

Perkembangan Biotipe Hama Wereng Coklat pada Tanaman Padi

Baehaki S.E.

Balai Besar Penelitian Tanaman Padi
 Jl. Raya No. 9 Sukamandi, Subang 14256, Jawa Barat
 Email: baehakise@yahoo.co.id

Naskah diterima 23 April 2012 dan disetujui diterbitkan 4 Juni 2012

ABSTRACT

Changing of Brown Planthopper Biotype on Rice Crop. The Brown planthopper (BPH) had attacked rice in Darmaga-Bogor since 1939, followed attacks in Yogyakarta and Mojokerto in 1940. In 1967, Indonesian government introduced high yielding rice varieties IR5 and IR8 with no resistance gene against BPH. In 1971 the explosion of BPH occurred, because the BPH produced biotype 1. In 1975, to overcome the BPH biotype 1 outbreak, variety IR26 carrying resistant genes *Bph1* was introduced, but in 1976 again an outbreak of BPH occurred due to the BPH population had changed from biotype 1 to biotype 2. In 1980, to overcome the BPH biotype 2 rice variety IR42 (with resistant genes *bph2*) was introduced from IRRRI, but in 1981 the outbreak occurred in Simalungun, North Sumatra and some other areas, because the BPH population had changed from biotype 2 to biotype 3. To overcome the BPH biotype 3 rice variety IR56 (*Bph3* resistance gene) had been introduced in 1983 and rice variety IR64 carrying resistant genes *Bph1⁺* in 1986. In 1991 seed of variety IR74 carrying resistant genes *Bph3* was distributed. In 2006, resistance gene for BPH population in IR64 had broken down, due to BPH population had changed to biotype 4. The stability of BPH biotype 0 had survived for 41 years before becoming BPH biotype 1. Changes of BPH biotype 1 to BPH biotype 2 took just four years, and changes of BPH biotype 2 to BPH biotype 3 required of only 5 years. Stability of BPH biotype 3 was the longest, from 1981 up to 2005, or about 24 years, of which the BPH population stable in biotype 3. The occurrence of BPH biotype 3 was quite long times, due to the double genes resistant on variety IR64 (*Bph1⁺*) which resulted in a sustainable, durable resistance, acting as a buffer against the changes in BPH to more higher order of biotype. To stabilize the state of BPH biotype, various strategies are recommended, including varietal rotations and growing many varieties in one area to prevent a directional selection against new BPH biotype. Growing variety containing resistance gene to higher order of BPH is also prohibited.

Key words: Brown planthopper biotype, genes resistance, rice varieties

ABSTRAK

Wereng coklat sudah menyerang tanaman padi di Darmaga, Bogor, pada tahun 1939, kemudian di Yogyakarta dan Mojokerto tahun 1940. Dalam upaya peningkatan produksi padi nasional, pemerintah pada tahun 1967 mengintroduksi varietas unggul IR5 dan IR8 yang tidak mempunyai gen ketahanan terhadap wereng coklat. Pada tahun 1971, timbul ledakan wereng coklat biotipe 1. Pada tahun 1975 diintroduksi varietas IR26 (gen tahan *Bph1*) dari IRRRI, namun pada tahun 1976 terjadi ledakan yang hebat di beberapa sentra produksi padi karena terjadi perubahan populasi wereng coklat dari biotipe 1 ke biotipe 2. Pada tahun 1980, untuk menghadapi wereng biotipe 2 diintroduksi varietas IR42 (gen tahan *bph2*) dari IRRRI, namun pada tahun 1981 terjadi ledakan yang hebat di Simalungun, Sumatera Utara, dan beberapa daerah lainnya karena adanya perubahan populasi wereng coklat dari biotipe 2 ke biotipe 3. Untuk menghadapi wereng coklat biotipe 3 telah diintroduksikan varietas padi IR56 (gen tahan *Bph3*) pada 1983 dan IR64 (gen tahan *Bph1⁺*) pada tahun 1986, dan pada tahun 1991 diintroduksi varietas IR74 (gen tahan *Bph3*). Pada tahun 2006, gen ketahanan IR64 patah karena populasi wereng coklat berubah ke biotipe 4. Kestabilan wereng coklat biotipe nol bertahan selama 41 tahun sebelum menjadi wereng coklat biotipe 1. Perubahan wereng coklat biotipe 1 ke biotipe 2 hanya dalam waktu 4 tahun, dan perubahan wereng coklat biotipe 2 ke biotipe 3 dalam kurun waktu 5 tahun. Sampai tahun 2005 (24 tahun) wereng coklat masih didominasi oleh biotipe 3, dan pada tahun 2006 mulai berkembang wereng coklat biotipe 4. Keberadaan wereng coklat biotipe 3 yang cukup lama disebabkan oleh berkembangnya varietas IR64 (*Bph1⁺*) dalam kurun waktu yang lama. IR64 merupakan varietas tahan lestari (*durable resistance*) yang mampu menahan perubahan wereng coklat ke biotipe yang lebih tinggi, selain tidak berkembangnya varietas IR74 (*Bph3*) yang akan menyulut

terbentuknya biotipe baru. Untuk menghambat perubahan biotipe wereng coklat diperlukan pengendalian dengan pergiliran varietas yang berbeda ketahanannya untuk menunda seleksi terarah, pertanaman mosaik varietas, dan menghindari menanam varietas dengan genotipe yang lebih tinggi dari biotipe yang ada di lapangan.

Kata kunci: Biotipe wereng coklat, gen ketahanan, varietas padi

PENDAHULUAN

Serangan hama wereng coklat pada tanaman padi di Indonesia diketahui sejak 1939 di Darmaga, Bogor, kemudian di Yogyakarta dan Mojokerto pada tahun 1940 (Kalshoven 1950). Ledakan wereng coklat yang luas terjadi dalam periode 1960-1970, mencapai 52 ribu ha, kemudian dalam periode 1971-1980 meningkat menjadi 3,09 juta ha, dan dalam periode 1981-1990 tercatat 458 ribu ha. Dalam kurun waktu 1991-2000 serangannya seluas 313 ribu ha dan pada 2001-2010 relatif meningkat menjadi 361 ribu ha, 11 ribu ha di antaranya puso. Pada tahun 2011, serangan wereng coklat mencapai 218 ribu ha dan di antaranya puso (Ditlin 2011, tidak dipublikasi).

Serangan wereng coklat selalu menjadi perhatian nasional karena adanya pengalaman pahit pada tahun-tahun yang lalu, yang merusak tanaman padi petani dan bahkan menurunkan produksi nasional. Wereng coklat merupakan hama r-strategik dengan ciri: 1) serangga kecil yang cepat menemukan habitatnya, 2) berkembang biak dengan cepat dan mampu menggunakan sumber makanan dengan baik sebelum serangga lain ikut berkompetisi, dan 3) menyebar dengan cepat ke habitat baru sebelum habitat lama tidak lagi berguna.

Pola perkembangan hama mengikuti *biological clock*, artinya wereng coklat dapat berkembang biak dan merusak tanaman padi pada lingkungan yang cocok, baik pada musim hujan maupun musim kemarau. Sebelum tahun 1994 wereng coklat merupakan serangga pada musim hujan, tetapi setelah tahun 1994 merupakan serangga yang menyerang tanaman padi pada musim hujan dan musim kemarau, apabila hujan berlanjut ke musim kemarau atau adanya iklim La Nina.

Wereng coklat mampu melemahkan kerja insektisida yang dianggap ampuh sebelumnya. Wereng coklat juga merupakan hama laten, dan dapat mentransfer virus kerdil hampa (VKH = *ragged stunt virus*) dan virus kerdil rumput (VKR = *Grassy Stunt virus*) yang serangannya lebih besar dari serangan wereng coklat itu sendiri, dan bahkan saat ini wereng coklat sedang aktif menularkan penyakit kerdil rumput tipe 2 (*Grassy Stunt Type 2 = GST2*).

Sebagai hama utama tanaman padi, wereng coklat adalah serangga dengan genetik plastisitas yang tinggi sehingga mampu beradaptasi pada berbagai lingkungan dalam waktu yang relatif singkat. Hal ini terbukti dengan

timbulnya biotipe/populasi baru yang dapat mengatasi sifat ketahanan tanaman atau hama tersebut menjadi resisten terhadap insektisida. Sifat demikian sering menimbulkan ledakan yang menurunkan produksi padi nasional.

Tulisan ini membahas pengertian biotipe wereng coklat. Perubahan biotipe wereng coklat merupakan tantangan yang tidak mudah diatasi. Pemulia tanaman dituntut untuk merakit varietas tahan guna menangkali perkembangan biotipe wereng coklat yang baru. Dalam pengendalian wereng coklat diperlukan data biotipe dari seluruh sentra produksi padi dan data ketahanan galur/varietas terhadap wereng coklat biotipe 1, 2, 3, dan 4.

BIOTIPE WERENG COKLAT

Pengertian Biotipe

Ledakan wereng coklat pada areal yang luas selalu didahului oleh perubahan biotipe karena adaptasi yang berkepanjangan. Biasanya perubahan biotipe itu dicirikan oleh patahnya gen ketahanan varietas yang sebelumnya tahan menjadi rentan terhadap wereng coklat. Biotipe didefinisikan sebagai suatu populasi atau individu yang dibedakan dari populasi atau individu lain, bukan karena sifat morfologi, tetapi didasarkan pada kemampuan adaptasi, perkembangan pada tanaman inang tertentu, daya tarik untuk makan, dan meletakkan telur (Baehaki 2010).

Karakterisasi genetik wereng coklat dengan *polymerase chain reaction* (PCR) menunjukkan wereng coklat biotipe 1, biotipe 2, biotipe 3 yang ada di rumah kaca, serta wereng yang berasal dari Klaten-Jawa Tengah, Lampung, Simalungun dan Deli Serdang, Sumatera Utara tidak berbeda, hanya menampilkan 900 BP (base pairs). Data tersebut menunjukkan bahwa biotipe wereng coklat tidak dibedakan dengan genotipe dan morfologi, namun dibedakan pada tingkat keganasan pada varietas diferensial (Baehaki 2011).

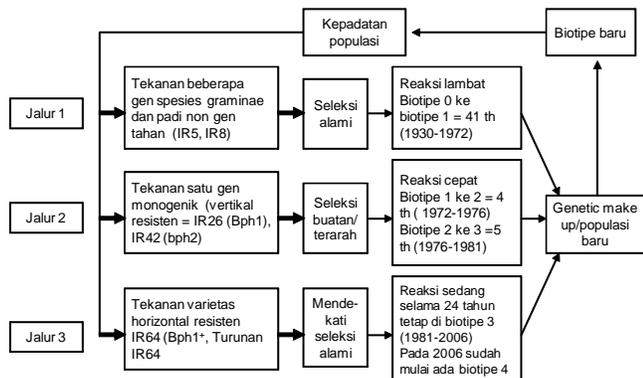
Terjadinya Biotipe

Apa pun yang menyebabkan ketidakseimbangan genetik di dalam populasi akan mengubah sifat keganasan wereng coklat. Introduksi varietas tahan ke lapangan

cenderung mempengaruhi terjadinya penyimpangan, seolah-olah ada seleksi populasi wereng coklat oleh varietas. Hasil seleksi akan meningkatkan arah dari kemampuan dalam populasi serangga. Keadaan demikian disebut sebagai seleksi terarah (*directional selection*). Populasi serangga lama pada varietas lama akan mengalami seleksi terarah pada varietas baru yang menghasilkan populasi baru. Populasi baru ada yang memiliki sifat yang sama dengan biotipe yang telah ditetapkan sehingga disebut biotipe asal, atau menyimpang dari biotipe asal yang telah ditetapkan, menjadi biotipe baru, atau populasi tetap berdasarkan ekosistem setempat. Adanya varietas dengan gen tahan tunggal (*monogenic resistance*) atau vertikal resisten akan menyebabkan hubungan gen untuk gen (*gen for gen relationship* = GGR) terhadap gen hamanya. Setiap gen mayor untuk ketahanan spesies inang berhubungan erat dengan gen untuk keganasan (virulensi) pada spesies hama. Reaksi tahan dari tanaman inang terjadi jika mempunyai gen tahan dan hama mempunyai gen avirulen pada lokus yang bersesuaian. Jika hama mempunyai gen virulen pada lokus yang sesuai, maka tanaman inangnya akan rentan. Hubungan gen untuk gen disebut sebagai *matching gene theory* (Panda and Khush 1995).

Penanaman secara terus-menerus menggunakan varietas yang sama yang mempunyai gen tahan tunggal dapat mempercepat timbulnya biotipe baru. Perubahan biotipe dapat melalui tiga jalur seleksi, yaitu seleksi alami, buatan, dan mendekati seleksi alami (Baehaki 1985, Baehaki 2010b).

Dari Gambar 1 terlihat bahwa seleksi pada jalur 1 memerlukan waktu yang lebih lama, dapat mencapai 40an tahun, yaitu sejak 1930 dilaporkan adanya wereng coklat, baru timbul biotipe 1 pada tahun 1971. Hal ini disebabkan oleh tekanan seleksi yang sangat rendah dari beberapa gen spesies *graminae* dan padi nongen tahan (padi lokal, IR5, IR8).



Gambar 1. Proses terjadinya biotipe wereng coklat. (Sumber: Baehaki 1985, Baehaki 2010).

Pada jalur 2 timbulnya biotipe 2 cepat sekali, hanya dalam waktu 4 tahun, akibat tekanan varietas IR26 yang mempunyai gen dominan Bph1. Pada jalur 2, timbulnya biotipe 3 hanya dalam waktu 5 tahun akibat tekanan seleksi dari varietas IR42 yang mempunyai gen resesif bph2. Perubahan wereng coklat biotipe 1 ke biotipe 2 dan perubahan biotipe 2 ke biotipe 3 berturut-turut akibat varietas IR26 (Bph1) dan IR42 (bph2) yang *monogenic resistance* atau disebut juga ketahanan *vertical resistance* yang tekanan seleksinya sangat kuat terhadap wereng coklat, sehingga timbulnya biotipe baru wereng coklat sangat cepat. Seleksi yang kuat ini secara tidak sengaja dibuat oleh manusia, sehingga disebut seleksi buatan atau seleksi terarah (*direction selection*).

Pada jalur 3 tekanan seleksinya mendekati seleksi alami, perkembangan biotipe diredam oleh varietas tahan horizontal yang *polygenic resistance* yang mendukung ketahanan lestari (*durable resistance*) seperti IR64 (Bph1+) (Baehaki 1985). Pada awal dilepas, IR64 diberi notasi gen Bph1. Namun setelah dipelajari di BB Padi, varietas ini bukan saja tahan dalam skala laboratorium tetapi juga tahan di lapangan, sehingga notasi gen tahan ditambah menjadi Bph1+, di mana notasi plus adalah ketahanan dari gen minor. Alam dan Cohen (1998) mempublikasikan bahwa IR64 mempunyai gen tahan Bph1 + 7 QTLs. Hal ini menunjukkan dugaan gen minor tersebut dibuktikan sebagai *quantitative trait loci* (QTL).

Keberadaan wereng coklat biotipe 3 yang cukup lama disebabkan oleh adanya IR64 (Bph1+) yang merupakan varietas *durable resistance* sebagai penyangga perubahan wereng coklat ke biotipe yang lebih tinggi, selain itu juga disebabkan oleh tidak berkembangnya varietas IR74 (Bph3) yang akan menyulut terbentuknya biotipe baru. Dengan adanya IR64 dan turunan IR64 maka biotipe 3 dapat bertahan sampai 24 tahun, karena pada tahun 2006 sudah mulai ada biotipe 4 di Asahan, Sumatera Utara (Baehaki dan Munawar 2008).

Penelitian di laboratorium menunjukkan pembentukan koloni baru wereng coklat setelah empat generasi (Baehaki 1987). Penelitian di Pasarmiring, Sumatera Utara terhadap wereng coklat koloni IR42 dan Bah Bolon menunjukkan IR64 mempunyai daya seleksi yang lebih besar (0,167), disusul oleh IR46 (0,075), Bah Butong (0,052), dan Pelita I/1 (0,016). Koefisien seleksi Pelita I/1 adalah yang terkecil, karena varietas ini tidak mempunyai gen tahan terhadap wereng coklat, tetapi tetap mempunyai daya seleksi. Varietas Bah Bolon tidak mempunyai daya seleksi karena berhadapan dengan wereng coklat asal Bah Bolon. Jika berhadapan dengan wereng coklat koloni lain, ketahanan Bah Bolon setara dengan ketahanan Bah Butong terhadap wereng coklat, Demikian juga IR42 yang tidak mempunyai daya seleksi, karena berhadapan dengan wereng coklat koloni IR42 (Baehaki 1987).

Kenyataan tersebut membuktikan wereng coklat yang terus-menerus dipelihara pada suatu varietas mampu mematahkan ketahanan varietas tersebut dan menghilangkan daya seleksi varietas yang ditempatinya.

Penyebab Terjadinya Biotipe

Terjadinya perubahan biotipe dapat disebabkan oleh beberapa hal yang menyangkut hubungan antara wereng coklat dan tanaman inang yang salah urus dalam pengelolaan pertanaman padi. Perubahan biotipe pada wereng coklat tidak disebabkan oleh insektisida, karena pemakaian insektisida hanya dapat mengakibatkan resistensi dan resurgensi. Telah dijelaskan bahwa terjadinya biotipe wereng coklat adalah akibat penanaman padi terus-menerus dalam areal yang luas menggunakan varietas yang sama yang mempunyai gen tahan tunggal. Pengendalian wereng coklat dengan pergiliran varietas yang berbeda ketahanannya diperlukan untuk menunda seleksi terarah. Kenyataan di lapangan menunjukkan kurangnya pelaksanaan pergiliran varietas, karena petani bila sudah tertarik pada satu varietas tertentu akan terus menanamnya. Hal yang menyebabkan seringnya terjadi perubahan biotipe adalah kurangnya varietas padi yang mempunyai ketahanan horizontal yang didukung oleh gen poligenik. Di Indonesia, sampai saat ini baru ada varietas IR64 (Bph1⁺) yang mempunyai gen tahan horizontal, selebihnya adalah varietas yang mempunyai ketahanan vertikal

Untuk menghambat timbulnya biotipe baru wereng coklat disarankan perlunya pergiliran varietas, mosaik varietas, dan menghindari menanam varietas dengan genotipe yang lebih tinggi dari biotipe yang ada di lapangan. Hasil penelitian simulasi menunjukkan bahwa mosaik varietas dengan perbandingan varietas padi tahan lestari IR64 dan varietas rentan (Cisadane + Muncul) adalah 3:1 atau paling tidak 1:1, serta perbandingan varietas padi tahan vertikal IR74 dan varietas rentan (Cisadane + Muncul) adalah 3:1 atau 1:1, dapat mereduksi populasi wereng coklat (Baehaki 2006).

Populasi wereng coklat yang dipelihara pada IR64 dan (Cisadane + Muncul) dengan perbandingan 1:1 dapat menurunkan virulensi wereng coklat, sehingga varietas ASD7 (bph2) bereaksi agak tahan (skor 5), tetapi varietas Mudgo (Bph1) dan ASD7 (bph2) bereaksi tahan (skor 3) terhadap wereng coklat koloni IR64 dan (Cisadane + Muncul) dengan perbandingan 1:3 dan 3:1. Sementara koloni wereng coklat dari IR64 memberikan skor 5 dan 7 masing-masing untuk Mudgo dan ASD7.

Rathu Heenati (Bph3), Ptb 33 (bph2 + Bph3), IR74 (Bph3), dan IR64 (Bph1⁺) bereaksi tahan terhadap wereng coklat dari multivarietas dan monovarietas (IR74 dan IR64).

Di lain pihak, varietas Cisadane dan Muncul bereaksi agak tahan terhadap wereng coklat dari multivarietas dan monovarietas, kecuali bereaksi rentan terhadap wereng coklat dari varietas itu sendiri (Baehaki 2006).

SEJARAH PERUBAHAN BIOTIPE WERENG COKLAT

Sejak diketahuinya hama wereng coklat pada tahun 1930 di Darmaga, Bogor, pada tahun 1939 dan serangannya di Yogyakarta dan Mojokerto pada tahun 1940, baru timbul biotipe 1 pada tahun 1971. Pada kurun waktu tersebut, wereng coklat berada pada biotipe nol. Pada tahun 1967, diintroduksi varietas unggul padi IR5 dan IR8 yang tidak mempunyai gen ketahanan terhadap wereng coklat, namun berproduksi tinggi, lebih dari dua kali lipat produksi padi yang telah ada saat itu. Dua varietas padi tersebut walaupun produksinya tinggi namun mempunyai rasa pera. Pada tahun 1971, dilepas varietas Pelita 1/1 yang tidak mempunyai gen ketahanan terhadap wereng coklat dengan rasa nasi enak dan pulen. Pada 1972 terjadi ledakan wereng coklat pada varietas-varietas tersebut karena adanya perubahan biotipe menjadi Biotipe 1 (Gambar 2) (Baehaki 2010b).

Pada saat munculnya wereng coklat biotipe 1 pada varietas Pelita 1/1 dan IR5, maka kedua varietas tersebut harus diganti dengan varietas baru yang mempunyai gen tahan Bph1. Pada tahun 1975, untuk menghadapi wereng biotipe 1 telah diintroduksi varietas IR26 dari IRR1 yang mempunyai gen tahan dominan Bph1 yang ditanam secara luas, namun pada tahun 1976 terjadi ledakan yang hebat di beberapa sentra produksi padi karena ada perubahan wereng coklat biotipe 1 ke biotipe 2.

Pada saat munculnya biotipe 2, maka IR26 harus diganti dengan varietas baru yang mempunyai gen tahan bph2. Pada tahun 1980, untuk menghadapi wereng biotipe 2 diintroduksi lagi beberapa varietas padi dari IRR1 seperti IR32, IR36, dan IR42 yang mempunyai gen tahan bph2. Varietas-varietas baru ini mampu bertahan di lapangan, namun pada MH 1981/82 dilaporkan IR42 di Simalungun, Sumatera Utara telah terserang wereng coklat. Berbagai pengujian dilakukan dan menunjukkan bahwa wereng coklat yang meledak di Sumatera Utara mirip dengan wereng coklat populasi di India dan Sri Lanka, sehingga dimasukkan sebagai populasi wereng coklat IR42 SU (Deli Serdang). Pengujian biotipe terus dilanjutkan dan diketahui bahwa wereng coklat yang menyerang IR42 di Sumatera Utara adalah biotipe 3 (Baehaki *et al.* 1991).

Untuk mengendalikan populasi wereng coklat IR42 SU (Deli Serdang) atau biotipe 3 diintroduksikan varietas IR56 (gen tahan Bph3) pada tahun 1983 dan IR64 (gen tahan Bph1⁺) pada 1986 (Gambar 2). Sejak saat itu,

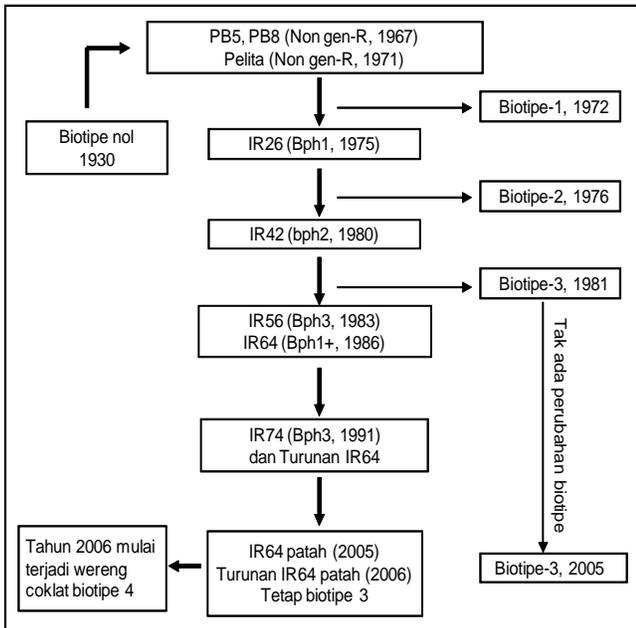
banyak varietas unggul padi nasional yang dilepas untuk mengantisipasi serangan wereng coklat. Varietas IR64 disukai oleh petani karena mempunyai rasa nasi yang enak, produksi tinggi, dan tahan wereng coklat biotipe 3. Varietas IR56 kurang disukai petani. Selanjutnya, untuk

antisipasi terjadinya biotipe 4 maka pada tahun 1991 diintroduksi varietas IR74 (gen tahan Bph3, namun tidak berkembang karena tekstur nasinya pera.

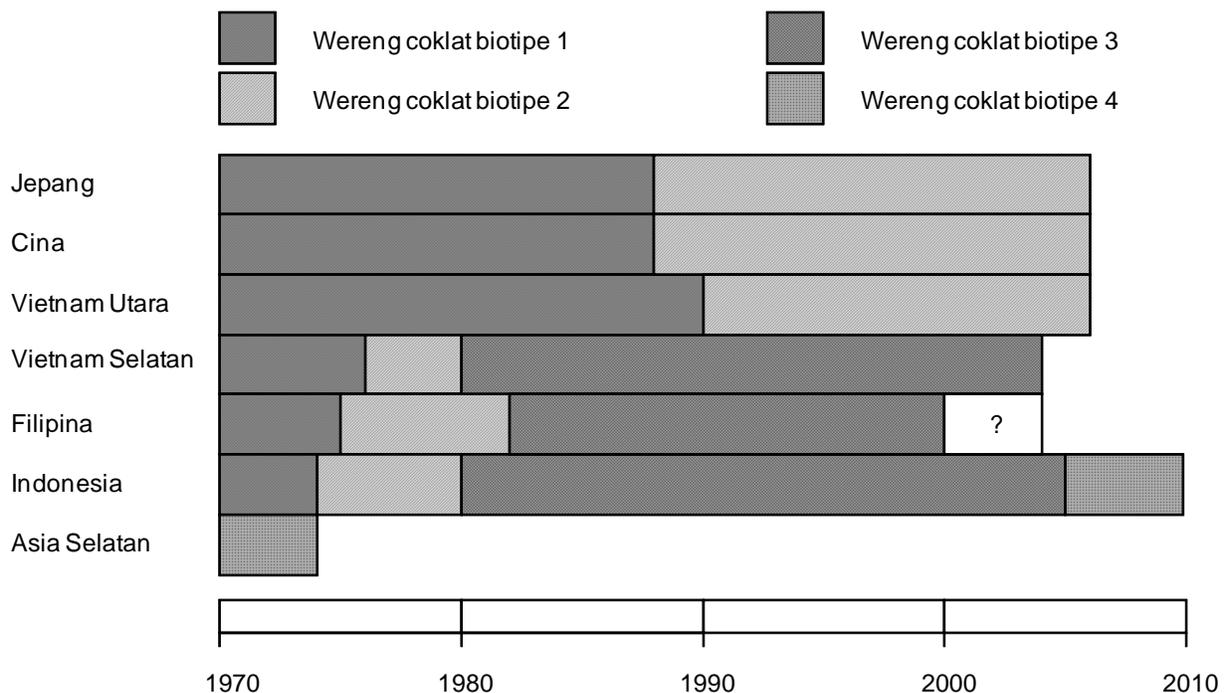
Pada tahun 2005, terjadi serangan wereng coklat pada tanaman padi varietas IR64 dan beberapa varietas populer lainnya di Jawa Timur, Jawa Tengah, dan Jawa Barat. Dari uji ketahanan varietas lanjutan menunjukkan bahwa varietas IR42 (bph2) sudah patah ketahanannya terhadap wereng coklat asal Pati dan Demak dengan reaksi agak peka sampai peka, sedangkan Cisadane, Ciliwung, dan Tukad Petanu bereaksi agak tahan sampai agak peka. Varietas IR64, IR6, Cisadane, Sriputih, Sriputih-Jateng, Ciharang, Bondoyudo, Kalimas, dan Memberamo bereaksi agak tahan terhadap wereng coklat asal Pati dan Demak.

Pada tahun 2005, teridentifikasi bahwa wereng coklat di Pati masih tetap merupakan biotipe 3 yang mulai berkembang sejak 1995, sedangkan di Demak berubah dari biotipe 2 pada tahun 1985 menjadi biotipe 3 pada tahun 2005.

Perkembangan biotipe wereng coklat tidak saja terjadi di Indonesia, tetapi juga di Jepang, China, Vietnam, Filipina, India, dan Sri Langka. Perkembangan biotipe di Jepang dan China sama, yaitu biotipe 1 yang dimulai pada tahun 1970 sampai 1988. Pada tahun 1989 sudah mulai ada biotipe 2 sampai tahun 2005 (Cheng 2008). Hingga saat ini belum dapat ditelusuri tingkat biotipe wereng coklat di negara-negara tersebut (Gambar 3).



Gambar 2. Sejarah perubahan biotipe wereng coklat di Indonesia
Sumber: Baehaki 2010b.



Gambar 3. Keberadaan biotipe wereng coklat di Indonesia dan negara Asia lainnya.

Perkembangan biotipe di Vietnam dibedakan antara Vietnam Utara dan Vietnam Selatan. Perkembangan biotipe wereng coklat di Vietnam Utara mendekati perkembangan biotipe di China dan Jepang, sedangkan di Vietnam Selatan mendekati perkembangan biotipe di Filipina dan Indonesia. Keberadaan wereng coklat biotipe 1 di Vietnam Utara mulai pada tahun 1970 sampai 1990, dan pada tahun 1991 sudah mulai ada biotipe 2 sampai 2005. Keberadaan wereng coklat biotipe 1 di Vietnam Selatan mulai pada 1970 sampai 1976. Pada tahun 1976 sudah ada wereng coklat biotipe 2 sampai 1980. Sejak tahun 1980 sampai 2004 sudah berkembang wereng coklat biotipe 3, dan sampai saat ini belum dapat ditelusuri tingkat biotipe wereng coklat di Vietnam.

Keberadaan wereng coklat biotipe 1 di Filipina mulai pada tahun 1970 sampai 1975. Sejak 1975 sudah ada wereng coklat biotipe 2 sampai 1982. Sejak 1982 sampai 2000 sudah berkembang wereng coklat biotipe 3, dan sampai saat ini belum dapat ditelusuri tingkat biotipe wereng coklat di Filipina.

Wereng coklat di Asia Selatan, terutama India Selatan dan Sri Lanka, termasuk ke dalam biotipe Asia Selatan sejak 1970an (Mochida 1979). Reaksi varietas diferensial terhadap biotipe Asia Selatan mirip dengan biotipe 4 varietas diferensial yang ditemukan di Indonesia (Baehaki dan Munawar 2006). Pengujian biotipe wereng coklat pada tahun 2010 menunjukkan bahwa sebaran wereng coklat biotipe 4 sudah meluas meliputi Jawa dan Sumatera (Baehaki 2011).

KETAHANAN VARIETAS PADI TERHADAP BIOTIPE WERENG COKLAT

Ketahanan varietas padi terhadap wereng coklat telah diketahui dikendalikan oleh gen-gen ketahanan yang dinotasikan sebagai Bph untuk gen dominan dan bph untuk gen resesif. Varietas-varietas tahan yang berbeda dapat memiliki gen ketahanan yang berbeda pula, oleh karena itu gen-gen tersebut diberi nomor urut sesuai dengan saat penemuannya. Di lain pihak, wereng coklat secara bertahap muncul dengan berbagai biotipenya, 1, 2, 3 dan yang terakhir telah teridentifikasi biotipe 4 yang ganas di Asia Tenggara, termasuk Indonesia dan Asia Selatan.

Terdapat 10 gen ketahanan tunggal terhadap wereng coklat sampai tahun 1995, yang terdiri atas lima gen resesif dan lima gen dominan, yaitu Bph 1, bph 2, Bph 3, bph 4, bph 5, Bph 6, bph 7, bph 8, Bph 9, dan Bph 10. Gen ketahanan yang lain adalah dua gen ganda, yaitu Bph 1⁺ (Baehaki 1985) dan bph 2 dan Bph 3 (IRRI 1978).

Sampai tahun 2005, gen ketahanan terhadap wereng coklat bertambah sembilan lagi yang terdiri atas empat

gen resesif dan lima gen dominan, yaitu bph 11, bph 12, Bph 13, Bph 14, Bph 15, bph 16, Bph 17, Bph 18, dan bph 19 (Jena *et al.* 2006). Pada 2007 teridentifikasi bph20(t) dan Bph21(t) yang keduanya berada pada satu varietas ADR 52. Pada tahun 2010 ditemukan gen bph25 pada BP31 dan gen Bph26 pada BP35 (IRRI 2011).

Gen ketahanan Bph 1, bph 2, Bph 9, dan Bph 10 berada pada kromosom 12, gen tahan Bph 2 dan bph 12 pada kromosom 4, gen tahan bph4 pada kromosom 6, Bph 6 pada kromosom 11, gen tahan bph 11 dan Bph 13 pada kromosom 3 (Ishii *et al.* 1994, Jena *et al.* 2003, Renganayaki *et al.* 2002, Sharma *et al.* 2003). Gen tahan dominan Bph 14 dan Bph 15 yang berasal dari Qbp 1 dan Qbp 2 sangat tahan terhadap biotipe wereng coklat di China, berturut-turut terdapat pada kromosom 3 dan 4 (Ren *et al.* 2004, Yang *et al.* 2004). Berbagai galur introgresi dari varietas padi liar yang mempunyai gen tahan terhadap wereng coklat telah dikembangkan oleh IRRI. Tujuh gen tahan wereng coklat 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* (Ishii *et al.* 1994, Renganayaki *et al.* 2002, Ren *et al.* 2004, Yang *et al.* 2004).

Berbagai varietas padi telah diidentifikasi gen ketahanannya terhadap wereng coklat. Berbagai data telah dikumpulkan dari berbagai laporan dan seminar, terutama dari IRRI. Varietas-varietas yang mempunyai gen tahan terhadap wereng coklat, baik gen dominan maupun resesif, tunggal atau ganda, disajikan pada Tabel 1.

Menurut Seshu dan Kauffman (1980), varietas yang mengandung gen Bph1 tahan terhadap wereng coklat biotipe 1 dan biotipe 3, tetapi rentan terhadap biotipe 2 dan 4. Varietas-varietas yang mengandung Bph 1 antara lain IR26, IR46, IR64⁺, dan Citanduy diduga mempunyai gen Bph 1.

Varietas yang mengandung gen bph2 tahan terhadap wereng coklat biotipe 1 dan 2, tetapi rentan terhadap biotipe 3 dan 4 (Tabel 3). Varietas populer yang mengandung gen bph 2 adalah IR36, IR42, IR54, dan IR48. Varietas-varietas dengan gen Bph 3 tahan terhadap biotipe 1, 2, 3, dan 4. Varietas populer yang mengandung gen Bph 3 adalah IR56, IR60, IR62, IR70, IR72, IR74, dan Barumon dan Kelara diduga memiliki gen Bph 3.

Varietas-varietas dengan gen bph 4 tahan terhadap wereng coklat biotipe 1, 2, 3, dan 4. Varietas populer yang mengandung gen bph 4 adalah IR66. Varietas yang mempunyai gen bph 5 tahan terhadap biotipe 4, tetapi rentan terhadap wereng coklat biotipe 1, 2, dan 3. Saat ini belum ada varietas populer yang mempunyai gen bph 5. Varietas yang mempunyai gen Bph 6 tahan terhadap biotipe 4, tetapi rentan terhadap wereng coklat biotipe 1, 2, dan 3. Saat ini belum ada varietas populer yang

Tabel 1. Sumber ketahanan varietas dan galur padi serta gen ketahanan terhadap wereng coklat.

Gen tahan	Varietas/galur*
Tidak ada	TN1
Bph1	Mudgo ^a , MTU 15 ^a , MTU 9 ^d , CO 20, CO22 ^a , C0 10 ^d , SLO 12 ^d , MGL 2 ^b , Tibiriwewa ^d , Balamawee ^d , Heenakkulama ^d , Sinnakayam ^d , Sudhubalawee ^d , Sudurvi 305 ^d , Cheong Chung Byo, IR26, IR46, dan IR64 ⁺ ,
bph2	ASD 7 ^a , ASD9 ^d , Ptb 18 ^b , H 105 ^c , Anbaw C7 ^d , Dikwee 328 ^d , H5 ^e , IR9-60, Koasen-Yu 12 ^e , Hathiel ^d , Kosatawee ^d , Madayal ^d , Mahadkikwee ^d , Malkora ^d , MI 329 ^d , Murungakayan 302 ^d , Ovarkaruppan ^d , Palasithari ^d , PK-1 ^d , Seruvellai ^d , Sinna Karuppan ^d , Vellailangayan ^d , IR36, IR42, IR54, dan IR48
Bph3	Rathu Heenati ^d , Ptb 19 ^f , Gangala (ACC 7733) ^f , Gangala (ACC 15207) ^f , Horana Mawee ^f , Kuruhondarawala ^f , Mudu Kiriya ^f , Muthumanikam ^f , IR60, IR62, IR72, IR74, IR56, IR70, IR74.
bph4	Babawee ^d , Gambada Samba ^f , Heenhoranamawee ^f , Hotel Samba ^f , Kahata Samba ^f , Kulukuruwee ^f , Lekam Samba ^f , Senawee ^f , Sulai ^f , Thirissa ^f , Vellai Illankali ^f , IR66 ^g .
bph5	LMN, S61, ARC 10550 ^g , ARC 15872, ARC 13788, ARC 11367, ARC 15694, ARC 14342A, ARC 15831(a).
Bph6	Swarnalata ^g , Neera, Manoharsali, ARC 6579.
bph7	T12 ^g
bph8	Col. 5 Thailand ^h , Col. 11 Thailand, Chinsaba ^h
Bph9	Kaharamana ^f , Balamawee, Pokkali ⁱ
Bph10	IR65482-4-136-2-2 (<i>Oryza australiensis</i> Acc. No. 100882) ^k
Bph-11	IR742-23-19-12-3-54 (<i>Oryza officinalis</i>) ^l
bph-12	<i>Oryza officinalis</i> ^m
Bph-13	<i>Oryza eichinger</i> ^l
Bph-14	B5 ⁿ
Bph-15	B5 ⁿ
bph-16	<i>Oryza officinalis</i>
Bph-17	B14
Bph-18	<i>Oryza australiensis</i> dan IR65482-7-216-1-2 ^o
bph-19	AS20-1 ^p
bph20(t)	IR71033-121-15 (O.minuta Acc. No. 101141) ^q
Bph21(t)	IR71033-121-15 (O.minuta Acc. No. 101141) ^q
bph25	BP31 ^r
Bph26	BP35 ^r
Digenic	PTB 33 (bph2 dan Bph3), PTB21, Sudu Hondarawala, Sinna Sivappu, IR71033-121-15 (bph20+Bph21), ADR52 (bph25, Bph26) ^r , Ptb33 (Bph3, bph17)

^aAthwal *et al.* (1971), ^bAthwal and Pathak (1972), ^cMartinez and Khush (1974), ^dLakshminarayana and Khush (1977), ^eChang (1975), Sidhu and Khush (1978) In Khush (1979)^f, Kabir dan Khush (1988)^g, Nemto *et al.* (1989)^h, Su *et al.* (2006)ⁱ, Murata *et al.* (2001)^j, Ishi *et al.* (1994)^k, Hirabayashi *et al.* (1998)^l, Yang *et al.* (2002)^m, Yang *et al.* (2004)ⁿ, Jena *et al.* (2006)^o, Chen *et al.* (2006)^p, Rahman *et al.* (2009)^q, IRRI (2011)^r, Brar *et al.* (2009)^s

mempunyai gen bph 6. Gen tahan resesif bph 7 tahan terhadap biotipe 4, tetapi rentan terhadap wereng coklat biotipe 1, 2, dan 3. Gen bph5, Bph6 dan bph7 hanya tahan terhadap wereng coklat biotipe 4 (Tabel 2).

Tabel 2. Ketahanan padi berdasarkan gen tahan terhadap biotipe wereng coklat.

Genotipe	Biotipe wereng coklat			
	1	2	3	4
Non gen tahan	R	R	R	R
Bph-1	T	R	T	R
bph-2	T	T	R	R
Bph-3	T	T	T	T
bph-4	T	T	T	T
bph-5	R	R	R	T
Bph-6	R	R	R	T
bph-7	R	R	R	T
bph-8	T	T	T	-
Bph-9	T	T	T	-
Bph-10 (t)	T	T	T	-
Bph18	T	T	T	T
Bph6, Bph13	T	T	T	T
bph20, Bph21	T	-	-	-
bph12	-	T	-	-

Sumber: Seshu dan Kauffman (1980), Zhang (2007), Brar *et al.* (2009), Khush dan Brar (1991)

Gen tahan resesif bph 8 tahan terhadap wereng coklat biotipe 1, 2, dan 3, sementara ketahanan terhadap biotipe 4 belum diuji. Gen tahan dominan Bph 9 tahan terhadap wereng coklat biotipe 1, 2, dan 3, sedangkan ketahanan terhadap biotipe 4 belum diuji. Gen tahan dominan Bph 10 terdapat pada galur IR65482-4-136-2-2 yang tahan terhadap wereng coklat biotipe 1, 2, dan 3, sementara ketahanan terhadap biotipe 4 belum diuji. Gen digenik bph 2 dan Bph 3 dari PTB33 tahan terhadap wereng coklat biotipe 1, 2, 3, dan 4. IR64 mempunyai gen mayor Bph 1 dan gen minor, sehingga gen yang terkandung dalam IR64 adalah Bph 1⁺.

Gen tahan dominan Bph 18 (galur IR65482-7-216-1-2) dan galur dengan gen digenik Bph 6, dan Bph 13 tahan terhadap wereng coklat biotipe 1, 2, 3, dan 4. Gen tahan digenik Bph 20 dan Bph 21 tahan terhadap biotipe 1 sedangkan gen Bph 12 tahan terhadap biotipe 2 (Brar *et al.* 2009). Gen tahan Bph 13, Bph 14, dan Bph 15 tahan terhadap wereng coklat biotipe 1 dan 2, Bph 17 tahan terhadap wereng coklat biotipe 4, dan bph 19 tahan terhadap wereng coklat biotipe 2. Gen tahan Bph 11 dan bph 16 belum diuji reaksinya terhadap biotipe wereng coklat.

Beberapa varietas dan galur dengan gen tahan yang sama dapat memberikan reaksi yang berbeda, bahkan bertolak belakang. Varietas IR72 (Bph3) bereaksi agak rentan terhadap wereng coklat asal Kudus dan Klaten, bereaksi rentan terhadap wereng coklat asal Pati. Di lain pihak, IR74 (Bph,3) bereaksi tahan terhadap wereng coklat asal Kudus dan agak tahan terhadap wereng coklat asal

Pati dan Klaten (Baehaki dan Munawar 2009). Varietas Babawee (bph 4) yang di IRRI tahan terhadap wereng coklat biotipe 1, 2, 3, dan 4 tetapi tidak tahan terhadap biotipe 3 Sukamandi (Baehaki 2010a). Kejadian tersebut tidak berlebihan karena juga pernah terjadi 31 tahun yang lalu, sesuai dengan laporan Seshu dan Kauffman (1980) bahwa Babawee rentan di Vietnam dan rentan atau tahan di India, bergantung pada daerah setempat. Gen bph 4 tahan terhadap wereng coklat Kepulauan Solomon, Asia Selatan, dan Asia Tenggara, tetapi di Indonesia bereaksi rentan, terutama terhadap wereng coklat biotipe 2 (Seshu and Kauffman 1980).

KOMPOSISI BIOTIPE WERENG COKLAT

Komposisi wereng coklat di Indonesia didasari oleh hasil penelitian pada 1985. Pada saat itu wereng coklat di hampir semua wilayah di Indonesia terdiri atas biotipe 1 dan 2. Wereng coklat biotipe 3 hanya ada di beberapa daerah seperti Sumatera Utara (Tapanuli Utara, Asahan), Sumatera Barat (Agam), Riau (Kampar dan Indragiri Hilir), Yogyakarta (Kodya Yogyakarta), dan Sulawesi Tengah (Sanggala).

Pada tahun 1986, melalui “*cash program* pengendalian wereng coklat” teridentifikasi wereng coklat biotipe 3 di Sumatera Utara (Deli Serdang dan Simalungun) dan Aceh (Pidie). Komposisi wereng coklat di Jawa masih tetap menggunakan data 1985, tetapi di beberapa tempat sudah direvisi, seperti Jawa Barat (Subang, Karawang, Indramayu, Cirebon, Ciamis), Jawa Tengah (Pati, Pemalang, Klaten, Purwokerto), dan Jawa Timur (Blambangan, Banyuwangi) (Baehaki *et al.* 1991). Hasil Pengujian 1995 dan 1998 menunjukkan bahwa wereng coklat di beberapa daerah sudah berubah menjadi biotipe 3.

Pada tahun 2006, pengujian biotipe wereng coklat dilanjutkan ke Jawa Barat (Subang, Indramayu, dan Cirebon), Jawa Tengah (Demak, Kudus, Pati), Jawa Timur (Lamongan dan Tuban), Sulawesi Selatan (Maros), Sumatera Utara (Asahan), dan Sumatera Selatan (Ogan Komering Ulu = OKU). Hasil pengujian menunjukkan bahwa wereng coklat adalah biotipe 3. Wereng coklat yang berasal dari Maros, Sulawesi Selatan, adalah campuran biotipe 2 dan biotipe 3, wereng coklat yang berasal dari Asahan, Sumatera Utara, adalah campuran biotipe 2, 3, dan 4 (Baehaki dan Munawar 2006).

Pada tahun 2010, hasil pengujian wereng coklat dari Jawa Timur (Jember, Banyuwangi, Situbondo, dan Sidoarjo) adalah campuran biotipe 2, 3, dan 4. Wereng coklat dari Jawa Tengah (Klaten, Boyolali, Karang Anyar, dan Banjarnegara) adalah campuran biotipe 3 dan 4, sama dengan di Jawa Barat (Sukamandi). Wereng coklat dari

Lampung (Bandar Lampung) adalah campuran biotipe 2 dan 4, sementara dari Sumatera Utara (Simalungun dan Deli Serdang) adalah campuran biotipe 3 dan 4. Dari penelitian tersebut telah dihasilkan peta sebaran biotipe wereng coklat di Indonesia (Baehaki 2011).

KESIMPULAN

1. Ledakan wereng coklat pada areal yang luas selalu didahului oleh perubahan biotipe karena adaptasi yang berkepanjangan. Wereng coklat merupakan serangga dengan genetik plastisitas yang tinggi sehingga mampu beradaptasi dengan berbagai lingkungan pada waktu yang relatif singkat.
2. Timbulnya biotipe wereng coklat merupakan tantangan yang tidak mudah diatasi. Untuk keperluan pengendalian wereng coklat diperlukan data biotipe dari seluruh sentra produksi padi dan data ketahanan galur/varietas terhadap wereng coklat biotipe 1, 2, 3 dan 4.
3. Keberadaan wereng coklat biotipe 3 yang cukup lama disebabkan oleh adanya varietas IR64 (Bph1⁺) yang merupakan varietas *durable resistance* sebagai penahan perubahan wereng coklat ke biotipe yang lebih tinggi, dan juga disebabkan oleh tidak berkembangnya varietas IR74 (Bph3).
4. Untuk menghambat perubahan biotipe wereng coklat diperlukan pengendalian dengan pergiliran varietas yang berbeda ketahanannya, pertanaman mosaik varietas, dan menghindari menanam varietas dengan genotipe yang lebih tinggi dari biotipe wereng coklat yang ada di lapangan untuk menunda seleksi terarah.
5. Terjadi perubahan biotipe juga disebabkan oleh kurangnya varietas padi yang mempunyai ketahanan horizontal yang didukung oleh gen tahan poligenik. Di Indonesia, sampai saat ini baru ada IR64 (Bph1⁺) yang tahan horizontal, selebihnya adalah varietas yang mempunyai gen tahan vertikal.

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.
- Athwal, D.S. and M.D. Pathak. 1972. Genetics of resistance to rice insects. International Rice Research Institute. Rice Breeding. Los Banos, Laguna, Philippines. p. 375-386.

- Athwal, D.S., M.D. Pathak, E.H. Bacalangco, and C.D. Pura. 1971. Genetics of resistance to brown planthopper and green leafhopper on *Oryza sativa* L. *Crop Sci.* 11:747-750.
- Baehaki S.E. 1985. Biotipe wereng coklat. Kumpulan makalah II pertemuan teknis PPS Plumbon.
- Baehaki S.E. 1987. Koefisien seleksi berbagai varietas terhadap wereng coklat populasi IR42 (Deli Serdang). Seminar Balittan Sukamandi. 7p.
- Baehaki S.E., A. Rifki, dan A. Salim Yahya. 1991. Penentuan biotipe wereng coklat di daerah sentra produksi padi. *Media Penelitian Sukamandi* No.9. p.26-30.
- Baehaki S.E. 2006. Penanaman multivarietas padi untuk mengendalikan hama wereng coklat. *Prosiding Inovasi Tehnologi Padi Menuju Swasembada Beras Berkelanjutan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Bogor.* p.535-547.
- Baehaki S.E. dan D. Munawar. 2008. Identifikasi biotipe wereng coklat di Jawa, Sumatera dan Sulawesi dan reaksi ketahanan kultivar padi. *Prosiding Seminar Apresiasi Hasil Penelitian Padi Menunjang P2BN. Buku I. Balai Besar Penelitian Tanaman Padi.* p.351-366.
- Baehaki S.E. dan D. Munawar. 2009. Uji biotipe wereng coklat, *Nilaparvata lugens* Stal di sentra produksi padi. *Pros. Sem. Nas. 2008. Balai Besar Penelitian Tanaman Padi. Sukamandi.* p.347-360.
- Baehaki S.E. 2010a. Konservasi, pengelolaan biotipe wereng coklat pada uji ketahanan aksesi/galur. *Seminar Hasil Penelitian Balai Besar Penelitian Tanaman Padi. Sukamandi.* p.41.
- Baehaki S.E. 2010b. Perubahan biotipe wereng coklat pada beberapa sentra produksi padi di Indonesia. *Prosiding Seminar Nasional V, Pemberdayaan Keanekaragaman Serangga untuk Peningkatan Kesejahteraan Masyarakat. Perhimpunan Entomologi Indonesia.* p.53-62.
- Baehaki S.E. 2011. Pemetaan biotipe wereng coklat di Pulau Jawa dan Sumatera. *Seminar Hasil Penelitian 2010. Balai Besar Penelitian Tanaman Padi, Sukamandi.*
- Brar, D.S, P.S. Virk, K.K. Jena, and G.S. Khush. 2009. Breeding for resistance to planthopper in rice. *Proc. Planthopper: New Threat to the Sustainability Intensive Rice Production System in Asia. International Rice Research Institute, Los Banos, Laguna, Philippines.* p.401-427.
- Chang, W.L. 1975. Inheritance of resistance to brown planthopper in rice. *Sabrao J.* 7(1): 53-60.
- Chen, J.W., L. Wang, X.F. Pang, and H. Pan. 2006. Genetic analysis and fine mapping of rice brown planthopper (*Nilaparvata lugens* Stal) resistance gene bph19 (t). *Mol. Gen. Genom.* 275:321-329.
- Cheng, J. 2008. New development of rice planthopper problems and relevant causes in China. *International Conference on Planthopper-New Threat to the Sustainability on Intensive Rice Production System in Asia. IRRI, 23-25 Juni 2008.*
- Hirabayashi H., E.R. Angeles, R. Kaji, T. Ogawa, D.S. Blar, and G.S. Khush. 1998. Identification of brown planthopper resistance gene derived from *O. officinalis* using molecular markers in rice. *Breed. Sci. (suppl.)* 48:82.
- IRRI. 1978. Annual report for 1977. International Rice Research Institute, Los Banos, Laguna, Philippines.
- IRRI. 2011. Protocol evaluation of standard differentials against brown and white-backed planthopper. *International Rice Research Institute, Los Banos, Laguna, Philippines.* 17p.
- Ishii, T. D.S. Brar, D.S. Multani, and G.S. Khush. 1994. Molecular tagging of genes for brown planthopper resistance and earliness introgressed from *Oryza australiensis* into cultivated rice *Oryza sativa*. *Genome* 37: 217-221.
- Jena, K.K., I.C. Pasalu, Y.K. Rao, Y. Varalaxmi, K. Krishnaiah, G.S. Khush, and G. Kochert. 2003. Molecular tagging of a gene for resistance to brown planthopper in rice (*Oryza sativa* L.). *Euphytica* 129:81-88.
- 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. 112:288-297.
- Kabir, M.A. and G.S. Khush. 1988. Genetic analysis of resistance to brown planthopper in rice, *Oryza sativa* L. *Plant Breed.* 100:54-58.
- Kalshoven, L.G.E. 1950. De plagen van de cultuurgawessen in Indonesie. *Uitgeverij W. van Hoeve, s-Gravenhage. Bandung. Deel 1, 512p.*
- Khush, G.S. 1979. Genetics of and breeding for resistance to the brown planthopper. *Brown planthopper: phreat to rice production in Asia. International Rice Research Institute, Los Banos, Laguna, Philippines.* 321-332.
- Khush, G.S. and D.S. Brar 1991. Genetics of resistance to insects in crop plant. *Adv. Agron.* 45: 223-274.

- Lakshminarayana, A. and G.S. Khush. 1977. New genes for resistance to the brown planthopper in rice. *Crop Sci.* 17: 96-100.
- Martinez, C.R. and G.S. Khush. 1974. Sources and inheritance for resistance to brown planthopper in some breeding lines of rice *Oryza sativa* L. *Crop Sci.* 14:264-267.
- Mochida, O. 1979. Brown planthopper reduce rice production. *Ind. Agric. Res. Dev. J.* 1(1&2).
- Murata, K., M. Fujiwara, H. Murai, S. Takumi, N. Mori, and C. Nakamura. 2001. Mapping of brown planthopper (*Nilaparvata lugens* Stal) resistance gene Bph9 on the long arm of chromosome 12. *Cereal Res. Commun.* 29:245-250.
- Nemoto, H., R. Ikeda, and C. Kaneda. 1989. New genes for resistance to brown planthopper *Nilaparvata lugens* Stal. In *Rice. Jpn. J. Breed.* 39:23-28.
- Panda, N. and G.S. Khush. 1995. Host plant resistance to insects. International Rice Research Institute, Los Banos, Laguna, Philippines. 431p.
- Rahman, M.L., W. Jiang, S.H. Chu, Y. Qiao, T.H. Ham, M.K. Woo, J. Lee, M.S. Khanam, J.H. Chin, J.U. Jeung, D.S. Blar, K.K. Jena, and H.J. Koh. 2009. High-resolution mapping of a new brown planthopper (BPH) resistance gene, Bph 20(t) and Bph21(t), originating from *Oryza minuta*. *Theor. Appl. Gene.* 119:1237-1246.
- Renganayaki, K., A.K. Friz, S. Sadasivam, S. Pammi, S.E. Harrington, S.R. McCouch, S.M. Kumar, and A.S. Reddy. 2002. Mapping and progress toward map-based cloning of brown planthopper biotype 4 resistance gene introgressed from *Oryza officinalis* into cultivated rice *Oryza sativa*. *Crop Sci.* 42:2112-2117.
- Ren, X., Q.M. Weng, L.L. Zhu, and G.C. He. 2004. Dynamic mapping of quantitative trait loci for resistance to brown planthopper in rice. *Cereal Res. Commun.* 32:31-38.
- Seshu, D.V. and H.E. Kauffman. 1980. Differential response of rice varieties to the brown planthopper in international screening tests. IRRRI Research Paper Series. IRRRI. Los Banos, Laguna, Philippines. 13p.
- Sharma, P.N., Y. Ketipearachchi, K. Murata, A. Torii, S. Takumi, N. Mori, and C. Nakamura. 2003. RFLP/AFLP mapping of brown planthopper (*Nilaparvata lugens* Stal.) resistance gene Bph 1 in rice. *Euphytica* 129: 109-117.
- Su, C.C., H.Q. Zhai, C.M. Wang, L.H. Sun, H. Yasui, and A. Yoshimura. 2006. SSR mapping of brown planthopper, resistance gene Bph 9 in Kaharamana, an indica rice (*Oryza sativa* L.). *Acta Genet. Sin.* 33:262-268.
- Yang, H.Y., X. Ren, Q.M. Weng, L.L. Zhu, and G.C. He. 2002. Molecular mapping and genetic analysis of the rice brown planthopper (*Nilaparvata lugens* Stal) resistance gene. *Hereditas* 136: 39-43.
- Yang, H.Y., A.Q. 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.
- Zhang, Q. 2007. Strategies for developing green super rice. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 104: 16402-16409.