

Wereng Cokelat sebagai Hama Global Bernilai Ekonomi Tinggi dan Strategi Pengendaliannya

Baehaki SE. dan I Made Jana Mejaya

Balai Besar Penelitian Tanaman Padi
Jl. Raya 9 Sukamandi, Subang 41256, Jawa Barat
Email: baehakise@yahoo.co.id; mmejaya@yahoo.com

Naskah diterima 4 September 2012 dan disetujui diterbitkan 30 Mei 2014

ABSTRACT

Brown planthopper (BPH) is a global rice pest, widespread in the Palaeartic, Oriental, and Australian regions. This pest had caused high losses of economic value, both as yield losses and as funds, to be used for research in the technological control. Both nymphs and adults of BPH are damaging on rice plants, through an extensive sucking of the cell sap. BPH also transmits viruses, thus increases level of BPH infestation occasionally are accompanied by substantial losses of rice crop by virus diseases resulting in hopperburn. Countries most affected by BPH attacks and had spent high number of funds to control are China, Vietnam, Thailand, Philippines, Malaysia, and Indonesia. BPH attack disrupts the nutrient uptake processes occurring on the roots, whereas the rice roots are not only playing a major role in taking up nutrients and water, but also functioning as sites for biosynthesis of substances that affect physiological activities, such as cytokinins, zeatin, and zeatin riboside. Senescence process of the leaves, transportation and distribution of assimilates, grain filling, and grain yield are closely correlated with the function of root systems of the rice plant. Strategy for BPH control includes assembling durable resistance of rice varieties using the available germplasm, tightening resistant line screening, action program such as simultaneous planting based on triangle strategies, increasing the use of light traps to monitor the populations dynamic and reducing insect populations. Control of brown planthopper using insecticides should consider the latest economic threshold, depending on the price of grain at harvest.

Keywords: Brown planthopper, global pest, strategies, destroye, economic value.

ABSTRAK

Wereng (*Nilaparvata lugens*) merupakan hama global yang menyerang tanaman padi yang tersebar luas di wilayah Palaeartik, Oriental, dan Australian. Hama ini mempunyai nilai ekonomi tinggi karena sangat banyak dana yang digunakan untuk penelitian, mulai dari biologi sampai teknologi pengendaliannya. Selain merusak langsung dengan mengisap cairan tanaman, hama wereng cokelat juga sebagai vektor penyebar penyakit virus yang menyebabkan tanaman padi puso. Negara-negara yang paling banyak merasakan dampak serangan wereng dan yang paling banyak mengeluarkan dana untuk pengendaliannya adalah China, Vietnam, Thailand, Filipina, Malaysia, dan Indonesia. Serangan wereng cokelat mengganggu serapan nutrisi dan proses perkembangan akar, padahal akar tanaman padi tidak hanya berperan dalam mengambil nutrisi dan air, tetapi juga berfungsi sebagai tempat biosintesis zat yang mempengaruhi aktivitas fisiologis, seperti sitokinin, zeatin, dan zeatin riboside. Proses penuaan, transportasi dan distribusi asimilasi, pengisian biji, dan hasil berkorelasi erat dengan fungsi sistem akar tanaman padi. Usaha strategis yang dilakukan adalah perakitan varietas tahan lama (*durable resistance*) menggunakan plasma nutfah yang telah teridentifikasi, pengetatan seleksi galur tahan, tanam serempak berdasar *triangle strategies*, pemakaian lampu perangkap yang dapat dipakai sebagai monitoring dan reduksi populasi hama. Pengendalian wereng cokelat dengan insektisida harus dipandu dengan ambang ekonomi terbaru berdasarkan harga gabah saat panen.

Kata kunci: Wereng cokelat, hama global, strategis, perusak, nilai ekonomi.

PENDAHULUAN

Wereng cokelat (*brown planthopper* = BPH) *Nilaparvata lugens* Stal. merupakan hama tua yang masih menjadi masalah dalam usaha produksi padi di Indonesia. Hama ini termasuk ordo Homoptera, Sub ordo Auchenorrhyncha, Infra ordo Fulgoromorpha, Famili Delphacidae, Genus Nilaparvata, dan spesiesnya *Nilaparvata lugens* Stal. Wereng cokelat tersebar luas di wilayah Palaeartik (China, Jepang dan Korea), Oriental (Bangladesh, Kamboja, India, Indonesia, Malaysia, Serawak, Taiwan, Muangthai, Vietnam, dan Filipina), dan Australian (Australia, Kep. Fiji, Kaledonia, Kep. Solomon, dan New Guinea). Data menunjukkan wereng cokelat saat ini sudah menjadi hama global (*the global pest*). Serangan wereng cokelat bukan hanya terjadi di Indonesia, tetapi juga telah menyerang pertanaman padi di China, Vietnam, Thailand, India, Pakistan, Malaysia, Filipina (Catindig *et al.* 2009), bahkan Jepang dan Korea.

Wereng cokelat dapat terbang jauh dari satu negara ke negara lainnya. Sifat migrasi wereng cokelat dari daerah subtropika dan beriklim sedang (temperate) lebih tinggi dibanding wereng cokelat dari daerah tropika. Wereng cokelat makroptera yang berasal dari daerah beriklim sedang (Kyushu dan Zhejiang) dan subtropis (Guangxi, Hainan, dan Vietnam Utara) memiliki periode pra-oviposisi (masa sebelum bertelur) lebih lama dan lebih tahan lapar dibanding wereng cokelat dari daerah tropis Malaysia. Lamanya praoviposisi dan tahan lapar diduga bermanfaat untuk migrasi jarak jauh sebelum reproduksi. Temuan ini mendukung hipotesis sistem migrasi wereng cokelat di Asia Timur, yang telah mempertahankan kemampuan migrasi jarak jauh sepanjang tahun (Wada *et al.* 2007, Wada *et al.* 2009). Wereng cokelat dari Vietnam Utara adalah salah satu kemungkinan sumber wereng cokelat yang bermigrasi ke Jepang dan China (Bao *et al.* 2000). Banyak laporan tentang hubungan antara cuaca musim semi dan musim panas mengenai migrasi wereng cokelat (Otuka *et al.* 2005).

Ledakan wereng cokelat dipicu oleh perubahan iklim global yang mempengaruhi sikap hama terhadap tanaman padi. La Nina dengan curah hujan yang tinggi menimbulkan kelembaban yang tinggi pada musim kemarau dapat mengaktifkan sifat ontogeni wereng cokelat untuk berkembang dengan populasi yang tinggi. Tanam tidak serempak merupakan pemicu kedua ledakan wereng cokelat. Petani bertanam padi saling mendahului karena air selalu mengalir dan harga gabah cukup tinggi, bahkan pada saat terjadi ledakan wereng cokelat banyak petani yang menanam varietas rentan seperti IR42, Muncul, hibrida, dan ketan Derti. Ledakan hama wereng cokelat juga dipicu oleh penggunaan insektisida yang tidak akurat oleh lebih 90% petani menjadi penyebab tidak

turunnya populasi wereng cokelat, ditambah lagi dengan 71% dari jumlah petani tersebut masih menggunakan insektisida bukan anjuran. Data lain menunjukkan 60% petani SLPHT dan 65% petani non-SLPHT menggunakan insektisida, baik yang dianjurkan maupun yang tidak dianjurkan, secara keliru. Hal tersebut disebabkan melemahnya disiplin monitoring hama wereng cokelat oleh petani yang menambah kerusakan tanaman padi.

Wereng cokelat di lapangan terdiri atas beberapa populasi, ditandai oleh ragam warna tubuh, ada yang hitam, cokelat, merah, dan kombinasi dari warna tersebut. Galolo *et al.* (2011) menemukan korelasi polimorfisme warna dengan alat reproduksi, menggunakan data morfometrik geometris (GM) dan menunjukkan perbedaan yang signifikan dalam bentuk paramere (bagian genetalia) dari dua colormorphs cokelat dan hitam. Pemeriksaan lebih lanjut menggunakan analisis kesamaan (Analysis of Similarities = ANOSIM) dan nonparametrik multivariat-analisis variance menunjukkan bahwa variasi bentuk paramere antara dua morphotypes secara statistik berbeda nyata. Hal ini menunjukkan bahwa diferensiasi dalam paramere dapat berkorelasi dengan diferensiasi serangga berdasarkan colormorphs. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa keberadaan colormorphs adalah karena pemilihan pasangan dalam populasi.

Wereng cokelat dan wereng punggung putih (*whiteback planthopper* = WBPH) *Sogatella furcifera* Horvath di Indonesia sering menyerang tanaman padi secara bersama-sama. Di China serangan 3 spesies wereng dapat bersama-sama yaitu wereng cokelat, wereng cokelat kecil small brown planthopper = SBPH (*Laodelphax striatellus* Fallen), dan wereng punggung putih yang merupakan serangga yang sukses menyerang tanaman padi (Cheng 2009a). Ketiga wereng padi tersebut menjadi masalah yang serius bagi usaha produksi padi di Asia.

Begitu pentingnya hama wereng cokelat menyebabkan dikeluarkannya beberapa kebijakan pemerintah untuk mengatasi hama ini. Pada tahun 1986 dikeluarkan Inpres No. 3 yang melarang penggunaan 57 formulasi insektisida untuk mengendalikan wereng cokelat, karena dampak penggunaan berbagai pestisida menimbulkan gejala resurgensi. Pada tahun 2011 keluar Inpres No.5 yang salah satu isinya adalah Bantuan Penganggulangan Padi Puso (BP3) oleh serangan hama wereng cokelat.

Dalam upaya peningkatan produksi 10 juta ton beras pada tahun 2014, Indonesia harus bangkit dengan menerapkan model program aksi tindak lanjut (MRTL) pengendalian hama wereng cokelat dan hama padi umumnya, yang modelnya telah diujicoba di Banten, Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur, dan Bali. Tulisan ini

menjelaskan pentingnya hama wereng coklat yang telah menurunkan produksi padi, proses penyediaan teknologi untuk pengendalian, dan langkah lanjutan untuk mengatasi hama global ini.

WERENG COKELAT PERUSAK TANAMAN PADI DI BERBAGAI NEGARA

Wereng coklat merupakan hama laten yang selalu ada setiap tahun, karena selalu ada tanaman padi di lapangan sebagai makanannya, akibat tanam yang tidak serempak seperti yang terjadi di daerah segitiga produksi padi Klaten-Boyolali-Sukoharjo Jawa Tengah (Baehaki 2004). Ledakan hama wereng coklat tidak hanya terjadi pada padi sawah, tetapi juga pada tanaman padi gogo (Baehaki *et al.* 2001), sehingga di mana pun ada tanaman padi selalu ada risiko hama wereng coklat. Ledakan hama wereng coklat di Indonesia terus berlangsung dari tahun ke tahun dan puncak serangan terjadi pada tahun 2010 dan 2011 masing-masing mencapai 137.768 ha dan 218.060 ha.

Di China, kerusakan tanaman padi oleh wereng coklat dimulai pada 1964 akibat serangan wereng coklat kecil (*Laodelphax striatellus* (Fallén)). Pada tahun 1968 hama wereng coklat mulai menyerang dan pada tahun 1978 mulai pula berkembang wereng punggung putih (Cheng 2009a). Pada tahun 2006 dan 2007 luas serangannya masing-masing mencapai 9,42 juta ha dan 8,75 juta ha. Kehilangan hasil padi di China pada tahun 2005 akibat serangan hama wereng mencapai 2,77 juta ton. Di negara tersebut, serangan wereng coklat terus berlangsung sampai tahun 2008.

Bangladesh mempunyai sejarah cukup panjang, sejak 1976 pertanaman padi terserang wereng coklat dan mulai 1981 terserang oleh wereng coklat dan wereng punggung putih. Pada tahun 2009 seluas 2.500 ha tanaman terserang wereng yang didominasi oleh wereng punggung putih (Islam and Haque 2009).

Tren luas serangan wereng coklat di Thailand hampir sama dengan Indonesia, yaitu pada tahun 2010 lebih dari 1,5 juta rais (240.000 ha) dilaporkan puso akibat wereng coklat dan penyakit virus (Soitong *et al.* 2011). Serangan wereng coklat pada 2010 mencapai empat kali lipat dibanding tahun 2009 (Luecha dan Heong 2010). Pada Maret 2011, kerusakan tanaman di 11 provinsi mencapai 104.000 ha. Kerusakan ini diduga akibat pertanaman padi yang intensif, terus-menerus menanam varietas yang sudah rentan, penggunaan pupuk yang tinggi, dan penggunaan insektisida cypermethrin, abamectin dan chlorpyrifos yang mencapai hampir 62% petani menggunakan insektisida tersebut (Chaiyawat *et al.* 2011)

Di Vietnam, serangan wereng coklat terus berlangsung dalam periode 1998-2008 dengan serangan tertinggi pada tahun 2007 yang mencapai 572.419 ha. Pada tahun 2006 kehilangan hasil padi di Vietnam akibat serangan wereng mencapai 400.000 ton. Di India, serangan wereng coklat pada 2007 tercatat 11.762 ha (Catindig *et al.* 2009). Pada September 2009, wereng coklat dan wereng punggung putih merusak 4.000 ha tanaman padi di Karnataka, Uttar Kannada, dan Haveri. Tanaman padi yang terserang adalah varietas Doddaga (lokal), Abhilash, MTU 1010, dan MTU 1001. Di Ranga Reddy Bagian Andhra Pradesh, populasi wereng yang tinggi tercatat juga pada varietas BPT 5204 dan MTU1010 (Bentur 2009).

Di Filipina pada 2007 luas serangan wereng coklat tercatat 1.138 ha (Catindig *et al.* 2010). Pada tahun 2010 di Iloilo terjadi ledakan wereng coklat pada PSB Rc 120 seluas 6.700 ha dan menimbulkan kehilangan hasil yang serius, dengan derajat ledakan dari 1-10% sampai 70-90% (Catindig *et al.* 2010). Dilaporkan bahwa pada daerah ledakan tersebut para petani menggunakan pestisida cypermethrin, methomyl, thiamethoxam, dan methamidophos yang toksik terhadap nusus alami (Domigo *et al.* 2010). Di Bogalay Myanmar pada Maret 2009, 8.100 ha tanaman padi terserang berat wereng coklat dengan kehilangan hasil mencapai 20.900 ton (Myint dan Heong 2010). Demikian juga di Kampung Bukit Raya, Penang, Malaysia, serangan wereng coklat pada tahun 2010 menyebabkan 600 ha tanaman padi rusak sampai puso (Hamid 2010).

Uraian di atas menunjukkan bahwa wereng coklat merupakan hama yang bersifat kosmopolit, menyerang pertanaman padi di berbagai negara di Asia. Wereng coklat bergerak dari daerah satu ke daerah lainnya dan dari negara satu ke negara lainnya. Hal ini disebabkan karena wereng coklat dapat migrasi sampai 200 km, bahkan dapat lebih jauh lagi dari daratan China dan Vietnam Selatan bermigrasi ke Jepang dan Korea (Watanabe *et al.* 2009).

Wereng coklat adalah serangga pencucuk dan pengisap, terutama mengisap getah floem, mengurangi klorofil dan kandungan protein daun, serta mengurangi laju fotosintesis (Watanabe dan Kitagawa 2000). Kumpulan imago dan nimfa hama wereng coklat mengisap cairan tanaman, yang mengakibatkan tanaman menjadi merana, tumbuh kedil, daun mulai kuning, layu dan akhirnya menimbulkan gejala serangan wereng coklat yang disebut *hopperburn* atau mati kering. Serangan wereng coklat dan wereng punggung putih pada IR64 memberikan hubungan linier $y_{IR64} = -11,598x + 83,632$ ($R^2 = 0,3083$) y adalah hasil per rumpun (g), dan x adalah nilai skor 1-9. Kehilangan hasil padi akibat serangan wereng coklat dan

wereng punggung putih terjadi juga pada varietas IR74, Muncul, dan Sintanur (Baehaki dan Kartohardjono 2005). Wereng cokelat berkembangbiak dengan laju pertumbuhan eksponensial yang merupakan sifat dari hama r-strategik dan merusak tanaman padi setelah mencapai generasi 2-3, karena nimfanya sangat banyak dan hidup berdesakan (*crowded*) pada satu rumpun padi dapat mencapai 400-1000 ekor wereng. Bila populasinya sangat tinggi dapat mencapai lebih 1.000 ekor/rumpun dan werengnya bergerak ke arah daun.

Menjelang tanaman padi puso, populasi wereng cokelat mencapai 200-500 pasang wereng bersayap panjang/rumpun. Secara teoritis berarti pada 160.000 rumpun padi/hektar terdapat 32-80 juta pasang wereng cokelat. Bila semua wereng dari satu hektar bermigrasi dan menyebar acak datang pada tanaman padi muda, maka dua bulan kemudian populasi wereng akan mencapai 471,3 milyar hingga 1,2 triliun ekor. Dari jumlah tersebut dengan faktor koreksi kemampuan predator menekan wereng sebesar 18%, maka populasi wereng yang hidup akan mencapai 3,86-9,67 triliun ekor. Populasi wereng cokelat dari 1 ha pertanaman padi puso yang kurang baik pengendaliannya dalam waktu 2 bulan setelah migrasi diramalkan akan terjadi kerusakan berat sampai puso pada areal 6.043-15.109 ha. Pada awal 2010, data riil di Jawa Barat menunjukkan bahwa wereng cokelat dari 127 ha padi puso menyebar dan menimbulkan ledakan hama pada pertanaman padi seluas 60.488 ha.

Serangan wereng cokelat mempengaruhi biomasa akar (R) dan pucuk (S) secara linear menurun sejalan dengan meningkatnya kepadatan infestasi wereng, baik pada TNI yang rentan maupun pada Xieyou 963 yang tahan. Namun nilai R/S dalam bobot biomasa (mg), sukrosa (mg/g), dan gula larut (mg/g) lebih tinggi dan berbeda nyata pada varietas TN1 dibanding Xieyou 963 (Liu *et al.* 2008).

Serangan wereng cokelat pada varietas Zhendao 2 mengganggu penyerapan P dan K, sedangkan serapan N tidak terganggu. Serapan P dan K menurun saat populasi wereng cokelat meningkat. Serangan wereng cokelat pada varietas Xiushui 63 (rentan) mempengaruhi serapan N, P, dan K pada tingkat infestasi wereng yang berbeda. Pada kepadatan populasi 60 nimfa rumpun tidak mempengaruhi serapan N, namun mempengaruhi penyerapan P dan K (Wu *et al.* 2003).

Akar tanaman padi tidak hanya memainkan peran kunci dalam mengambil nutrisi dan air, tetapi juga berfungsi sebagai tempat untuk biosintesis zat seperti sitokinin, zeatin, dan ribosides zeatin yang mempengaruhi kegiatan fisiologis (Yang *et al.* 2000, 2001, 2002). Oleh karena itu, penuaan tanaman padi, transportasi dan distribusi

asimilasi pengisian biji dan hasil berkorelasi erat dengan fungsi sistem perakaran (Pang *et al.* 2000). Organ-organ tanaman padi di atas tanah berinteraksi dengan akar. Saat tanaman padi mengalami tekanan lingkungan maka akar akan bersaing dengan tunas untuk bahan energi (Magnani *et al.* 2000). Studi terbaru menunjukkan bahwa infestasi wereng cokelat mengurangi serapan hara oleh akar padi, padahal hormon untuk pertumbuhan tanaman disintesis oleh akar padi (Wu *et al.* 2003, 2004, Qiu *et al.* 2004).

WERENG COKELAT PENYEBAR PENYAKIT VIRUS PADI

Hama wereng cokelat merusak langsung dengan mengisap cairan tanaman menggunakan alat mulut yang khusus untuk menusuk dan menghisap. Wereng cokelat merupakan vektor virus, sehingga pada saat mencucuk dapat menularkan penyakit virus kerdil rumput (*rice grassy stunt virus* = VKR) dan virus kerdil hampa (*rice ragged stunt virus* = VKH). Di Indonesia sejak 2006 wereng cokelat juga menularkan virus kerdil rumput tipe 2 (VKR-2) yang menyebar di sentra produksi padi di Pulau Jawa, bahkan pada awal 2008 VKR-2 ditemukan di Simalungun, Sumatera Utara. Di lapangan tiga jenis penyakit virus yaitu VKH, VKR, dan VKR-2 dapat ditemukan bersama-sama pada satu tanaman. VKH adalah anggota kelompok *Tenuivirus* dan VKR anggota kelompok *Oryzavirus*, dua virus tersebut dapat memberikan gejala bersama-sama dalam satu tanaman padi atau pada masing-masing tanaman terpisah (Cabauatan *et al.* 2009).

Pada saat stadia vegetatif, serangan VKH menyebabkan daun padi menjadi rombeng, tercabik, koyak, atau bergerigi, terkadang berwarna putih, tumbuh kerdil dengan reduksi tinggi tanaman antara 24-67%, keluar malai diperlambat sampai 10 hari. Keluar malai tidak normal (tidak keluar penuh), dan terjadi distorsi pada daun bendera. Saat pematangan, buah tidak mengisi dan menjadi hampa (Baehaki 2011a).

Usaha pengendalian penyakit VKH di daerah eksplosif penyakit dengan insektisida hanya berhasil bila dilakukan pada saat populasi wereng sangat rendah. Jika dilakukan pada saat ambang ekonomi berdasar musuh alami atau saat ada gejala VKH, pengendalian tidak akan berhasil (Baehaki dan Arifin 2005).

Dari Thailand dilaporkan bahwa wereng cokelat, penyakit VKH dan VKR menyebabkan kehilangan hasil mencapai 60% (Chiengwattana 2010). Di Distrik Bann Nerngroi dan Cai-ngarm Vietnam, populasi wereng cokelat pada stadia anakan rendah, namun infeksi dua virus tersebut mencapai 70-80% (Rattanakarn dan Pattawun 2010).

Selain itu ada penyakit virus *rice black-streaked dwarf virus* (RBSDV) dan *rice stripe virus* (RSV) yang ditularkan oleh SBPH di China dan Vietnam (Heong dan Choi 2009). Laporan Choi (2010) menyebutkan bahwa di Jepang pun terdapat penyakit RBSDV, namun berdasar diagnostik asam nukleat penyakit tersebut disebabkan oleh *Southern rice black-streaked dwarf virus* (SRBSDV) bukan RBSDV. Penyakit SRBSDV sama dengan RBSDV yang telah ditemukan di China Bagian Selatan dan Vietnam Bagian Utara. Penyakit virus padi baru yang juga menyerang tanaman jagung berbeda dari RBSDV, karena setelah diidentifikasi oleh Zhou *et al* (2008) dan Zhang *et al* (2008), virus ini adalah sebagai SRBSDV yang ditularkan oleh wereng punggung putih yang tersebar di Vietnam Utara dan China (Zhou 2010, Wang *et al.* 2010). Virus ini ditemukan secara tak sengaja pada April 2010, saat mendeteksi 12 contoh VKH dari Phu Tho, Thai Binh, Hainam dan Hanoi dari Red River Delta. Dari RT-PCR terdapat tampilan pita yang sangat berbeda yang diketahui sebagai SRBSDV (Van Tuat 2010). Serangan virus ini terjadi di China pada sembilan provinsi seluas 300.000 ha dan seluas 15.000 pada 19 provinsi di Vietnam.

HAMA BERNILAI EKONOMI TINGGI

Serangan wereng cokelat di Indonesia pada tahun 2010 dan 2012 mencapai 137.768 dan 218.060 ha. Dengan rata-rata kehilangan hasil 1-2 ton/ha. Dengan demikian, nilai ekonomi dari jumlah gabah yang hilang mencapai Rp55-1,102 T dan Rp 0,872-1,74 T berturut-turut pada tahun 2010 dan 2011.

Di China kehilangan hasil padi setiap tahunnya mencapai 2 juta ton, bahkan pada musim panas tahun 2005 mencapai 2,77 juta ton dan serangan wereng cokelat berlanjut ke 2008. Untuk mengatasi masalah tersebut, Natural Science Foundation of China (NSFC) membiayai kerja sama antara Zhejiang University (ZU) dan IRRI dalam usaha Comparative Analysis of Ecological Functions Regulating Planthopper Outbreaks in Tropical and Chinese Rice Ecosystems. Biaya yang disediakan adalah 1 juta yuan (~ US\$ 147.000) untuk tiga tahun, mulai dari Januari 2010. Salah satu kerja sama yang mendahuluinya adalah pertukaran tenaga ahli ZU bekerja di IRRI dan sebaliknya tenaga IRRI bekerja di China (Cheng 2009b).

Pada saat terjadi ledakan hama wereng pada tahun 2010, pemerintah Vietnam telah mengeluarkan dana sebesar VND 2,5 billion (~ US\$ 130.000) untuk program bioteknologi selama dua tahun untuk mendukung penelitian penyakit SRBSDV. Di Thailand harga gabah di akhir 2007 US\$ 320/ton kemudian meningkat dan mencapai puncaknya US\$1.015 pada April 2008 dan pada tahun 2011 sekitar US\$520. Tingginya harga gabah tidak

hanya menghela keinginan petani untuk bertani lebih intensif, tetapi juga menghela barang komersial seperti iklan, promosi, dan pemasaran insektisida, bahkan impor insektisida mencapai 1,7 kali lipat (Chaiyawat *et al.* 2011). Usaha Pemerintah Thailand untuk mengendalikan wereng cokelat adalah melalui proyek besar pengendalian dengan mengeluarkan 385 juta Baht (atau US\$ 12,8 juta) untuk perbanyak 15.000 ton benih padi, membangun *giant light traps* di 20 provinsi, 300 unit pusat pengelolaan wereng cokelat (Soitong dan Rattanakarn 2011).

Pada 2009/2010 Pemerintah Thailand merevisi ramalan produksi padi sebesar 16% dari 8,3 juta ton menjadi 7 juta ton. Pemerintah sangat tanggap untuk menghentikan menyebarnya wereng vektor dan penyakit virus kerdil pada area 398.000 rai sekitar 63.680 ha dengan menyediakan dana sebesar 1.156 juta Baht, sekitar US\$ 36 juta. Dana tersebut disediakan untuk kompensasi agar petani memusnahkan tanamannya dan membajak kembali area pertanaman yang telah terserang hama wereng maupun virus kerdil. Kompensasi sekitar 2.280 Baht/rai atau US\$440/ha (1 ha = 6,25 rai) yang cukup memadai bagi petani membayar utang, persiapan lahan, dan pembelian benih untuk tanam ulang (Luecha *et al.* 2010).

Di Indonesia, setelah ledakan hama wereng tahun 2010, baru dikeluarkan Inpres No. 5 tahun 2011 yang salah satu isinya adalah bantuan penanggulangan padi puso (BP3). Setiap petani yang gagal panen diberi bantuan sebesar Rp 3,7 juta/ha yang terdiri atas Rp 2,6 juta untuk pengolahan tanah dan Rp 1,1 juta untuk sarana produksi. Nilai tersebut hampir sama dengan yang diberikan Pemerintah Thailand kepada petaninya yaitu US\$440/ha (Rp 3,96 juta). Bedanya, Thailand berhasil mengeradikasi tanaman padi 63.680 ha sekaligus, sedangkan di Indonesia dilakukan terpisah, sehingga tidak ada keinginan untuk tanam serempak dan gagal.

STRATEGIS PENGENDALIAN WERENG COKELAT

Pengalaman panjang pengendalian wereng cokelat sejak 1975, Indonesia mengintroduksi varietas IR26 (Bph1) yang tahan wereng cokelat biotipe 1 untuk menghadapi ledakan di lapangan. Pada tahun 1980, untuk menghadapi wereng cokelat biotipe 2, diintroduksi varietas IR42 (gen tahan bph2) dari IRRI, namun pada tahun 1981 terjadi ledakan yang hebat di Simalungun, Sumatera Utara, dan beberapa daerah lainnya karena ada perubahan biotipe wereng cokelat dari biotipe 2 ke biotipe 3 (Baehaki 2012a). Untuk menghadapi wereng cokelat biotipe 3 telah diintroduksikan varietas padi IR56 (gen tahan Bph3) pada tahun 1983 dan IR64 (gen tahan Bph1*) pada tahun 1986 (Baehaki 2012a).

Gen yang diberi notasi plus pada varietas IR64 pada saat ini diketahui sebagai Bph1 + 7QTLs (*Quantitative trait loci*). Varietas IR64 mempunyai rasa nasi enak, produksi tinggi, dan tahan wereng cokelat biotipe 3, sehingga petani menjadi tenang bila menanam varietas tersebut. Di lain pihak, varietas IR56 tidak disukai petani, demikian juga varietas IR74 yang mempunyai rasa nasi pera sehingga tidak banyak ditanam petani. Varietas IR74 (gen tahan Bph3) yang diintroduksi pada tahun 1991 sebenarnya untuk mempertinggi keragaman genetik atau pertanaman mosaik sebagai antisipasi wereng cokelat biotipe 3 dan 4. Dengan demikian pengendalian wereng cokelat harus ditempuh melalui dua aspek yaitu kegiatan kelembagaan penelitian dan pengendalian di lapangan.

Kegiatan Kelembagaan Penelitian

1. Perakitan varietas tahan

Setelah mengkaji keganasan wereng cokelat, Balai Besar Penelitian Tanaman Padi (BB Padi) - Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian (Badan Litbang Pertanian) sejak 1980 bekerja keras untuk mendapatkan varietas padi tahan wereng, setelah pertanaman padi Pelita I/1 hancur terserang wereng cokelat biotipe 1. Varietas tahan wereng cokelat dengan gen tahan biotipe 2 dan 3 telah dilepas bersama oleh IRRI dan BB Padi, setelah melalui seleksi ketahanan terhadap wereng cokelat di rumah kaca. Biotipe sulit dibedakan berdasarkan sifat morfologi, bahkan dengan menggunakan random amplified polymorphic DNA (RAPD) technique dengan 10 primer dekamer acak belum menghasilkan pita DNA atau marka RAPD yang dapat membedakan wereng cokelat biotipe 1 dan 2 (Bahagiawati dan Rijzaani 2005). Baehaki (2012b) juga melaporkan bahwa karakterisasi genetik wereng cokelat menggunakan polymerase chain reaction (PCR) dari tujuh asal wereng, yaitu biotipe 1, biotipe 2, biotipe 3, Koloni Klaten Jawa Tengah, Lampung, Simalungun Sumatera Utara, dan Deli Serdang-Sumatera Utara, tidak mampu menunjukkan perbedaan, semua biotipe wereng menampilkan 900 BP (base pairs). Data tersebut menunjukkan bahwa biotipe wereng cokelat tidak dapat dibedakan berdasarkan genotipe dan morfologi, namun dapat dibedakan berdasarkan tingkat keganasan pada varietas diferensial.

Varietas padi introduksi yang telah dilepas diantaranya IR26 (Bph1), IR42 (bph2), IR56 (Bph3), IR64 (Bph1 + 7QTLs), IR72 (Bph3) dan IR74 (Bph3). Varietas padi irigasi yang telah dirakit di BB Padi di antaranya Cisadane, Ciherang, Mekongga, Inpari 1, Inpari 2, Inpari 3, Inpari 4, Inpari 5, Inpari 6, Inpari 7, Inpari 8, Inpari 9, Inpari 10, Inpari 11, Inpari 12, dan Inpari 13. Namun belum satu pun

varietas padi yang dikeluarkan BB Padi yang menyertakan gen penciri tahan dominan Bph atau resesif bph terhadap wereng cokelat. Hal ini akan menyulitkan para entomolog menyusun rekomendasi area distribusi varietas dan yang dapat dilakukan BB Padi adalah pengetatan skrining yang dimulai dengan crash program pada tahun 2006. Lembaga Penelitian Padi International (IRRI) pada saat melepas varietas selalu menyertakan penciri gen tahan terhadap wereng cokelat pada varietas ybs.

Sejak 1995 telah banyak ditemukan gen tahan tunggal terhadap wereng cokelat yaitu Bph-1, bph-2, Bph-3, bph-4, bph-5, Bph-6, bph-7, bph-8, Bph-9, dan Bph-10, dan tahun 2000-an cepat ditemukan bph-11, bph-12, Bph-13, Bph-14, Bph-15, bph-16, Bph-17, Bph-18, dan bph-19 (Jena *et al.* 2006). Pada 2010 ditemukan gen bph25 pada BP31 dan gen Bph26 pada BP35 (IRRI 2011). Gen bph20(t) dan Bph21(t) berada pada satu varietas ADR 52. Gen tahan digenik bph-2 dan Bph-3 pada PTB (IRRI 1978) dan Bph 1+7 QTL pada IR64 (Alam dan Cohen 1998). IR64 merupakan varietas yang konsisten tahan (*durable resistance*) terhadap wereng cokelat (Baehaki 2012b), bahkan varietas ini juga tahan terhadap blas (Quynh dan Bong 1999). Tujuh gen tahan wereng cokelat dari spesies padi liar adalah Bph-10 dari *Oryza australiensis*, bph-11, bph-12, Bph-13, Bph-14, dan Bph-15 dari *O. officinalis*, dan bph-12 dari *O. latifolia* (Renganayaki *et al.* 2002, Ren *et al.* 2004, Yang *et al.* 2004).

Penggunaan varietas tahan merupakan teknik yang paling efektif dan lingkungan ramah untuk mengontrol wereng cokelat (Alagar *et al.* 2007). Hal ini disebabkan varietas tahan akan mengganggu perkembangan dan kelangsungan hidup nymfa serta menghambat oviposisi. BB Padi sejak 2011 telah merakit varietas tahan wereng cokelat dengan memanfaatkan gen tahan Bph3, bph2+Bph3, dan bph25+Bph26.

Interaksi antara tanaman dan serangga sangat kompleks, yang ditunjukkan oleh pemrograman ulang gen pada saat wereng cokelat menyerang tanaman (Kaloshian, 2004). Zhang *et al.* (2004) mendeteksi perubahan tingkat ekspresi gen yang terkait dengan stres abiotik, invasi patogen, dan sinyal phytohormone dalam menanggapi serangan wereng cokelat. Gen yang terlibat dalam makromolekul degradasi dan pertahanan tanaman ditemukan meningkat perannya, sedangkan yang terlibat dalam fotosintesis dan pertumbuhan sel menurun perannya mengikuti infestasi wereng cokelat pada kultivar padi rentan (Yuan *et al.* 2005). Wang *et al.* (2008a) menemukan ekspresi 160 gen unik yang nyata dipengaruhi oleh makan wereng cokelat, di antaranya adalah jasmonic acid (JA) biosynthesis genes (Wang *et al.* 2008b).

2. Pengetatan seleksi galur tahan wereng cokelat

Di BB Padi penggunaan prosedur pengujian ketahanan padi terhadap wereng cokelat mengalami perubahan sejak crash program tahun 2006. Hal ini disebabkan oleh:

- a. Sebelum tahun 2006 banyak galur yang dirakit dengan sumber ketahanan IR64, namun hasil rakitannya telah patah ketahanannya terhadap wereng cokelat mulai tahun 2005.
- b. Skrining ketahanan galur sebelum 2003 menggunakan materi semaian umur 7 hari diinokulasi wereng cokelat instar 2-3 sebanyak lima ekor/batang semaian, sedangkan skrining ketahanan varietas sesudah 2003 menggunakan materi semaian umur 5 hari diinokulasi wereng cokelat instar 2-3 sebanyak delapan ekor/batang semaian (IRRI 2003).
- c. Pelepasan varietas yang mengandalkan skrining massal sangat riskan, karena tidak sedikit varietas yang baru dilepas hanya berumur satu musim sudah patah ketahanannya terhadap wereng cokelat di lapangan. Hal ini disebabkan oleh produk skrining massal masih awal dan kasar.
- d. Solusi penetapan ketahanan varietas terhadap wereng cokelat sebagai dasar pelepasan varietas mengikuti lima tahap berikut:
 - Skrining massal merupakan uji *choise feeding* yang menyeleksi sampai paling sedikit 200 galur untuk setiap angkatan skrining.
 - Uji penapisan (*filtering galur tahan = filtering line resistance*, masih merupakan *choise feeding*), yaitu menyaring kembali galur-galur yang sudah tahan hasil skrining massal.
 - Hasil seleksi galur-galur tahan dari uji penapisan dilanjutkan dengan uji *population build up* atau *no choise feeding*, yaitu menguji galur tahan wereng cokelat pada tahap uji penapisan.
 - Data uji *population build up* harus dianalisis untuk menentukan stabilitas galur berdasar karakterisasi mekanisme ketahanan antibiosis dan toleran wereng cokelat.
 - Galur-galur yang telah diketahui mekanisme ketahanannya, diuji di lapangan untuk melihat ketahanan dan kemampuan berkembangnya wereng cokelat pada galur uji.

Penerapan metode di atas, dari 610 galur padi hanya didapat 18 galur yang tahan wereng cokelat pada skrining massal, dan hanya empat galur yang tahan setelah uji penapisan. Pada uji *population build up* dari empat galur tahan tersebut hanya tiga galur tahan yang dapat direkomendasikan untuk dilepas atau sebagai tetua donor gen (Baehaki dan Munawar 2013).

3. Zat penghambat wereng cokelat mengisap cairan tanaman padi

Asam oksalat, maleat, dan trans-akotinic sebesar 0,1% dapat menghambat wereng cokelat mengisap cairan tanaman, sedangkan asam sitrat, malat, dan suksinat tidak dapat menghambat hisapan cairan tanaman oleh wereng cokelat (Yoshihara 1980).

Data proteomik (protein genom) menunjukkan bahwa mekanisme makan wereng cokelat disertai dengan bermacam tekanan seperti melukai, stres oksidatif, patogenesis dan sifat herbivora serangga. Saat serangga makan, pengembangan pertahanan dasar yang kuat terjadi pada galur rentan dibandingkan dengan galur tahan. Ekspresi protein jasmonic acid (JA) sintesis, protein stres oksidatif, Gns1 (glucanase 1), protein kinase dan clathrin dengan rantai protein yang berat meningkat pada kedua galur rentan maupun tahan, tetapi tingkat ekspresi yang lebih tinggi terlihat pada galur rentan setelah diberi perlakuan wereng cokelat (Wei *et al.* 2009).

Ekspresi Gns5 tetap tidak berubah dan glycine cleavage H-protein diatur meningkat hanya pada galur tahan. Perbedaan ini mungkin disebabkan oleh perbedaan tingkat kerusakan yang ditimbulkan pada galur rentan dan tahan, serta perbedaan dalam genotipe antara keduanya. Galur tahan membawa gen resistensi Bph15 mungkin menggunakan mekanisme pertahanan yang berbeda, yang melibatkan Gns5 dan sistem glycine cleavage H-protein (Wei *et al.* 2009). Uraian di atas memberikan petunjuk bagaimana seharusnya pemulia tanaman menyikapi perakitan varietas yang tahan wereng cokelat, sehingga dalam perakitan varietas harus didasari kesesuaian gen ketahanannya.

Kegiatan Pengendalian Wereng Cokelat di Lapangan

1. Rekayasa ekologi dengan pupuk organik sebagai pengkayaan predator

Produksi padi pada tahun 1990-an sejak dikampanyekan PHT Nasional terus meningkat, dan mencapai plateau (*leveling off*) pada 2004, 2005, dan 2006, pada angka 53-54 juta ton. Pada 2007 dilaksanakan program Peningkatan Produksi Beras Nasional (P2BN) untuk meningkatkan produksi beras 5% (2 juta ton) dengan meluncurkan Sekolah Lapang Pengelolaan Tanaman Terpadu (SL-PTT) di 60.000 unit yang meliputi area 1,5 juta ha (setiap unit 25 ha) dan setelah dievaluasi pada tahun 2008 dan 2009 ternyata target produksi tersebut dapat dicapai. Produksi padi nasional pada tahun 2007, 2008, 2009 berturut-turut mencapai 57.157.440, 60.325.930, dan 64.398.890 ton. Ditjen Tanaman Pangan

menyebut peningkatan produksi 5% disebabkan oleh SL-PTT, sehingga diadakan Jambore Nasional SL-PTT di Donohudan, Solo, Jawa Tengah sebagai apresiasi terhadap petani. Mengikuti sukses pada tahun 2009, maka Program SL-PTT 2010 dilanjutkan pada 80.000 unit yang meliputi area sawah 2 juta ha. Pada tahun 2011 SL-PTT mencapai 100.000 unit yang meliputi 2,5 juta ha untuk mencapai target produksi 70,6 juta ton gabah kering giling.

Dalam SL-PTT dipersyaratkan penggunaan pupuk organik 2 t/ha. Pupuk organik dapat menggunakan jerami lapuk, tinja sapi dari sistem integrasi padi-ternak (SIPT), tinja domba, dan bahan lainnya untuk perkembangan lalat Ephytrid, Colembola dan Chironomid. Tiga kelompok serangga netral dan pemakan sisa bahan organik (detritus) dapat berkembang pada bahan organik (Settle *et al.* 1996). Bahan organik memperkaya populasi musuh alami Ephytrid, Colembola, dan Chironomid untuk makanan laba-laba sebagai musuh alami yang berguna menekan hama. Pengayaan musuh alami yang paling menonjol adalah pada jarak tanam jajar legowo 2:1 dengan sisipan + pupuk dari SIPT dan legowo 4:1 dengan sisipan + pupuk dari SIPT (Baehaki *et al.* 2012). Kondisi lingkungan pertanian dengan mengedepankan kinerja musuh alami disebut rekayasa ekologi (*Ecological engineering*). Salah satu tujuan dari rekayasa ekologi adalah kesehatan ekosistem menuju pertanian berkelanjutan (Costanza 2012).

2. Rekayasa ekologi dengan bunga untuk pengkayaan parasitoid

Peningkatan biodiversitas lokal sebagai pemulihan biodiversitas (*restored biodiversity*) dan pelayanan ekosistem dengan mengembangkan tanaman bunga di sekitar tanaman padi telah dilakukan di Indonesia dengan memperkenalkan sistem integrasi palawija pada tanaman padi (SIPALAPA) pada tahun 2002, yaitu menanam kedelai, jagung, dan sayuran seperti sawi dan kacang panjang di pematang (Baehaki 2011a). Hal demikian juga dilakukan di Vietnam, dengan tanaman bunga (Huan and Chien, 2010). Tanaman bunga yang ditanam adalah yang mengandung nektar sebagai makanan parasitoid seperti *Wedelia chinensis*, *Helianthus sp*, *Lantana camara*, *Crotalaria*, okra atau wijen *Sesamum indicum* yang ditanam di pematang sawah.

3. Lampu perangkap hama (*light traps*)

Lampu perangkap sangat penting untuk mendeteksi wereng makroptera betina/jantan imigran yang pertama kali datang di pesemaian atau pertanaman. Alat ini penting untuk mengetahui kehadiran wereng imigran dan dapat menangkap wereng dalam jumlah besar. BB Padi telah menyalurkan lampu perangkap elektrik BSE-G3 sebanyak 26 unit untuk berbagai Kebun Penelitian Jawa dan Bali.

BB Padi juga merakit Static Solar Cell dan merancang satu buah lampu perangkap Moving Solar Cell yang keduanya telah diajukan untuk hak paten dan telah dilisensikan.

Pada saat ini lampu perangkap menjadi andalan komunikasi antarnegara di Asia untukantisipasi bila ada migrasi (Baehaki 2012b). Fungsi lampu perangkap yang telah secara intensif dilaksanakan BB Padi merupakan monitoing dini terhadap jenis dan jumlah hama imigran yang datang di pertanaman untuk menentukan nilai ambang ekonomi; bila pada lampu perangkap terdapat lebih dari 50 ekor wereng cokelat/malam, maka harus segera diadakan pengendalian. Bila pada lampu perangkap tertangkap kurang dari 50 ekor wereng cokelat/malam, perlu segera diadakan pengamatan pada pertanaman. Bila didapat tiga ekor wereng cokelat/rumpun pada tanaman padi berumur <40 HST atau lima ekor wereng cokelat/rumpun pada tanaman padi berumur >40 HST maka harus segera diadakan pengendalian.

Lampu perangkap dapat mereduksi populasi hama imigran atau hama emigran. Seperti halnya pada bulan Januari-Juli tahun 2012 di Kebun Sukamandi diperoleh tangkapan penggerek padi kuning, wereng cokelat, dan lembing batu berturut-turut mencapai 66.595, 3.341, dan 3.430.811 ekor. Pengamatan lampu perangkap harus dilakukan setiap hari untuk mengetahui puncak tangkapan. Penetapan waktu pesemaian dan pertanaman hendaknya dilakukan 15 hari setelah puncak imigran. Bila datangnya wereng terdiri dari generasi yang tumpang tindih, maka akan terjadi pertumbuhan populasi bimodal (dua puncak). Oleh karena itu, pesemaian dan waktu tanam hendaknya dilakukan 15 hari setelah puncak tangkapan hama kedua.

4. Monitoring penuntasan pengendalian wereng Cokelat Generasi 1

Seorang pengamat hama perlu menentukan puncak populasi imigrasi awal sebagai generasi nol (G0); pada 25-30 hari kemudian migran I akan menjadi imago wereng cokelat generasi ke-1, pada 25-30 hari kemudian akan menjadi imago wereng cokelat generasi ke-2, pada 25-30 hari kemudian akan menjadi imago wereng cokelat generasi ke-3. Setelah generasi ke-3 hama wereng cokelat menyerang secara berat tanaman padi dan populasinya akan menurun karena persediaan makanan telah rusak. Hal ini dijelaskan Win *et al* (2011) bahwa analisis tabel kehidupan menunjukkan bahwa kepadatan wereng cokelat menurun secara bertahap. Untuk mengatasi tidak terjadi ledakan hama diperlukan pengendalian tuntas pada generasi ke-1 atau paling lambat harus tuntas pada generasi ke-2. Bila dilakukan pada generasi ke-3 dapat dipastikan pengendalian tidak akan berhasil (Baehaki 2011c).

5. Pengamatan wereng cokelat di pertanaman dan pengendalian berdasar musuh alami

Pengamatan atau monitoring wereng cokelat dilakukan setiap 1-2 minggu sekali untuk memantau jumlah wereng cokelat, musuh alami laba-laba, *Paederus*, *Ophionea*, *Coccinella* dan *Cyrtorhinus* pada minggu ke-i. Tindakan pengendalian wereng cokelat ditentukan oleh kepada keberadaan musuh alami dan taksiran harga gabah saat panen. Pengendalian wereng cokelat secara rinci telah dijelaskan pada Strategi Fundamental Pengendalian Hama Wereng Batang Cokelat dalam Pengamanan Produksi Padi Nasional (Baehaki 2011c).

6. Tanam serempak

Teknologi pengendalian wereng cokelat sudah berkembang, namun penerapan di lapangan, banyak yang tidak berhasil, karena melupakan sosial kemasyarakatan, di antaranya tidak ada kesepakatan waktu tanam. Teknik pengendalian wereng cokelat terbaru yang harus diterapkan adalah menerapkan tiga strategi pengendalian (*triangle strategies*), yaitu strategi sosial (sosiologi), strategi teknologi (SOP pengendalian wereng cokelat), dan strategi kebijakan pemerintah yang telah diuraikan dalam pengendalian Penyakit Dalam Rangka Swasembada Pangan Berkelanjutan (Baehaki 2013).

KESIMPULAN

1. Wereng cokelat merupakan hama global yang tersebar luas dan menyerang pertanaman padi di wilayah Palaeartik, Oriental, dan Australian. Serangan hama ini merintangi peningkatan produksi padi karena wereng cokelat selalu ada setiap tahun, akibat tanam tidak serempak, terutama di daerah endemik yang sering terjadi ledakan.
2. Hama wereng cokelat di samping merusak langsung dengan mengisap cairan sel tanaman dengan alat mulut yang khusus untuk menusuk dan menghisap, juga sebagai vektor penularan penyakit virus kerdil hampa, virus kerdil rumput tipe I, virus kerdil rumput tipe II.
3. Strategi pengendalian wereng cokelat di setiap negara berbeda, berdasarkan sosial-budaya petani padi, biotipe hama dan penyakit ikutan yang menyertai wereng cokelat, sedangkan Indonesia sendiri mengeluarkan Inpres No. 5 tahun 2011 yang salah satu isinya adalah bantuan penanggulangan padi puso (BP3).
4. Usaha strategis pengendalian wereng cokelat yang dilakukan pemerintah Indonesia meliputi penelitian pembentukan varietas padi tahan wereng, program

aksi tanam padi serempak berdasar *triangle strategy*, pemakaian lampu perangkap sebagai alat monitoring dan reduksi populasi hama dinilai sudah tepat.

5. Pengendalian wereng cokelat dapat dilakukan berdasarkan tangkapan lampu perangkap atau berdasarkan monitoring di pertanaman. Penggunaan insektisida harus diimplementasikan pada saat populasi wereng cokelat mencapai ambang ekonomi terbaru, dan harga gabah saat panen. Pengendalian dengan *triangle strategies* (sosial, teknologi, dan kebijakan pemerintah) perlu diterapkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alam, S.N. and M.B. Cohen. 1998. Detection and analysis of QTLs for resistance to the brown planthopper, *Nilaparvata lugens*, in a double haploid rice population. *Theor. Appl. Genet.* 97:1370-1379.
- Alagar, M., S. Suresh, R. Samiyappan, D. Saravanakumar. 2007. Reaction of resistant and susceptible rice genotypes against brown planthopper (*Nilaparvata lugens*). *Phytoparasitica* 35: 346-356.
- Baehaki, S.E., H.M. Toha, dan A. Rifki. 2001. Identifikasi biotipe wereng cokelat dan kerusakan padi pada tanaman tumpangsari di lahan padi gogo. Implementasi Kebijakan Strategis untuk Peningkatan Produksi Padi Berwawasan Agribisnis dan Lingkungan. Puslitbangtan-Balitpa. p.149-154.
- Baehaki, S.E. 2004. Case histories of pests control in Indonesia. Paper presented on Workshop: Ecological methods in agro-biodiversity and pest management research held in IRRI, Philippines on 30 August – 3 September 2004.
- Baehaki, S.E. dan A. Kartohardjono. 2005. Penilaian penurunan hasil berdasar skor kerusakan akibat wereng cokelat dan wereng punggung putih. *Prosiding Seminar Nasional dan Kongres Biologi XIII*. Yogyakarta. p.351-357.
- Baehaki, S.E. 2011a. Pengelolaan wereng cokelat sebagai hama dan vektor penyakit kerdil hampa dan kerdil rumput. *Seminar Nasional Pengendalian Tungro dan Hama Utama Padi Lainnya Mendukung Swasembada Padi Berkelanjutan*. Pros. Sem. Nas. Pengendalian Tungro dan Hama Utama Padi Lainnya Mendukung Swasembada Padi Berkelanjutan. Puslitbangtan. p.48-68.
- Baehaki, S.E. 2011b. Perubahan pengendalian hama terpadu (PHT) konvensional menuju PHT biointensif. *Pros. Sem. Nas. Inovasi Teknologi Berbasis Ketahanan Pangan Berkelanjutan*. Puslitbangtan. Buku 2. p.203-214.

- Baehaki, S.E. 2011c. Strategi fundamental pengendalian hama wereng batang cokelat dalam pengamanan produksi padi nasional. Pengembangan Inovasi Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian 4(1):63-75.
- Baehaki, S.E., D. Munawar, dan E. Kiswanto. 2012. Pengaruh pola tanam dan pupuk organik terhadap perkembangan wereng cokelat dan pengkayaan musuh alami. Seminar Hasil Penelitian BB padi, 10-11 Agustus 2012. 16p.
- Baehaki, S.E. 2012a. Perkembangan biotipe hama wereng cokelat pada tanaman padi. Buletin Iptek Tanaman Pangan 7(1): 8-17.
- Baehaki, S.E. 2012b. Perkembangan biotipe hama wereng cokelat pada tanaman padi. Buletin Iptek Tanaman Pangan 7(1):8-17.
- Baehaki, S.E. 2012c. Hama penggerek batang padi dan pengendaliannya. Buletin Iptek Tanaman Pangan 8(1):1-14.
- Baehaki, S.E. 2013. Budi daya tanam padi berjamaah suatu upaya meredam ledakan hama dan penyakit dalam rangka swasembada pangan berkelanjutan. Badan Litbang Pertanian, p.230.
- Baehaki, S.E. dan D. Munawar. 2013. Uji ketahanan galur padi terhadap wereng cokelat biotipe 3 melalui *population build-up*. Jurnal Entomologi Indonesia 10(1):7-17.
- Bahagiawati dan H. Rijzaani. 2005. Pengelompokan biotipe wereng cokelat berdasarkan hasil PCR-RAPD. *Hayati*, Maret 2005, 12(1): 1-6.
- Bao YX, J.Y. Cheng, X.N. Cheng, C.S. Chu & T.L. Shen. 2000. Dynamical and numerical simulations on the processes of *Nilaparvata lugens* long-distance migration northward during the midsummer in China. *Acta Entomologica Sinica* 43: 176-183 (in Chinese with English summary).
- Bentur. J.S. 2009. Rice planthopper outbreaks in India in 2009. <http://ricehoppers.net/2009/11/05/rice-planthopper-outbreaks-in-india-in-2009/>
- Catindig, J.L.A, G.S. Arida, S.E. Baehaki, J.S. Bentur, L.Q. Cuong, M. Norowi, W. Rattanakarn, W. Sriratanasak, J. Xia, and Z. Lu. 2009. Situation of Planthoppers in Asia. In K.. Heong and B Hardy, Proc. Planthopper-New Threat to the Sustainability on Intensive Rice Production System in Asia. International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines. p191-220.
- Catindig J, S. Villareal, and R. Saltin. 2010. Planthopper Outbreaks in Iloilo, Philippines. <http://ricehoppers.net>.
- Cabauatan. P.Q, R.C. Cabunagan, and I.R. Choi. 2009. Rice viruses transmitted by the brown planthopper *Nilaparvata lugens* Stal. In K.. Heong and B Hardy, Proc. Planthopper-New Threat to the Sustainability on Intensive Rice Production System in Asia. International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines. p357-368.
- Choi . I.R.. 2010. New Virus Disease Found in Japan. International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines <http://ricehoppers.net/2010/09/new-virus-disease-found-in-japan/>
- Chaiyawat P, C. Channo, W. Sriratanasak, 2011. BPH Continues to Threaten Thai Rice Farmers – Heavy Losses Expected. [Ricehoppers.net/2011](http://ricehoppers.net/2011)
- Cheng. J. 2009a. Rice planthopper problem and relevant causes in China. In K. Heong and B Hardy, Proc. Planthopper-New Threat to the Sustainability on Intensive Rice Production System in Asia. International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines. p157-176
- Cheng. J. 2009b. China's Natural Science Foundation (NSFC) Supports Planthopper Research. <http://ricehoppers.net/2009/09/04/china%e2%80%99s-natural-science-foundation-nsfc-supports-planthopper-research/>
- Chiengwattana N. 2010. BPH and virus diseases spread to Chainat and Suphan Buri provinces <http://ricehoppers.net/reports-from-the-field/bph-and-virus-diseases-spread-to-chainatand-suphan-buri-provinces/>
- Rattanakarn W and P. Pattawun. 2010. Ragged stunt and grassy stunt virus infections in the northern provinces of Central Thailand. <http://ricehoppers.net/2010/01/10/ragged-stunt-and-grassy-stunt-virus-infections-in-the-provinces-of-northern-provinces-of-central-thailand/>
- Costanza, R. 2012. Ecosystem health and ecological engineering. *Ecol. Eng.* 45: 24-29.
- Domingo O, A. Buenaflor, Fe de la Pena dan M.J. Regalado. 2010. Planthopper Outbreaks in the Philippines. [Ricehoppers.net/2010](http://ricehoppers.net/2010).
- Galolo. A.R.V, M. A.J. Torres and C. G. Demayo. 2011. Paramere morphology of two color morphs of the brown planthopper *Nilaparvata lugens* (Stål) (Homoptera: Delphacidae). 2011 2nd International Conference on Environmental Science and Technology IPCBEE vol.6 (2011) © (2011) IACSIT Press, Singapore. p370-374.
- Hamid. M.N. 2010. Hopperburn in Malaysia's rice bowl. <http://ricehoppers.net/reports-from-the-field/hopperburn-in-malaysia%e2%80%99s-rice-bowl/>

- Heong. K.L dan I.R. Choi. 2009. Consortium set up to address new virus problem. <http://ricehoppers.net/2009/12/08/consortium-set-up-to-address-new-virus-problem/>
- Huan. N. H and H. V. Chien. 2010. Ecological Engineering Gets National Attention in Vietnam. <http://ricehopper.net/2010>.
- Islam. Z and S. S. Haque. 2009. Rice planthopper outbreaks in Bangladesh. <http://ricehoppers.net/2009/08/20/rice-planthopper-outbreaks-in-bangladesh/>
- IRRI. 1978. Annual Report for 1977. International Rice Research Institute, Los Banos, Laguna, Philippines.
- IRRI, 2003. The Twenty-Fourth International Rice Brown Planthopper Nursery (IRBPHN-2003). IRRI. Los Banos, Laguna, Philippines. 28p.
- IRRI. 2011. Protocol evaluation of standard differentials against brown and white-backed planthopper. International Rice Research Institute, Los Banos, Laguna, Philippines. 17p.
- Jena.K.K, J.U. Jeung, J.H. Lee, H.C. Choi, and D.S. Brar. 2006. High-resolution mapping of a new brown planthopper (BPH) resistance gene, Bph 18(t), and marker-assisted selection for BPH resistance in rice (*Oryza sativa* L.). *Theor. Appl. Gene.* No. 112, p288-297.
- Kaloshian, I. 2004. Gene-for-gene disease resistance: bridging insect pest and pathogen defense. *J. Chem. Ecol.* 30, 2419–2438.
- Liu. J. L, J. F. Yu, J. C. Wu, J. L. Yin, And H. N. Gu. 2008. Physiological Responses to *Nilaparvata lugens* in Susceptible and Resistant Rice Varieties: Allocation of Assimilates Between Shoots and Roots. *J. Econ. Entomol.* Vol. 101, No. 2. p384-390.
- Luecha M, P. Chomun , K.L. Heong. 2010. Farmers suffered heavy financial losses from BPH attacks. <http://ricehoppers.net/2010/03/20/farmers-suffered-heavy-financial-losses-from-bphattacks/>
- Magnani, F., M. Mencuccini, and J. Grace. 2000. Age-related decline in stand productivity: the role of structural acclimation under hydraulic constraints. *Plant Cell Environ.* 23: 251-263.
- Myint M dan K.L. Heong. 2010. BPH Outbreaks Occurred in Myanmar in 2009 and 2010. IPM Team Leader, International Development Enterprise, Yangon, Myanmar and International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines. [Ricehoppers.net/2010](http://ricehoppers.net/2010)
- Otuka *et al.* 2006).
- Otuka A, T. Watanabe , Y. Suzuki, M. Matsumura, A. Furuno & M. Chino. 2005. Real-time prediction system for migration of rice planthoppers *Sogatella furcifera* (Horvath) and *Nilaparvata lugens* (Stål) (Homoptera: Delphacidae). *Applied Entomology and Zoology* 40: 221-229.
- Pang, X., C. J. Li, and F. S. Zhang. 2000. Effect of partial-root supply of P nutrient on the growth and assimilate distribution of wheat seedlings. *Acta Agron. Sin.* 26: 719-724.
- Qiu, H. M., J. C. Wu, G. Q. Yang, B. Dong, and D. H. Li. 2004. Changes in the uptake function of the rice root to nitrogen, phosphorus and potassium under brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stål) (Homoptera: Delphacidae) and pesticide stresses, and effect of pesticides on ricegrain filling in field. *Crop Prot.* 23: 1041-1048.
- Quynh, L.V and Bong, BB. 1999. Study on durable resistance of rice varieties to blast disease in the Mekong delta of Vietnam. *Omonrice* 7: 9-14.
- Renganayaki K, A.K. Friz, S. Sadasivam, S. Pammi, S.E. Harrington, S.R. McCouch, S.M. Kumar, A.S. Reddy. 2002. Mapping and progress toward map-based cloning of brown planthopper biotype 4 resistance gene introgressed from *Oryza officinalis* in to cultivated rice *Oryza sativa*. *Crop Sci* 42:2112-2117.
- Ren. X, Q.M. Weng, L.L. Zhu, G.C. He. 2004. Dynamic mapping of quantitative trait loci for resistance to brown planthopper in rice. *Cereal Res. Commun.* 32:31-38.
- Settle. W.H, H. Ariawan, E.T. Astuti, W. Cahyana, A.L. Hakim, D. Hindayana, A.S. Lestari, P. Ningsih, dan Sartanto. 1996. Managing tropical Rice Pests Through Conservation of Generalist Natural Enemies and Alternative prey. *Ecology*, 77(7), pp1975-1988.
- Soitong K dan W. Rattanakarn . 2011. BPH on National TV – Thai Cabinet Approves New Project for Sustainable BPH Management. <http://ricehoppers.net/2011>
- Soitong K, W. Sriratanasak, and W. Rattanakarn. 2011. Thai Rice Farmers Facing BPH Outbreaks Again – Commercial Outlets Infested by Pest Storms. <http://ricehoppers.net/2011>
- Van Tuat. N. 2010. Vietnam Government Funds Research on New Virus Disease. <http://ricehoppers.net/2010>
- Wada. T, K. Ito, A. Takahashi and J. Tang. 2007. Variation of pre-ovipositional period in the brown planthopper, *Nilaparvata lugens*, collected in tropical, subtropical and temperate Asia. *J. Appl. Entomol.* 131(9-10), 698-703.
- Wada T, K. Ito, A. Takahashi, and J. Tang. 2009. Starvation tolerance of macropter brown planthopper, *Nilaparvata lugens*, from temperate, subtropical, and

- tropical populations in East and South-East Asia. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 130: 73-80.
- Wang Y. Y, X. L Wang, H. Yuan and R. Z. Chen, 2008a. Responses of two contrasting genotypes of rice to brown planthopper. *Mol. Plant Microbe Interact.* 21, 122-132.
- Wang, R, W. B. Shen, L. L. Liu and L. Jiang, 2008b. A novel lipoxygenase gene from developing rice seeds confers dual position specificity and responds to wounding and insect attack. *Plant Mol. Biol.* 66, 401-414.
- Wang, Q, J. Yang, G.H. Zhou, H.M. Zhang, J.P. Chen, M.J. Adams. 2010. The complete genome sequence of two isolates of Southern rice black-streaked dwarf virus, a new member of the genus Fijivirus. *J. Phytopathol.* p 1-5.
- Watanabe, T, M. Matsumura, A. Otuko. 2009. Resent occurrence of long distance migratory planthopper and factors causing outbreaks in Japan. *Situation Of Planthoppers In Asia. Planthoppers: new threat to the sustainability of intensive rice production System in Asia.* IRRI. p179-189.
- Watanabe, T., and H. Kitagawa. 2000. Photosynthesis and translocation of assimilates in rice plants following phloem feeding by the planthopper *Nilaparvata lugens* (Homoptera: Delphacidae). *J. Econ. Entomol.* 93: 1192-1198.
- Wei Z, W. Hu¹, Q. Lin, X. Cheng, M. Tong, L. Zhu, R. Chen and G. He. 2009) Understanding rice plant resistance to the Brown Planthopper (*Nilaparvata lugens*): A proteomic approach. *Proteomics.* 9, 2798-2808.
- Win. S.S., R. Muhamad, Z. A. M. Ahmad and N. A. Adam. 2011. Life Table and Population Parameters of *Nilaparvata lugens* Stal. (Homoptera: Delphacidae) on Rice. *Tropical Life Sciences Research*, 22(1), 25-35, 2011.
- Wu. J. C, H. M. Qiu, G. Q. Yang, B. Dong, and H. N. Gu. 2003. Nutrient Uptake of Rice Roots in Response to Infestation of *Nilaparvata lugens* (Stål) (Homoptera: Delphacidae). *J. Econ. Entomol.* 96(6): p1798-1804.
- Wu, J. C., Z. H. Qiu, J. L. Ying, B. Dong, and H. N. Gu. 2004. Changes of zeatin riboside content in rice plants due to infestation by *Nilaparvata lugens* (Homoptera: Delphacidae). *J. Econ. Entomol.* 97: 1917-1922.
- Yang, J. C., S. B. Peng, R. M. Visperas, A. L. Sanico, Q. S. Zhu, and S. L. Gu. 2000. Grain filling pattern and cytokinin content in the grains and roots of rice plants. *Plant Growth Regul.* 30: 261-270.
- Yang, J. C., S. B. Peng, S. L. Gu, R. M. Visperas, and Q. S. Zhu. 2001. Changes in zeatin and zeatin riboside content in rice grains and roots during grain filling and the relationship to grain plumpness. *Acta Agron. Sin.* 27: 35-42.
- Yang, J. C., J. H. Zhang, Z. Q. Wang, Q. S. Zhu, and L. J. Liu. 2002. Abscisic acid and cytokinins in the root exudates and leaves and their relationship to senescence and remobilization of carbon reserves in rice subjected to water stress during grain filling. *Planta* 215: 645-652.
- Yang H.Y, AQ You, Z.F. Yang, F. Zhang, R.F. He, L.L. Zhu, and G.G. He. 2004. High resolution genetic mapping at the Bph15 locus for brown planthopper resistance in rice (*Oryza sativa* L.). *Theor. Appl. Genet.* 110:182-191.
- Yoshihara, Y, Sogawa K, M.D. Pathak, B.O. Jiliano, and S. Sakamura. 1980. Oxalic acid as a sucking inhibitor of the brown planthopper in rice (Delphacidae, Homoptera). *Ent. Exp. & App.* 27: 149-155.
- Yuan, H., X. Chen, L. Zhu, G. He. 2005. Identification of genes responsive to brown planthopper *Nilaparvata lugens* Sta^o I (Homoptera: Delphacidae) feeding in rice. *Planta.* 221, 105-112.
- Zhang, F., L. Zhu, G. He. 2004. Differential gene expression in response to brown planthopper feeding in rice. *J. Plant Physiol.* 161, 53-62.
- Zhang H.M. J. Yang, J.P. Chen and M.J. Adams. 2008. A black-streaked dwarf disease on rice in China is caused by a novel fijivirus. *Arch Virol* 153, 1893-1898.
- Zhou. G. H. 2010. New Rice Virus Disease Spreading in China. <http://Ricehoppers.net/> 2010/05/southern-rice-black-streak-dwarf
- Zhou, G.H, J.J. Wen, D.J Cai, P.Li, D.L. Xu and S.G. Zhang. 2008. Southern rice black-streaked dwarf virus: A new proposed Fijivirus species in the family Reoviridae. *Chinese Science Bull.* 53 (23): 3677-3685.