakhir (PSA, DEPTAN, 2002).

Rendahnya apresiasi terhadap ilmu biotaksonomi sebagai dasar penguatan kemampuan diagnostik dan sistem manajemen data kesehatan tanaman merupakan hambatan utama dalam merespons dengan cepat permintaan rekord daftar OPT (*pests list record*) yang diperlukan pada komoditas tertentu oleh negara mitra dagang. Contoh, informasi daftar OPT tanaman mangga diminta oleh *National Plant Quarantine Service/MAF*, sehubungan dengan ekspor mangga Indonesia ke Korea, akan tetapi informasi yang diperlukan tidak tersedia. Hambatan berupa penolakan atau pemusnahan ekspor produk pertanian di pasar internasional karena tercemar OPT yang tidak dikehendaki juga terjadi seperti kasus penolakan produk komoditas ekspor yang dilaporkan terhadap 52 produk hortikultura Indonesia di Taiwan akibat kurang memenuhi standar ISPM (*International Standard for Phytosanitary Measures*) (BARANTAN, 2002).

Untuk negosiasi perdagangan dunia, daftar OPT sebagai catatan kesehatan tanaman pertanian (*pest list record*) hanya dipercaya apabila validitasnya dapat diklarifikasi dengan awetan bukti specimen yang tersimpan di koleksi sehingga dapat dijamin kebenaran identifikasinya. (APEC Workshop, 2001; APEC Workshop, 2002; ASEAN Workshop, 2003). Karena itu specimen koleksi merupakan asset nasional sebagai sumber referensi dan sumber informasi yang perlu dikelola dengan baik dan secara digital di *database* agar mudah di akses.

Dengan sangat langkanya SDM dan sulitnya memperoleh dana untuk manajemen koleksi dan riset biotaksonomi serangga pertanian, mengakibatkan informasi keragaman jenis-jenis OPT/OPTK, distribusi, kisaran inang atau informasi lain tidak mudah diakses

dengan cepat. Berdasarkan kenyataan di atas perlu kiranya meningkatkan SDM pertanian yang mempunyai pengetahuan luas tentang biotaksonomi baik serangga, penyakit maupun tumbuhan.

PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN BIOTAKSONOMI SERANGGADI INDONESIA

Ilmu yang mempelajari serangga (entomologi) baru dimulai pada abad ke-17, walaupun sebenarnya serangga telah dipelajari sejak 4.000 SM. Sekitar 1.500.000 spesies yang hidup di dunia sekarang ini telah diketahui dan masih ada jutaan spesies yang belum dideskripsi (Borror, 1992). Deskripsi spesies terus berlanjut dan spesies baru terus bertambah dari tahun ke tahun. Keberadaan ilmu entomologi mencuat drastis dengan diterbitkannya buku buah karya Charles Robert Darwin (1859) berjudul *"The Origin of Species by Means of Natural Selection, or The Preservation of Favoured Races in The Struggle for Life"*, dan Alfred Russel Wallace (1876) dengan teori evolusi organismenya yang tertuang dalam esai berjudul *"On the tendencies of varieties to depart indefinitely from the original type"*.

Darwin dan Wallace mengemukakan teori evolusi yang disampaikan pada kongres Linnaean Society di London (1859) yang menyatakan bahwa spesies mengalami perkembangan, melalui proses terpolakan, dengan faktor penentu berupa mutasi, kompetisi dan seleksi. Teori evolusi dari kedua tokoh ini merupakan revolusi ilmu yang memungkinkan pengembangan pengetahuan baru, antara lain adaptasi ekologi, tingkah laku dan proses spesiasi.

Wallace yang menjelajahi Indonesia pada pertengahan abad ke-19 telah menemukan posisi Indonesia sangat penting dalam persebaran serangga (*biogeography*). Sebagai negeri kepulauan (lebih 17.000 pulau-pulau) yang terletak di antara dua benua Asia dan Australia, Indonesia memiliki keanekaragaman fauna serangga yang amat besar. Faktor geografi dan isolasi, telah memperkaya jenis dan perilaku serangga Indonesia sesuai dengan habitatnya. Informasi tersebut hanya dapat digali dengan melakukan penelitian ilmu dasar biotaksonomi secara berkesinambungan. Pada saat Wallace (1880) banyak mengungkapkan keadaan

fauna serangga di Indonesia, taksonomi memegang peran penting dan mempunyai kedudukan strategis dalam penelitian entomologi. Walau demikian, awal perkembangan dan pemekaran biotaksonomi yang mengungkap adanya takson, peran dan kedudukan takson dalam habitatnya serta makna takson terhadap susunan kehidupan di suatu kawasan baru mulai berkembang pada dua dasa warsa awal abad ke-20 (Adisoemarto, 2003).

Di sektor pertanian di awal abad lalu, penelitian tingkahlaku (*behaviour*) dan peran serangga yang menyangkut segi terapan, dilakukan oleh *Instituut voor Plantenziekten, Departement voor Landbouw, Buitenzorg* yang awalnya merupakan bagian dari *Landbouw Zoologisch Museum* (sekarang Museum Zoologi Bogor disingkat MZB). MZB diresmikan berdirinya pada tahun 1901, berkat usaha Dr. J.C. Koningsberger yang kemudian menjabat sebagai direktur pertamanya. Pada saat itu MZB statusnya masih di bawah administrasi Kebun Raya Bogor yang terkenal dengan nama *'sLands Plantentuin* atau *Botanical Garden* (Satu Abad Museum Zoologi, Bogor, 1994). Dr. J.C. Koningsberger adalah entomologian Belanda pertama yang berada di Jawa, yang telah memulai kegiatan museum dan penelitian hama dan penyakit pertanian di Indonesia. Hal itu mengundang banyak perhatian dari pakar bidang pertanian maupun kalangan pejabat pemerintah pada saat itu. (Dammerman, 1929).

Pada akhirnya, *Instituut voor Plantenziekten* menjadi lembaga tersendiri pada tahun 1911 lepas dari MZB. Penelitian yang menyangkut entomologi pertanian yang sebelumnya dikerjakan oleh Kebun Raya dan MZB, sejak tahun 1914 terakomodasi di dalam *Instituut voor Plantenziekten*, dengan Dr C.J.J. van Hall sebagai direktur pertama (1912-1926). Menurut Adisoemarto (2003^b) peristiwa ini telah mengawali dan mendasari terpisahnya entomologi dasar (*basic*) dan entomologi terapan (*applied*) di Indonesia.

Penelitian yang dilakukan *Instituut voor Plantenziekten* di antaranya adalah penelitian untuk mencari solusi masalah hama dan penyakit yang lebih terfokus pada pengembangan komoditas ekspor dan pertanian pangan serta sektor kehutanan yang merupakan andalan pemerintah kolonial Belanda.

Pengendalian serangga hama dengan memanfaatkan parasitoid di sektor pertanian telah dimulai sejak zaman itu. Parasitoid dan serangga predator yang dipakai untuk pengendalian hayati ada yang dari lokal atau yang di introduksi dari luar negeri (*exotic*). Antara tahun 1932-1933, parasitoid *Tetrastichus brontispae* (Hymenoptera: Eulophidae) dari Jawa Barat telah berhasil secara nyata untuk mengendalikan hama kelapa *Brontispa longissima* (Coleoptera: Hispididae) di Sulawesi Utara. Pengendalian hama kelapa dengan parasitoid itu masih berlangsung sampai sekarang. Parasitoid *Diadegma eucerotheca* (Hymenoptera: Ichneumonidae) yang didatangkan dari New Zealand tahun 1950 berhasil menanggulangi hama kobis *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Yponomeutidae) di Jawa, Bali dan Sumatra di pertanaman yang tidak banyak penyemprotan insektisida (Sosromarsono, 1988)

Sesudah Indonesia Merdeka, *Instituut voor Plantenziekten* berada di bawah naungan Balai Besar Penyelidikan Pertanian Bogor yang pada awal pemerintahan orde baru menjadi Bagian Hama Penyakit Lembaga Pusat Penelitian Pertanian (LP3). Rencana Pembangunan Lima Tahun (REPELITA) Pemerintah Republik Indonesia yang dimulai pada tahun 1969, telah membangkitkan berbagai kegiatan penelitian, termasuk penelitian serangga. Pada waktu itu, kelompok penelitian hama komoditas pertanian sangat menonjol, walaupun arah penelitian masih lebih banyak terfokus pada cara pengendalian dengan bahan kimia (Laporan Kemajuan Penelitian Seri Hama Penyakit, 1970-an).

Upaya pengendalian dengan memanfaatkan musuh alami kemudian lebih diefektifkan dalam upaya pengembangan konsep PHT yang menjadi kebijakan baru pengendalian OPT sesudah tahun 1970-an. Lebih dari 25 spesies agens hayati di impor dari luar negeri sejak tahun 1975-1995, di antaranya adalah predator *Curinus coeruleus* (Homoptera: Coccinellidae) yang di impor dari Hawaii untuk pengendalian kutu loncat (*Leucaena psyllids*), *Heteropsylla cubana* (Homoptera: Psyllidae) (Sosromarsono, 1988). Di Indonesia, lebih dari 5 spesies parasitoid telah dilaporkan sebagai musuh alami wereng coklat *Nilaparvata lugens*, 4 spesies parasitoid wereng hijau *Nephotettix* spp. dan 10 spesies merupakan parasitoid

penggerek batang padi *Scirpophaga* spp. (Sastrosiswojoe/a/., 1995).

Koleksi Referensi Serangga Pertanian

Sejarah panjang keberadaan koleksi serangga pertanian di Balai Besar Penelitian Bioteknologi dan Sumber Daya Genetik Pertanian Bogor, berawal dari koleksi *Instituut voor Plantenziekten*. Di bawah kepemimpinan Mr. H.C.N. Pendlebury seorang ahli sistematika serangga pertama yang ditugaskan di Indonesia, kemajuan penelitian yang berarti telah dicapai oleh *Instituut voor Plantenziekten* dengan koleksi spesimen bukti (*voucher*) yang sangat prima (*excellent*).

Di dalamnya terdapat koleksi serangga pertanian, kehutanan, musuh alami dan kelompok serangga lain yang merupakan bukti spesimen (*voucher*) beberapa buku entomologi dan artikel yang dipublikasi di *Mededeelingen van het Instituut voor Plantenziekten* (1913-1936), dan buku-buku yang ditulis oleh Dammerman (1929), Franssen (1934; 1936), Voute (1944) dan Kalshoven yang terbit dalam bahasa Belanda dalam dua jilid (1950, 1951), TjoaTjien Mo (1952) dan Laporan Hasil Penelitian pada Balai Besar Penyelidikan Pertanian Bogor (1953). Buku Kalshoven berjudul "*De plagen van de cultuurgewassen in Indonesia*", kemudian di revisi dalam bahasa Inggris oleh P.A.van der Laan (1981) dengan judul "*The pests of crops in Indonesia*".

Sayang revisi itu tidak sepenuhnya menyertakan seluruh jenis serangga yang diuraikan di buku lama. Menurut S. Sosromarsono (personal komunikasi, 2004), van der Laan pernah menyatakan sewaktu berkunjung ke Indonesia dalam rangka penulisan revisi itu, bahwa merevisi seluruh isi buku Kalshoven (1950/1951) akan memakan waktu yang sangat lama. Sedangkan kebutuhan akan informasi serangga Indonesia yang penting dan ekonomis sangat mendesak. Edisi yang berbahasa Inggris itu sebenarnya merupakan edisi yang tidak lengkap, padahal buku ini masih menjadi acuan utama penelitian serangga Indonesia sampai sekarang. Buku Kalshoven yang berbahasa Belanda dan terdiri dari dua jilid (volume) itu lebih baik sebagai buku acuan, meskipun nama ilmiahnya sudah harus banyak yang divalidasi (S.

Sosromarsono, komunikasi personal, 2004). Kegunaan koleksi referensi spesimen dipakai sebagai materi pembandingan untuk memastikan nama spesies dengan benar, dan menjaga kesinambungan antara para peneliti terdahulu dengan peneliti generasi penerus yang ingin yakin bahwa ia sedang bekerja dengan spesies yang sama dengan peneliti sebelumnya.

Kembali ke tahun 70-an, timbulnya kesadaran pentingnya penerapan PHT, telah banyak membuka kesadaran akan pentingnya ketelitian identifikasi sebagai langkah awal keberhasilan PHT. Konsep PHT mengharuskan dikenalnya berbagai kelompok serangga dan arthropoda lain yang terlibat baik secara langsung maupun tidak langsung dalam proses pengendalian hama serangga. Hal itu memerlukan wawasan ilmu dasar biotaksonomi serangga secara luas.

Seiring dengan itu, usaha rehabilitasi koleksi referensi mulai dirintis oleh penulis di tahun 1975, melalui beberapa tahapan bantuan teknik luar negeri (Gambar 2). Bantuan teknik taksonomi diberikan oleh pemerintah Belanda di tahun 1976 dan 1978, dan dengan Pemerintah Jepang (JICA), di tahun 1977 dan 1978 (Siwi, 1975; Siwi 1976 a; 1976 b; Van Doesburg, 1976 and 1977; Siwi & Hattori, 1978). Pada tahun 1978, koleksi dipindah ke gedung baru bantuan JICA, yang letaknya berdampingan dengan ruangan perpustakaan bagian hama/penyakit pada saat itu, untuk memfasilitasi peneliti dalam ilmu taksonomi dan

kemampuan diagnostik hama pertanian. Koleksi mulai bertambah dengan awetan jenis-jenis wereng daun, wereng batang, walang sangit, penggerek batang dan serangga hama lain pada tanaman padi, hama gudang dan hama tanaman kedele/palawija. Dalam kurun waktu tahun 1990-2003, koleksi bertambah dari hasil survei kerjasama dengan *Australia Quarantine Inspection Service (AQIS)* terutama dari Papua (Siwi & J.Turner, 1992) dan koleksi lalat buah yang saat ini merupakan hama utama tanaman hortikultura dari berbagai daerah di Indonesia.

TANTANGAN DAN ARAH KEDEPAN

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia no. 6 tahun 1995 pasal 4 tentang perlindungan tanaman disebutkan bahwa: "Perlindungan tanaman dilaksanakan dengan menggunakan sarana dan cara yang tidak mengganggu kesehatan dan kerusakan sumberdaya alam atau lingkungan hidup" (Anon, 1995). Untuk maksud tersebut yang paling cocok pertanian masa depan adalah pertanian berkelanjutan (*sustainable agriculture*) dengan prinsip-prinsip pengendalian hama terpadu (PHT). Dalam perancangan PHT, peran biotaksonomi sangat besar, karena keanekaragaman hayati ekosistem pertanian itu perlu diketahui dan dipahami. Hubungan antara serangga hama-parasitoid-predator-patogen di ekosistem perlu diklasifikasi secara akurat, sebab identifikasi yang benar serta analisis saling hubungannya merupakan kunci keberhasilan PHT dan keberhasilan pengendalian hayati. Peran biotaksonomi menjadi lebih penting dalam era globalisasi untuk mendiagnosis OPT/OPTK secara akurat.

Dengan sangat langkanya tenaga taksonomis dan kurangnya minat SDM dalam menekuni riset biotaksonomi, maka informasi keragaman jenis-jenis OPT yang sah, persebaran, kisaran inang atau informasi lain tidak mudah diakses dengan cepat. Kendala itu dapat merupakan hambatan dalam memenuhi kesepakatan WTO-SPS. Banyak koleksi serangga yang tersimpan di berbagai institusi termasuk koleksi serangga di Balai Besar Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian masih belum memenuhi persyaratan standar internasional karena masih



Gambar 2. Koleksi serangga di Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian

memerlukan validasi untuk dipergunakan sebagai rujukan dan klarifikasi kebenaran identifikasi (Naumann *et al.*, 2003). Pembuat kebijakan perlu memberikan perhatian terhadap pengembangan riset biotaksonomi serangga. Koleksi referensi serangga yang ada di Badan Litbang Pertanian perlu dikelola dan dijaga keamanannya, selalu ditingkatkan (*upgrade*) dan divalidasi oleh ahli taksonomi di bidangnya sesuai standar baku internasional dan secara elektronik di database kan agar informasi mudah di akses.

PELUANG

Rehabilitasi Koleksi Referensi Serangga Pertanian

Pada tahun 2002, melalui kerjasama Indonesia-Australia di bawah proyek *Government Sector Linkage Programme* (GSLP) koleksi referensi serangga pertanian mulai direhabilitasi kembali (Siwi, 2002). Validasi sesuai standar internasional dilakukan terhadap ratusan spesies khususnya jenis-jenis Hemiptera (kebanyakan merupakan hama dan vektor penyakit tanaman), lalat buah (Diptera) dan Hymenoptera (kebanyakan serangga parasitoid) dengan bantuan ahli taksonomi Australia yang didatangkan ke Indonesia. Validasi taksonomi untuk kelompok serangga lain masih diperlukan agar koleksi ini dapat dimanfaatkan sebagai rujukan. Validasi untuk jenis kumbang (Coleoptera) yang kebanyakan merupakan hama gudang akan dilakukan pada tahun 2004(GSLP-2004).

Penulis sendiri dikirim ke Australia untuk mengembangkan sistem *web-based diagnostic key*, suatu teknologi identifikasi melalui internet. Diharapkan dengan teknologi internet, kemampuan SDM dalam diagnostik dapat ditingkatkan (Siwi, 2002). Buku petunjuk lapangan untuk identifikasi jenis-jenis lalat buah penting di Indonesia dan jenis-jenis lalat buah yang perlu diwaspadai serta informasi bio-ekologi dan pengendaliannya sedang dalam persiapan untuk dicetak (Siwi dan Purnama, 2004).

Digitalisasi Data dengan perangkat lunak Bio-Link

Penelitian biotaksonomi merupakan komponen penting dalam pengembangan digitalisasi sistem manajemen *database* kesehatan tanaman. Revolusi bio-informasi, yang menghadirkan teknologi komputer

dan internet, telah memfasilitasi penyimpanan dan penelusuran (*retrieval*) data dengan cepat. Data-data di koleksi referensi Bogor sedang dalam proses komputerisasi dengan program database Bio-Link (Siwi, 2002).

Program ini merupakan perangkat lunak yang dirancang untuk mempermudah digitalisasi informasi taksa (*taxa*) bagi para peneliti atau kurator koleksi serangga / patogen dalam mengelola data kesehatan tanaman. Pemanfaatan dan pengembangan program *database* dengan sistem ini diharapkan dapat mendorong terciptanya kerjasama antar peneliti dalam dan lintas institusi dalam upaya merealisasi pengembangan *database* kesehatan tanaman di Indonesia.

Beberapa digitalisasi informasi data yang telah selesai dilakukan adalah jenis-jenis lalat buah dan jenis-jenis wereng batang (*planthoppers*) dan wereng daun (*leafhoppers*) di Indonesia serta daerah sebarannya (Siwi, 2002). Sampai dengan akhir tahun 2002 jumlah spesies serangga yang tersimpan di koleksi referensi meliputi hampir 5.000, terdiri dari 134 famili yang mewakili 9 ordo serangga. Jumlah seluruh spesimen kurang lebih 100.000.

Komunikasi dan bantuan spesialis di bidangnya masing-masing sangat diperlukan untuk memperoleh berbagai penjelasan atau prediksi yang diperlukan dalam proses klarifikasi diagnostik. Komunikasi dari para pakar di bidangnya sering dilakukan melalui internet, melalui [PESTNET\(<pestnet@yahoo.com>\)](mailto:PESTNET@yahoo.com) (Siwi, 2002).

Kerjasama Nasional / Internasional

Dari hasil berbagai pertemuan APEC di Brisbane (2001) dan Taiwan (2002) telah direkomendasikan beberapa peluang kerjasama antara lain: (1) pengembangan mekanisme kerjasama dengan institusi diagnostik baik nasional maupun regional untuk mengatasi keterbatasan tenaga ahli taksonomi; (2) pengembangan strategi dalam memperkuat basis infrastruktur data kesehatan tanaman dari anggota negara ekonomi APEC, khususnya untuk negara berkembang; (3) perlunya negara ASEAN memberikan prioritas terhadap keberadaan koleksi referensi, meningkatkan kemampuan dalam survei dan diagnostik

OPT untuk memperoleh teknik identifikasi yang akurat / sah dalam membangun kapasitas SPS (ASEAN Workshop, Kualalumpur, 2003). Dengan demikian diharapkan akses pasar global untuk usaha agribisnis produk pertanian dapat lebih ditingkatkan khususnya untuk negara berkembang termasuk Indonesia.

Kebangkitan Organisasi "Masyarakat Taksonomi Fauna Indonesia" (MTFI)

Menyadari akan perlunya biotaksonomi sebagai ilmu pengetahuan yang menata makhluk hidup dan langkanya tenaga ahli di bidang ilmu ini serta kurang memadai dan kurang berkelanjutannya dana yang dialokasikan pemerintah untuk penelitian biotaksonomi, maka pada tahun 2004 ditandai dengan kelahiran organisasi profesi untuk mengembangkan taksonomi fauna Indonesia dengan nama "Masyarakat Taksonomi Fauna Indonesia" (MTFI). Bersama dengan Perhimpunan Penggalang Taksonomi Indonesia (PPTI) dan Kelompok Kerja Inisiatif Taksonomi Indonesia, Kementerian Lingkungan Hidup (Pokja INTI-KLH), MTFI berusaha mengembalikan pamor taksonomi di tanah air.

Visi MTFI ialah: "Bangkit dan berkembangnya kembali taksonomi fauna di Indonesia". MTFI merupakan organisasi profesi yang independen, dan tidak bergantung dan tidak mengikuti institusi manapun. Misinya ialah: Mengembangkan jaringan kerja antar lembaga, taksonomiwan dan pemerhati taksonomi fauna; menyebarkan informasi; mengembangkan kerja sama ilmiah; menyelenggarakan pertemuan ilmiah dan menyediakan pelayanan ilmiah.

Dengan bangkit dan berkembangnya organisasi MTFI, bersama PPTI dan Pokja INTI - KLH diharapkan pemahaman asas ilmu taksonomi secara benar dapat ditegakkan di Indonesia sehingga ilmu ini dapat diterapkan secara bermanfaat dan menjadi alat utama dalam mengelola keanekaragaman hayati, dan keberhasilan pembangunan pertanian yang berkelanjutan.

PENUTUP

Dari uraian di atas dapat ditarik beberapa simpulan sebagai berikut:

Peran aktif ilmu pengetahuan biotaksonomi

diperlukan dalam mencari solusi teknologi untuk keberhasilan pengembangan pertanian berkelanjutan. khususnya dalam pengendalian OPT yang ramah lingkungan (PHT) dan mengantisipasi masalah yang akan timbul akibat kemungkinan dampak kegiatan pertanian yang mengakibatkan percepatan proses evolusi di agroekosistem.

Selama ini, ilmu biotaksonomi telah kehilangan fungsinya sebagai alat utama untuk mengelola keanekaragaman organisme di alam. Oleh sebab itu, sistem pendidikan ilmu biotaksonomi perlu ditingkatkan untuk mencetak taksonomis yang berkualitas. Pemahaman secara benar perlu terus menerus ditegakkan terutama dalam menghadapi semakin kompleksnya materi diagnostik, agar ilmu itu dapat diterapkan secara bermanfaat untuk pembangunan pertanian yang berkelanjutan di era pasar global. Pemahaman itu perlu dilakukan secara konseptual dengan rencana dan strategi yang tepat. Pemikiran dari para ahli sangat diharapkan untuk terlaksananya rencana dan strategi tersebut.

Peran biotaksonomi menjadi lebih penting dalam era globalisasi untuk mendiagnosis OPT/OPTK secara akurat. Kerjasama baik nasional maupun internasional, khususnya dengan institusi diagnostik perlu dilakukan untuk mengatasi keterbatasan tenaga ahli taksonomi. Kerjasama lintas institusi dan disiplin lintas komoditas untuk tukar menukar informasi sangat diperlukan dalam membangun basis infrastruktur *database* kesehatan tanaman (*plant health database*) di tanah air.

Sektor dan pemangku kepentingan yang bersangkutan kiranya perlu bekerjasama untuk mewujudkan harapan itu. Tanpa usaha-usaha tersebut di atas, kebijakan global hanya akan memiskinkan petani kita karena tidak mustahil bahwa akses pasar global untuk produk pertanian dapat terhambat. sebaliknya pasar lokal dipenuhi produk komoditas impor seperti yang sudah terlihat pada saat ini.

BAHANPUSTAKA

- Adanson M. 1763.** *Families des Plants*. Vincen, Paris.
- Adisoemarto S. 2003".** Pembelajaran taksonomi yang benar. *Presentasi pada Sosialisasi Taksonomi di hadapan Guru-guru Biologi di Solo, 2003.*

- _____2003^h. L'ntomologi. Asas dan metode untuk memahami serangan. *Manuscript*
- _____1990. Memunculkan warna entomologi dengan biosistematika: Apa maksudnya?. *PEI*
- Allen RT. 1980. A review of the subtribe MyAdi: Description of a new genus and species, phylogenetic relationships, and biogeography (Coleoptera: Carabidae: Pterostichini). *Coleop. Bull.* 34, 1-29.
- Anderson NM. 1978. Some principles and methods of cladistic analysis with notes on the use of cladistics in classification and biogeography. *Z.Zoo.Syst, Evolutio-forsch.* 16,243-255.
- Anon. 1982. *Weevil worth US \$ 115 million per annum.* Wallington, UK: CAB International.
- _____1995. *Peraturan pemerintah RI No. 6 Th. 1995 tentang Perlindungan Tanaman*, Ditjen Perkebunan.
- Aryantha IN. 2004. *Membangun sistem pertanian berkelanjutan.* Pusat Penelitian Antar Universitas Ilmu Hayati LPPM-ITB.
- APEC. 1999. *Workshop on Phytosanitary Risk Assessment.* Cairns. Australia.
- _____2001. *APEC Workshop to Contain Transborder Movement of Plant Pests: Diagnostic.* Brisbane, Australia.
- _____2002. *Symposium on Detection, Monitoring and Management of Invasive Plant Pests.* Chinese Taipei.
- Aquino G. and EH Heinrichs. 1979. Brown planthopper populations on resistant varieties heated with a resurgence causing insecticide. *IRRI Newsletter* 4, 11.
- Badan Litbang Pertanian. 1999. *RENSTRA 1999-2004.* Badan Litbang Pertanian.
- Balai Besar Penelitian Pertanian Bogor. 1953. *Hama-hama tanam-tanaman kita.* N.V. Penerbit W.van Hoeve, Bandung's Gravenhage, 1953.
- BARANTAN. 2002. *Laporan Tahunan Pusat Karantina Pertanian 2002.*
- _____2002. *Peraturan Perundang-undangan Karantina Pertanian & Sanitary and Phytosanitary Measures (SPS).*
- Bhattacharya AK and A. Biswas. 1986. The environmental and genetic interaction of the green leafhopper of rice. *Proceeding National Seminar on Rice Hoppers, Hopper-borne Viruses and Their Integrated Management.* Bidhan Chandra Krishi Viswavidyalaya. Mohanpur. W. Bengal.
- Borror DJ. 1992. *An Introduction the Study of Insects.* Houghton Mifflin Company, Boston.
- Boughey AS. 1973. *Ecology of Population.* Second edition. The Macmillan Company, New York, 182 pp.
- Bridgewater PB. 1986. The Australian Biological Resources Study: 1973-1985, 187 - 201. *in: Kim and Knutson* (Eds.)(lihat Kim KC and L Knutson)
- Clausen CP. 1942. The Relation of taxonomy to biological control. *J. Econ.Entomol.* 35, 744-748.
- _____CP. 1978. Aleyrodidae. *In: Clausen CP, ed. Introduced Parasites and Predators of Arthropod Pests and Weeds; a world revive. Agriculture Handbook No. 480.* Washington D.C., USA: United States Department of Agriculture, 30-35.
- Dammernian KW. 1929. *The Agricultural Zoology of the Malay Archipelago.* Amsterdam, J.H. de Bussy.
- Danks HV. 1979. Terrestrial habitats and distributions of Canadian Insects. *Entomol. Soc. Can.* 108, 195-210.
- _____1986. Biological Survey of Canada (Terrestrial Arthropods), 203-208. *In Kim and Knutson* (Eds.) (lihat Kim KC and L Knutson)
- Darwin C. 1859. *On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle of Life.* John Murray, London.
- Dent DR. 1995. *Integrated Pest Management.* Chapman & Hall, London, UK: 355 him.
- Delucchi V, D Rosen, and El Schlinger. 1976. Relationship of systematics to biological Control: 81-91. *III Theory and Practice of Biological Control.* C.B. Huffkafer and P.S. Messenger (Eds.).New York/London: Academic.
- Demayo CG, RC Saxena and AA Barrion. 1988. Morphological, cytological and biochemical differences among three species *Nephotettix* (Homoptera, Cicadellidae) in the Philippines. *Philipp. Ent.* 7 (4), 359-385.
- Denno RF and Perfect TJ. 1997. *Planthoppers their ecology and Management.* Chapman & Hall, London.
- DEPTAN. 2002. *Pusat Standardisasi Pertanian. Peraturan Perundang-undangan Karantina Pertanian dan SPS.* Deptan 2002.
- _____, 2002. *Sekilas tentang Sanitary and Phytosanitary.* PSA, Deptan, 2002.

- _____. 2002. Implikasi globalisasi terhadap penyelenggaraan perkarantinaan Nasional. Disampaikan oleh Kepala Badan Karantina Pertanian, pada *Apresiasi Perkarantinaan Nasional*, 28 Nopember 2002 di Jakarta.
- _____. 2001. *REPER TA. Pendahuluan RA PBN 2002 Sektor Pertanian*, 2001.
- _____. 2001. *Laporan Tahunan Pusat Karantina Tumbuhan*, 2001. Badan Karantina Pertanian, Deptan.
- _____. 2002. *Laporan Tahunan Pusat Karantina Tumbuhan*, 2001. Badan Karantina Pertanian, Deptan.
- _____. 2002. *PP. No. 14 Tahun 2002 tentang Persyaratan Pemasukan (impor) dan Pengeluaran (ekspor) (Phytosanitary Certificate) dari Negara Asai ITujuan*
- Elton CS. 1958.** *The Ecology of Invasion by Animals and Plants*. London
- EPPO. 1999.** *PQR database*, Paris
- FAO. 1995.** *Principles of Plant Quarantine as Related to International Trade*. International Standards for Phytosanitary Measures (ISPM), 1995.
- _____. 1996. *Requirements for the Establishment of Pest free Areas* ISPM.
- _____. 1997. *Export Certification System*. ISPM, 1997.
- _____. 1995-1999. *International Standard for Phytosanitary Measures*. FAO.
- _____. 2001. *Manual on the application of the HACCP system in mycotoxin prevention and control*.
- Franssen CJH. 1934.** *Insecten Schadelijk aan Het Bataten-Gewas op Java*. Buitenzorg, Archipel (with summary in English).
- _____. 1936. *Insecten Schadelijk aan het Maisgewas op Java*. Buitenzorg, Archipel. (with summary in English).
- Gordh G. 1977.** Biosystematics of Natural Enemies. In T.L. Ridgway and S.B. Vinson (Eds.). *Biological Control by Augmentation of Natural Enemies*. 125-148. New York. 480 him.
- Goot, P. van der, (1925).** *Levenswijze en bestrijding van den witten rijstboorder op Java*. Meded.Inst.Plantez., Buitenzorg 66, 308 him.
- Hardy DE. 1982.** The role of taxonomy and systematics in integrated pest management programmes. *Proc. Ecol.*, 4, 231-238.
- Hamilton KGA. 1983.** Introduced and Native Leafhoppers Common to Old and New Worlds (Rhynchota: Homoptera: Cicadellidae). *Can. Entomol.* 115, 473-511
- Heinrichs EA and A Mochida. 1984.** From secondary to major pest status. The case of insecticide-induced rice brown planthopper, *Nilaparvata lugens*, resurgence. *Protection Ecology* 1, 201-218.
- Hennig W. 1966.** *Phylogenetic Systematics*. University of Illinois Press, Urbana. 263 pp.
- Huxley J. 1940.** *The New Systematics*. Oxford University Press: 583 him.
- Hollander DJ. 1982.** The chromosomes of *Nilaparvata lugens* Stal and some other related species, *Auchenorrhyncha Cytologia*. 47, 227-236.
- Kalshoven. 1981.** *The Pests of Crops in Indonesia*. Revised and translated by PA Van Der Laan. PT Ichtiar Baru-Van Hoeve, Jakarta, 1981.
- _____. 1950/1951. *De Plagen Van De Cultuurgewassen in Indonesia Part I and II*. N.V. Uit Gevery W Van Hoeve's Gravenhage, Bandung 1950.
- Keifer HH. 1944.** Applied entomological taxonomy. *Pan-Pac. Entomol.* 20, 1-6.
- Kenmore PE. 1991.** *Getting policies right, keeping policies right.: Indonesia's Integrated Pest Management Policy, Production, and Environment*. ARPE Environment and Agriculture Officers' Conference. Colombo, Sri Lanka.
- _____. 1980. Ecology and outbreaks of a tropical insect pest of the green revolution. Ph.D Thesis, University of California, USA.
- Knutson LV. 1981.** Symbiosis of bio-systematics and biological control. In: Beltsville Symposia, 61-78. GC Papavizas *et al.* (Edts.) *Biological control in crop production*. Agricultural Research 5. 461 him.
- Kogan M and EF Legner. 1970.** Abiosystematic revision of the genus *Muscidifurax* (Hymenoptera: Pteromalidae) with descriptions of four new species. *Can Entomol.* 102, 1.268-1.290.
- Komaruddin, 1982.** *Kamus Riset*. Penerbit Angkasa, Bandung.
- Kim KC and L Knutson. 1986.** *Foundation for a National Biological Survey*. Lawrence, Kansas. Assoc Syst. Collect.
- Kosztarab M. 1975.** Role of systematics collection in pest management. *Bull. Ent.Soc. America* 21 (2), 95-98.

- Mason WRM. 1978. Ichneumonid parasites (Hymenoptera) accidentally introduced into Canada. *Can. Entomol.* 110, 603-608.
- Mayr E and PD Ashlock. 1991. *Principles of Systematic Zoology*. Second Edition. McGraw-Hill.
- _____. 1968. The Role of Systematics in Biology. *Science* 159, 595-599.
- _____. 1969. *Animal Species and Evolution*. The Belknap Press of Harvard University, Cambridge, Massachusetts.
- Mededeelingen van het Instituut voor Plantenziekten, 1913-1936. *Ziekten en Plagen der Cultuur Gewassen in AWeWaHrf5c/i-/;K//e*. Landsdrukkery-Batavia, Serial: 1913-1936.
- MENTAN. 2004. *Kata sambutan pada pelantikan Kepala Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian*.
- Merriman, PJ Moran and B Todoni. 2001. *Diagnostic delivery¹ platforms*. APEC Workshop, Brisbane.
- Mitsuhashi J. 1966. Chromosome numbers of the green leafhoppers, *Nephotettix cincticeps* Uhler (Homoptera: Cicadellidae). *Appl. Ent. Zool* 1, 103-104.
- Munroe E. 1964. Biosystematics and Dynamic Ecology. *R.Om.Mus.Life Sci. Contrib.* 59, 17 pp.
- Mufid A Busyairi. 1997. *Membangun Pengetahuan Emansipatoris*. Bumi Tani Kalensari, Indramayu.
- Naumann ID, MMd Jusoh and E Lumb. 2003. *Arthropod Collection of South East Asia*. Australian Government, DAFF.
- Odum EP. 1971. *Fundamentals of Ecology*. Third edition. WB Saunders, Philadelphia.
- Oka IN. 1993. *Pertanian Berkelanjutan: Pengalaman Penerapan Konsep PHT dan Prospek Pengembangannya dalam Pendidikan Tinggi Pertanian*. IPB.
- Pardede DB. 1990. *Bioekologi Elaeidobius kamerunicus Faust (Coleoptera: Curculionidae) Dalam Hubungan Dengan Penyerbukan Bunga Kelapa Sawit*. IPB.
- Pimentel D. 1991. Diversification of biological control strategies in agriculture. *Crop Protection* 10 (4), 243-253.
- Quartau JA. 1983. An evaluation of several methods of principal component and coordinate analysis applied to the taxonomy of *Bactracomorpha* (Homoptera, Cicadellidae). *First International Workshop on Leafhoppers and Planthoppers of Economic Importance*. CIE 135-163.
- Rosen D and P de Bach. 1973. Systematics, morphology and biological control. *Entomophaga* 18, 215-222.
- Rosen D. 1986. The role of taxonomy in effective biological control programs. *Agric. Ecosys. Environ.* 15, 121-129.
- Ross HH. 1974. *Biological Systematics*. Addison-Wesley, Reading, Massachusetts.
- _____. 1958. The relationship of systematics and the principle of organic evolution. *Proc. 11th Int. Congr. Entomol. Montreal* 1, 423-429.
- Sabrosky CV. 1955. The interrelation of biological control and taxonomy. *J. Econ. Entomol.* 48, 710-714.
- Sastrosiswojo S, P Bangun, H Siswomihardjo and M Surachmat. 1995. Biological control in Indonesia. *1st Biological Control As A Cornerstone of Integrated Pest Management for Sustainable Agriculture in Southeast Asia*. 31-41, **MARDI and ACIAR**.
- Schlinger EI and RL Doutt. 1964. Systematics in relation to biological control, him, . In P. de Bach (Ed.). *Biological Control of Insect Pests and Weeds*. 247-280, Chapman and Hall. London.
- Sampurno Kadarsan, M Djajasasmita, P M artodihardjo dan S Somadikarta. 1994. *Satu Abad Museum Zoologi Bogor, 1894-1994*. Puslitbang Biologi, LIPI.
- Schuh RT. 2000.** *Biological Systematics: Principles and Applications*. Comstock Cornell University. Ithaca and London.
- Simpson GG. 1961.** *Principles of Animal Taxonomy*. Columb. Univ. New York, USA
- Siwi SS. 2002. Development of Database and Upgrading of Associated Reference Collection of Agriculturally Important Insect. *Laporan Akhir*. BALITPA, Badan Litbang Pertanian.
- _____. 2002. Monitoring and management of invasive plant pests. *APEC Workshop*, Taipei.
- _____. and A Dikin, 2001. The capability to diagnose pests and manage plant health data. *APEC Workshop- Containment of Transborder Movement of Plant Pests*. Brisbane, 2001.
- _____. 2001. Diagnostik Hama dan Penyakit dan negosiasi pasar global produk pertanian. *Berita Puslithangtan*, 21, 5-7.

- _____ **and M Schneider. 2000.** Strengthening Quarantine in Papua. *Kerjasama Karantina Indonesia - Australia (AQIS)*.
- _____ **1997.** *Pengenalan Serangga*. Museum Serangga Taman Mini Indonesia Indah, 1997.
- _____ **Alqbal, D Damayanti dan Trisnaningsih. 1997.** Peranan penelitian biosistemika untuk program pengendalian hama dan pengembangan penelitian biomolekuler. *Buletin AGROBIO* 1,2,1997: 1-8.
- _____ **WTengkano dan I Prasadja. 1997.** Peranan serangga dalam kehidupan manusia. *Warta Serangga Th. IV, Nomor Khusus*. Museum Serangga TMII.
- _____ **1986.** Studies on Green Leafhoppers Genus *Nephotettix* Matsumura (Homoptera: Euscelidae) in Indonesia with Special Reference to Morphological Aspects. *Ph.D. Thesis*. Tokyo University of Agriculture: 238 him.
- _____ **1986.** Variation in morphological characteristic of *Nephotettix virescens* (Distant) (Homoptera, Euscelidae) from different islands in Indonesia. *Contr. Cent.Res.Ins.Food Crops, Bogor, No.75*.
- _____ **1983.** Taksonomi dan biosistematik. Tulang punggung penelitian biologi yang terlupakan. *Proceeding Kongres Entomologi II*, 25-35 Jakarta.
- _____ **1975.** The Insect Collection of Pests and Disease Division of CRIA. *Seminar intern Hama & Penyakit Tanaman*.
- _____ **1976 a.** Ruang lingkup taksonomi serangga untuk penelitian dan pengembangan. *Bahan Pelajaran Penataran Karantina Tumbuhan*. Ciawi, Bogor.
- _____ **1976 b.** Progress Report of the Insect Collection Program *Parti*.
- _____ **1977.** Progress Report of the Insect Collection Program. *Part II*.
- _____ **and van Doesburg. 1977.** Report on the rehabilitation of insect collection of LP3, Bogor. *Laporan Kemajuan Penelitian Seri Hama & Penyakit* No. 11.
- _____ **and I Hattori. 1978.** Inventory of rice stemborers in Indonesia. *Seminar Hama & Penyakit Tanaman* 1978.
- Sudarisman S. 2003. Taksonomi dalam perkarantinaaan tumbuhan di Indonesia. *Disampaikan pada Lokakarya Taksonomi, Bogor*.
- Sosromarsono S. 1988. Biological control of agricultural pests in Indonesia. In. *Biological Control of Pests in Tropical Agricultural Ecosystems*. B/O77?QP *Special Publication No.36*. 349,69-83.
- Sosromarsono S dan K Untung. 2000. Keaneka-ragaman hayati artropoda, predator, dan parasit di Indonesia dan pemanfaatannya. *Makalah Utama Simposium Keaneka-ragaman Hayati Artropoda pada Sistem Produksi Pertanian*. Cipayung.
- Sokal RR. and PHA Sneath. 1963. *Principal of Numerical Taxonomy*. WH Freeman, San Fransisco.
- Tjoa Tjien Mo 1952. *Memberantas Hama-Hama Padi di Sawah dan di Gudang*. Noordhoff, Jakarta.
- UntungK. 1993. *Konsep Pengendalian Hama Terpadu*. Andi offset, Yogyakarta.
- _____ dan M Sudomo. 1997. Pengelolaan serangga secara berkelanjutan. *Simposium Entomologi, Bandung*.
- Route AD. 1944. *De Plagen van Djeruk Cultuur in Nederlandsch-Indie*. Batavia, Landsdrukkery.
- Wahid MB, YPTan, SS Liau, Hj.Abd. Halim Hassan, My Hussein, MT H Dolmat, S Ismail, CC Tan, YT Quah, CT Ho, WI Ali. 1984. The population cencus and the pollination efficiency of the Weevil, *Eldeidobius kamerunicus* Faust in Peninsular Malaysia, 1983- A preliminary Report. IIK Symposium Impact of the pollinating Weevil on the Malaysian Oil Palm Industry. PORIM & MOPGC.
- Wallace AR. 1876. *The Geographical Distribution of Animals*. McMillan, London.
- Watt JC. 1979. *Biosystematics: The Neglected Science*. *Nz.Sci.Rev.* 36, 68-72.
- Woson EO. 1985. The Biological Diversity Crisis. A Challenge to Science Issues. *Sci.Technol*, 20-29.