

Pengaruh Insektisida terhadap Kemampuan Adaptasi Wereng Batang Cokelat pada Varietas Padi

Effect of Insecticides on the Adaptability of Brown Planthopper on Rice Varieties

Eko Hari Iswanto^{1*}, Dadang², I Wayan Winasa², Rahmini³

¹Mahasiswa Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor
Jl. Kamper, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680 Indonesia

*E-mail: hariswanto@yahoo.com

²Departemen Proteksi Tanaman Fakultas Pertanian IPB
Jl. Kamper, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680 Indonesia

³Balai Besar Penelitian Tanaman Padi
Jl. Raya 9 Sukamandi, Subang, Jawa Barat 41256 Indonesia

Naskah diterima 13 September 2019, direvisi 13 November 2019, disetujui diterbitkan 28 November 2019

ABSTRACT

Brown planthopper (BPH) is a major pest on rice in Indonesia. Control technique commonly uses resistant rice varieties and insecticide applications. BPH insects rapidly adapt to the long-term planted varieties and to frequently applied insecticides. The aim of this research was to study the effect of three insecticides on BPH adaptation on three resistant rice varieties. The study was conducted at the Indonesian Center for Rice Research, from December 2018 to August 2019. BPH insects were collected from farmers' fields and reared for 6 generations, separately. The BPHs were then divided into four populations. Each population was sprayed in each generation with BPMC (BPMC-BPH), imidacloprid (imidacloprid-BPH), pymetrozine (pymetrozine-BPH), and unsprayed (Control-BPH). In the first generation, insecticide resistance test was conducted to obtain baseline data for BPH resistant to imidacloprid, BPMC and pymetrozine. In the 6th generation, the insecticide resistance test was repeated to each population. Four BPH populations were each tested for their survival rate, fecundity, production of honeydew, and reaction to rice varieties. Results showed that the 1st generation of Karawang BPH population was resistant to BPMC and imidacloprid with the Resistance Ratios (RR) of 4.1 and 13.5 folds, respectively. Resistant to pymetrozine insecticide was indicated by RR of 3.7 folds. In the 6th generation, the LC50 of all BPH population increased, while on the Control-BPH, it was decreased. Inpari 13 variety is still effective against BPH in all test. Insecticide resistance-BPH tends to have a lower adaptation on resistant variety than that of the insecticide susceptible-BPH on their survival and varietal reaction. Resistant varieties should be planted to suppress the insecticide resistance-BPH attack.

Keywords: BPMC, imidacloprid, pymetrozine, resistance indication, resistance ratio.

biasa digunakan petani untuk pengendalian WBC. Namun, WBC mampu beradaptasi dengan cepat terhadap varietas yang terus-menerus ditanam dan juga terhadap insektisida. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui pengaruh aplikasi enam kali tiga jenis insektisida terhadap kemampuan adaptasi WBC pada tiga varietas padi yang tahan. Penelitian dilaksanakan di Balai Besar Penelitian Tanaman Padi Sukamandi mulai Desember 2018 sampai Agustus 2019. WBC diambil dari sawah petani di Karawang dan dipelihara atau diperbanyak di rumah kaca selama 6 generasi. WBC yang diperoleh dikelompokkan menjadi empat sub-kelompok. Pada setiap generasi sub-kelompok WBC diaplikasi insektisida BPMC (WBC-BPMC), Imidakloprid (WBC-Imidakloprid), Pimetrozin (WBC-Pimetrozin), dan tanpa aplikasi (WBC-Kontrol). Pada generasi pertama dilakukan pengujian resistensi terhadap bahan aktif imidakloprid, BPMC dan pimetrozin sebagai data pembanding. Setelah 6 generasi, uji resistensi diulang lagi. Pada keempat populasi WBC dilakukan pengujian kesintasan (survival), keperidian, produksi embun madu (*honey dew*), dan reaksinya terhadap varietas tahan. Generasi pertama WBC populasi Karawang telah menjadi resisten terhadap BPMC dan Imidakloprid dengan nisbah resistensi (NR) berturut-turut sebesar 4,1 dan 13,5 kali, sedangkan terhadap pimetrozin terdapat indikasi mulai resisten dengan NR 3,7 kali. Pada generasi ke-6, pada setiap populasi WBC terjadi peningkatan LC50, sedangkan pada WBC-Kontrol (tanpa aplikasi) terjadi penurunan tingkat resistensi. Pada semua pengujian, Inpari 13 masih efektif untuk mengendalikan WBC. Pada pengujian kesintasan dan reaksi varietas, WBC yang telah resisten terhadap insektisida cenderung mempunyai kemampuan adaptasi lebih rendah pada varietas tahan dibandingkan dengan WBC yang rentan. Implikasinya untuk mengetahui populasi WBC yang telah resisten terhadap insektisida perlu ditanam varietas tahan untuk menekan serangan WBC.

Kata kunci: BPMC, imidakloprid, pimetrozin, indikasi resisten, nisbah resistensi.

ABSTRAK

Wereng Batang Cokelat (WBC) merupakan salah satu hama utama di sentra produksi padi di Indonesia. Varietas tahan dan insektisida

PENDAHULUAN

Wereng batang cokelat (WBC) *Nilaparvata lugens* Stal (*Hemiptera: Delphacidae*) merupakan hama utama padi

di Indonesia. Serangga ini menyerang langsung dengan mengisap cairan tanaman sehingga tanaman menjadi layu kemudian mengering seperti terbakar (Dupo and Barrion 2009). Selain menyerang langsung juga berperan sebagai vektor virus kerdil hampa dan virus kerdil rumput (Cabauatan *et al* 2009). Luas serangan dari tahun 2010 sampai dengan tahun 2017 berkisar antara 28.653-223.606 ha (Ditlin TP 2018).

Penggunaan varietas tahan merupakan salah satu komponen PHT yang mudah dan murah untuk mengendalikan WBC (Baehaki 2011). Faktor utama yang berperan penting dalam ketahanan tanaman terhadap serangan hama adalah senyawa metabolit sekunder (Zhao *et al.* 2004). Beberapa senyawa metabolit sekunder antara lain asam oksalat, *tricin*, *schaftoside*, *isoschaftoside* dan *apigenin-C-glycosides* (Iswanto *et al.* 2016). Senyawa-senyawa tersebut dapat berfungsi sebagai penolak (*deterrence*), penghambat makan (*antifeeding*) atau bersifat racun (*toxicosis*) terhadap WBC (Stevenson *et al.* 1996; Zhang *et al.* 2015). Kandungan dan komposisi senyawa metabolit sekunder menjadi mekanisme pertahanan tanaman terhadap gangguan serangan herbivora dan berkorelasi dengan ketahanan tanaman (Lou *et al.* 2015).

Penggunaan varietas tahan dalam pengendalian WBC mempunyai keterbatasan. Penanaman varietas tahan secara luas dan terus menerus mengakibatkan WBC mampu beradaptasi sehingga varietas menjadi rentan. Kemampuan adaptasi hama ini ditandai dengan adanya peningkatan daya bertahan hidup (*survival*), bobot tubuh, ekskresi embun madu, dan reproduksi (Chen *et al.* 2011; Pathak and Heinrich 1982a)

Insektisida menjadi pilihan utama petani untuk pengendalian WBC, karena dapat menurunkan populasi dengan cepat. Namun, aplikasi insektisida yang tidak dilakukan secara benar dapat menimbulkan resistensi dan resurgensi hama. Penggunaan bahan aktif yang sama secara terus menerus menyebabkan WBC menjadi resisten. Selain itu, pencampuran pestisida sering juga dilakukan petani untuk pengendalian WBC (Heong *et al.* 2015). Insektisida yang banyak digunakan petani antara lain *buthylphenylmethyl carbamate* (BPMC), imidakloprid, dan pimeetrozin. BPMC termasuk golongan abamektin yang bekerja sebagai penghambat fungsi enzim *asetilkolinesterase*, imidakloprid (golongan neonikotinoid) bekerja sebagai agonis reseptor asetilkolin sedangkan pimeetrozin (Golongan Piridin) bekerja sebagai penghambat makan WBC (IRAC 2018a).

Di Indonesia, informasi tingkat resistensi WBC terhadap insektisida belum banyak diketahui. Hasil penelitian Surahmat *et al.* (2016) diketahui WBC dari Karawang telah resisten terhadap imidakloprid dengan NR 108,1 kali, sedangkan terhadap BPMC dan pimeetrozin

terindikasi resisten dengan NR berturut-turut sebesar 3,0 dan 2,0 kali. WBC dari Subang juga telah resisten terhadap imidakloprid dengan NR 12,7 kali, sedangkan terhadap BPMC terindikasi resisten dengan NR 1,8 kali. WBC dari Klaten juga resisten terhadap imidakloprid dengan NR 7,0 kali dan terindikasi resisten terhadap BPMC dengan NR 3,3 kali (Baehaki *et al.* 2016).

Teknik budi daya yang dilakukan petani juga memengaruhi perkembangan populasi WBC. Seiring dengan meluasnya penggunaan varietas unggul yang responsif terhadap pemupukan, maka penggunaan dosis pupuk semakin meningkat, terutama pupuk urea. Nitrogen pada pupuk urea berpengaruh terhadap fisik dan fisiologis tanaman; batang tanaman padi menjadi lebih lunak dan kandungan asam amino lebih banyak, sehingga disukai WBC karena lebih mudah menusukkan stiletnya dan mendapat lebih banyak protein yang tersedia (Lu *et al.* 2004; Rashid *et al.* 2016). Kondisi tersebut mempermudah WBC untuk beradaptasi terhadap varietas tahan.

Semakin beragamnya varietas padi yang ditanam petani dan penggunaan insektisida yang tidak tepat diduga menjadi penyebab adanya perbedaan tingkat virulensi WBC di berbagai daerah. Serangan WBC banyak terjadi di daerah penghasil padi dengan penggunaan insektisida tinggi, sehingga WBC lebih resisten terhadap insektisida yang digunakan petani (Baehaki *et al.* 2016). WBC yang telah menjadi resisten diduga lebih mudah dan cepat beradaptasi pada varietas baru yang digunakan petani, sehingga varietas yang sebelumnya tahan menjadi rentan dan ledakan WBC terjadi. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh tiga jenis insektisida terhadap kemampuan adaptasi WBC terhadap tiga varietas padi tahan WBC.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Entomologi dan Rumah Kaca Balai Besar Penelitian Tanaman Padi (BB Padi), Subang, Jawa Barat, pada bulan Desember 2018 sampai bulan Agustus 2019. Bahan penelitian yang digunakan adalah koloni WBC dari pertanaman padi yang mengalami gejala *hopperburn* di Desa Kertamulya, Kecamatan Pedes, Kabupaten Karawang (WBC Karawang); empat varietas padi yang terdiri dari tiga varietas tahan yaitu Ciherang, Inpari 13 dan Pottambi 33 (PTB33) serta satu varietas rentan yaitu Taichung Native 1 (TN1); tiga bahan aktif insektisida yaitu *buthylphenylmethyl carbamate* (BPMC), imidakloprid dan pimeetrozin. Kegiatan penelitian terdiri atas: (1) perbanyakan dan pemeliharaan WBC; (2) pengujian resistensi WBC; (3) pengujian kesintasan WBC; (4) pengujian keperidian WBC; (5) pengujian produksi embun madu, dan (6) pengujian varietas tahan.

Perbanyak dan Pemeliharaan WBC

WBC Karawang diperbanyak di rumah kaca menggunakan tanaman padi varietas TN1 sebagai pakannya. Rumpun tanaman padi umur 30 hari setelah tanam (HST) dibersihkan (pelepeh yang kering dibuang) kemudian dipindahkan pada ember plastik dan disungkup dengan tabung mika plastik (tinggi 100 cm, diameter 18 cm). Rumpun tanaman yang mulai layu diganti dengan rumpun yang baru. WBC hasil perbanyak dibagi menjadi empat populasi dan diberi nama WBC-BPMC, WBC-Imidakloprid, WBC-Pimetrozin, dan WBC-Kontrol. Untuk WBC-BPMC, pada setiap generasi diaplikasi insektisida berbahan aktif BPMC. WBC-Imidakloprid diaplikasi insektisida berbahan aktif imidakloprid, dan WBC-Pimetrozin diaplikasi insektisida berbahan aktif pimetrozin, sedangkan WBC-Kontrol dipelihara tanpa aplikasi insektisida. Pada populasi WBC Karawang generasi pertama dilakukan pengujian resistensi sebagai data dasar. Aplikasi insektisida pada populasi WBC-BPMC, WBC-Imidakloprid dan WBC-Pimetrozin (stadia nimfa instar 3) dilakukan pada generasi ke-2, generasi ke-3, generasi ke-4, dan generasi ke-5 menggunakan *Lethal Concentration* 50 (LC_{50}) berdasarkan hasil pengujian resistensi pada generasi pertama. LC_{50} merupakan konsentrasi larutan insektisida yang menyebabkan mortalitas WBC sebesar 50%. Pada generasi ke-6 setiap populasi WBC dilakukan pengujian resistensinya masing-masing, sedangkan WBC-Kontrol dilakukan pengujian resistensi terhadap ketiga bahan aktif insektisida. Keempat populasi WBC selanjutnya digunakan untuk pengujian kesintasan, keperidian, produksi embun madu dan reaksi varietas.

Uji Resistensi WBC terhadap Insektisida

Pengujian resistensi WBC terhadap BPMC dan Imidakloprid dilakukan di laboratorium, sedangkan terhadap pimetrozin dilakukan di rumah kaca. Bahan yang digunakan adalah insektisida berbahan aktif BPMC, imidakloprid, dan pimetrozin. WBC yang digunakan untuk pengujian adalah imago brakhiptera umur 1-2 hari, sedangkan bibit tanaman yang digunakan adalah TN1.

Pengujian dilakukan menggunakan rancangan acak lengkap dengan 6 perlakuan dan 5 ulangan. Perlakuan meliputi enam tingkat konsentrasi insektisida yang diharapkan dapat mematikan serangga pada kisaran 5-99%. Enam perlakuan ditentukan berdasarkan konsentrasi anjuran (KA), yaitu 2KA, KA, 1/2KA, 1/4KA, 1/8KA dan kontrol (tanpa aplikasi). Konsentrasi anjuran insektisida BPMC, imidakloprid, dan pimetrozin berturut-turut adalah 2000, 20, dan 250 ppm bahan aktif (b.a.).

Metode pengujian yang digunakan adalah pencelupan bibit padi pada sediaan insektisida (IRAC 2018b). Pengamatan mortalitas WBC untuk bahan aktif karbamat (1A) dilakukan 24 jam setelah infestasi dan untuk imidakloprid (4A) tiga hari setelah infestasi. Khusus untuk pimetrozin (9B) pengamatan pada 7 hari setelah infestasi, dan 18 hari setelah infestasi diamati jumlah nimfa yang menetas.

Penentuan LC_{50} WBC dilakukan dengan analisis probit menggunakan program POLO PLUS Versi 2.0 (LeOra Software 2009). Hasil analisis probit ditunjukkan oleh persamaan regresi $Y = a + bx$, dimana Y = probit mortalitas; a = konstanta (intersep); b = koefisien regresi (*slope*); dan x = log konsentrasi insektisida. Akurasi persamaan regresi berbeda nyata dihitung berdasarkan t -rasio (*slope/galat*) > 1,96. Penentuan nisbah resistensi (NR) dilakukan dengan membandingkan LC_{50} WBC Karawang dengan LC_{50} WBC standar (rentan). Semakin besar nilai NR maka WBC yang diuji semakin tahan terhadap bahan aktif insektisida. Nilai NR menunjukkan berapa kali lipat konsentrasi insektisida yang digunakan untuk mematikan WBC sebesar 50%. WBC standar yang digunakan adalah WBC biotipe 3 yang telah dipelihara di rumah kaca BB Padi sejak tahun 1994 tanpa aplikasi insektisida. Populasi WBC uji dinyatakan resisten bila nilai $NR \geq 4$ (Winterringham 1969), sedangkan indikasi terjadinya resisten bila nilai $NR > 1$.

Uji Kesintasan (Survival)

Pengujian dilakukan di rumah kaca BB Padi. Bahan yang digunakan adalah bibit varietas TN1, Ciherang, Inpari 13, dan PTB33. Populasi WBC yang digunakan adalah WBC-BPMC, WBC-Imidakloprid, WBC-Pimetrozin, dan WBC-Kontrol. Pengujian menggunakan rancangan acak lengkap faktorial dengan 6 ulangan. Faktor pertama adalah varietas padi (TN1, Ciherang, Inpari 13, dan PTB 33), sedangkan faktor kedua adalah populasi WBC (WBC-Kontrol, WBC-BPMC, WBC-Imidakloprid dan WBC-Pimetrozin).

Bibit tanaman uji umur 20 HSS (hari setelah semai) ditanam pada ember plastik (diameter 26 cm, tinggi 20 cm) dan disungkup kurungan plastik mika. WBC yang digunakan untuk pengujian adalah nimfa instar 1 umur 1 hari. Sebanyak 50 ekor nimfa diinfestasikan pada tanaman uji. Pengamatan dilakukan setiap hari dengan menghitung jumlah nimfa WBC yang masih hidup sejak infestasi sampai menjadi imago. Hasil pengujian dianalisis dengan sidik ragam (ANOVA). Jika terdapat perbedaan antar perlakuan dilanjutkan dengan uji Tukey atau Beda Nyata Jujur (BNJ) pada taraf 5%.

Uji Keperidian

Pengujian dilakukan di rumah kaca BB Padi. Bahan yang digunakan adalah bibit varietas TN1, Ciherang, Inpari 13, dan PTB33. Populasi WBC yang digunakan adalah WBC-BPMC, WBC-Imidakloprid, WBC-Pimetrozin, dan WBC-Kontrol. Pengujian menggunakan rancangan acak lengkap faktorial dengan 6 ulangan. Faktor pertama adalah varietas padi (TN1, Ciherang, Inpari 13, dan PTB 33), sedangkan faktor kedua adalah populasi WBC (WBC-Kontrol, WBC-BPMC, WBC-Imidakloprid dan WBC-Pimetrozin).

Bibit tanaman uji umur 12 HSS ditanam pada ember plastik (diameter 13 cm, tinggi 10 cm). Tanaman uji umur 20 hari setelah tanam (HST) digunakan untuk pengujian. Seminggu sebelum infestasi, tanaman disungkup kurungan plastik mika. WBC yang digunakan pengujian adalah imago brachiptera umur 1 hari. Sepasang imago brachiptera diinfestasikan pada setiap tanaman uji, setiap hari imago tersebut dipindahkan ke tanaman uji baru sampai imago betina mati. Pengamatan dilakukan dengan menghitung jumlah telur pada bibit tanaman dan pada ovari WBC yang telah mati. Hasil pengujian dianalisis dengan sidik ragam (ANOVA). Jika terdapat perbedaan antar perlakuan dilanjutkan dengan uji Tukey atau Beda Nyata Jujur (BNJ) pada taraf 5%.

Uji Produksi Embun Madu

Pengujian dilakukan di Laboratorium Entomologi BB Padi. Bahan yang digunakan adalah bibit varietas TN1, Ciherang, Inpari 13, dan PTB33. Populasi WBC yang digunakan adalah WBC-BPMC, WBC-Imidakloprid, WBC-Pimetrozin, dan WBC-Kontrol. Pengujian menggunakan rancangan acak lengkap faktorial dengan 6 ulangan. Faktor pertama adalah varietas padi (TN1, Ciherang, Inpari 13, dan PTB 33), sedangkan faktor kedua adalah populasi WBC (WBC-Kontrol, WBC-BPMC, WBC-Imidakloprid dan WBC-Pimetrozin).

Pengujian menggunakan metode Pathak *et al.* (1982b). Bahan dari kertas *parafilm* dibuat sedemikian rupa sehingga membentuk ruang atau wadah tempat menampung embun madu. Bibit tanaman uji berumur satu minggu dipindahkan ke dalam ember (diameter 9 cm, tinggi 6,8 cm). Setelah tanaman berumur dua minggu, wadah *parafilm* dipasang pada batang tanaman, kemudian dimasukkan dua ekor imago brachiptera yang sebelumnya telah dipuasakan selama dua jam. Dua puluh empat jam setelah tanaman diinfestasi imago WBC, wadah *parafilm* beserta embun madu diambil dan ditimbang. Selisih berat antara wadah *parafilm* beserta embun madu dengan berat wadah *parafilm* merupakan berat embun madu. Hasil pengujian dianalisis dengan sidik ragam (ANOVA). Jika

terdapat perbedaan antar perlakuan dilanjutkan dengan uji Tukey atau Beda Nyata Jujur (BNJ) pada taraf 5%.

Uji Reaksi Varietas

Pengujian dilakukan di rumah kaca BB Padi. Bahan yang digunakan adalah bibit varietas TN1, Ciherang, Inpari 13, dan PTB33. Populasi WBC yang digunakan adalah WBC-BPMC, WBC-Imidakloprid, WBC-Pimetrozin, dan WBC-Kontrol. Pengujian menggunakan rancangan acak lengkap faktorial dengan 6 ulangan. Faktor pertama adalah varietas padi (TN1, Ciherang, Inpari 13, dan PTB 33), sedangkan faktor kedua adalah populasi WBC (WBC-Kontrol, WBC-BPMC, WBC-Imidakloprid dan WBC-Pimetrozin).

Benih masing-masing varietas uji disemai sebanyak 10 butir pada ember plastik (diameter 13 cm tinggi 10 cm). Lima hari setelah semai dilakukan penjarangan dengan menyisakan 5 batang bibit yang paling baik pertumbuhannya dan tanaman dikurung menggunakan kurungan plastik mika. Tanaman kemudian diinfestasi nimfa WBC instar 3 (8 ekor/batang). Pengamatan ketahanan varietas uji dilakukan setiap hari sampai semua tanaman mati. Hasil pengujian dianalisis dengan sidik ragam (ANOVA). Jika terdapat perbedaan antar perlakuan dilanjutkan dengan uji Tukey atau Beda Nyata Jujur (BNJ) pada taraf 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tingkat Resistensi WBC Karawang

Hasil pengujian resistensi WBC Standar diketahui nilai LC_{50} BPMC, imidakloprid dan pimetrozin berturut-turut sebesar 212,730; 40,458; dan 1,634 ppm b.a. Nilai t-rasio (*slope/galat*) setiap pengujian insektisida lebih besar dari 1,96, menunjukkan regresi berbeda nyata terhadap nol dan perlakuan setiap insektisida berpengaruh nyata terhadap WBC.

Populasi WBC Karawang generasi pertama mempunyai LC_{50} terhadap BPMC, imidakloprid dan pimetrozin berturut-turut sebesar 883,104, 544,726 dan 5,872 ppm b.a. Bila dibandingkan dengan WBC standar maka WBC Karawang menunjukkan telah resisten terhadap BPMC dan imidakloprid dengan nilai NR berturut-turut sebesar 4,1 dan 13,5 kali. Sedangkan terhadap pimetrozin WBC Karawang menunjukkan indikasi resisten dengan NR sebesar 3,7 kali (Tabel 1). Nilai LC_{50} WBC Karawang lebih tinggi dibandingkan WBC Standar terhadap ketiga insektisida uji, menunjukkan bahwa untuk menyebabkan mortalitas WBC Karawang sebesar 50% memerlukan konsentrasi insektisida yang lebih tinggi. Dengan kata lain WBC Karawang lebih tahan

terhadap ketiga insektisida tersebut. Semakin besar nilai LC_{50} maka Nilai NR semakin tinggi. Dibandingkan dengan WBC standar, mortalitas WBC Karawang sebesar 50% akan membutuhkan konsentrasi berapa kali lipat sesuai dengan nilai NR-nya.

Tingkat resistensi WBC lapangan sangat dipengaruhi oleh kebiasaan petani dalam menggunakan bahan aktif insektisida untuk pengendalian. Bahan aktif yang sering digunakan untuk pengendalian menyebabkan WBC resisten terhadap bahan aktif tersebut (Baehaki *et al.* 2016). Hasil tersebut sesuai dengan hasil wawancara dengan petani di lahan dimana WBC diambil. Petani sering menggunakan BPMC, imidakloprid, dan pimeetrozin untuk mengendalikan WBC (Karsa 2018 Desember 7, komunikasi pribadi).

Pada generasi ke-6 terjadi peningkatan LC_{50} pada semua populasi WBC (Tabel 1). LC_{50} WBC-BPMC terhadap insektisida BPMC sebesar 901,418 ppm b.a., peningkatan NR dari 4,1 kali pada generasi pertama menjadi 4,2 kali pada generasi ke-6 (peningkatan NR 2,4%). WBC-Imidakloprid mempunyai LC_{50} sebesar 1.372,874 ppm b.a. terhadap insektisida imidakloprid, peningkatan NR cukup tinggi dari 13,5 kali menjadi 33,9 kali (peningkatan NR 151,1%), sedangkan LC_{50} WBC-Pimeetrozin sebesar 6,292 ppm b.a. terhadap insektisida pimeetrozin dengan peningkatan NR dari 3,7 kali menjadi 3,9 kali (peningkatan NR 5,4%). Peningkatan NR dapat terjadi apabila populasi WBC terus menerus terpapar suatu bahan aktif insektisida. Hasil pengujian menunjukkan bahwa WBC Karawang lebih mudah menjadi resisten terhadap imidakloprid dibandingkan BPMC dan pimeetrozin.

Pada populasi WBC-Kontrol terjadi penurunan LC_{50} terhadap setiap bahan aktif insektisida (Tabel 1). LC_{50} WBC TN1 terhadap BPMC, imidakloprid dan pimeetrozin

berturut-turut adalah 391,357, 119,698 dan 1,033 ppm b.a., bila dibandingkan dengan generasi pertama maka penurunan NR untuk BPMC dari 4,1 kali menjadi 1,8 kali dan untuk insektisida imidakloprid dari 13,5 kali menjadi 2,9 kali, sedangkan untuk insektisida pimeetrozin dari 3,7 kali menjadi 0,6 kali. Pada populasi WBC yang telah resisten apabila tidak ada seleksi insektisida maka tingkat resistensinya akan turun. Hasil penelitian Yang *et al* (2014) menunjukkan hal yang sama yaitu adanya penurunan tingkat resistensi WBC terhadap insektisida imidakloprid, klorpirifos, fipronil dan BPMC.

Kemampuan Nimfa menjadi Imago (Kesintasan)

Hasil pengujian menunjukkan adanya pengaruh nyata perlakuan pada faktor varietas ($P = <0,0001$), dan populasi WBC ($P = 0,0158$), namun tidak ada interaksi antara varietas dengan populasi WBC. Jumlah nimfa yang menjadi imago pada varietas rentan TN1 (79,1%) nyata lebih banyak dibandingkan imago pada varietas lainnya. Jumlah imago WBC pada varietas Ciherang (63,2%) dan Inpari 13 (57,0%) tidak berbeda nyata, sedangkan jumlah WBC pada varietas PTB 33 (48,6%) berbeda nyata, paling sedikit dibandingkan varietas lainnya (Tabel 3). Jumlah imago yang hidup pada populasi WBC-BPMC (66,6%) dan WBC-Imidakloprid (60,7%) tidak berbeda nyata dibandingkan WBC-Kontrol (63,9%), sedangkan WBC yang hidup pada WBC-Pimeetrozin (56,7%) berbeda nyata lebih sedikit dibandingkan WBC-Kontrol (Tabel 2).

Kandungan metabolit sekunder pada varietas tahan dapat berfungsi sebagai penolak makan bahkan toksik terhadap WBC. Hal tersebut menyebabkan kemampuan bertahan hidup nimfa lebih rendah pada varietas tahan dibandingkan pada varietas rentan. Pada WBC resisten insektisida, energi hasil metabolisme digunakan untuk

Tabel 1. Tingkat resistensi WBC Karawang terhadap insektisida BPMC, imidakloprid, dan pimeetrozin.

Populasi WBC	Insektisida	<i>Slope</i> ± galat	LC_{50} (ppm b.a.) (SK 95%)	Nisbah resistensi
Standar	BPMC	2,843 ± 0,275	212,730 (167,634 – 266,503)	-
	Imidakloprid	1,749 ± 0,238	40,458 (26,275 – 60,933)	-
	Pimeetrozin	0,904 ± 0,130	1,634 (0,144 – 5,323)	-
Karawang G1	BPMC	6,007 ± 0,847	883,104 (766,012 – 982,868)	4,1
	Imidakloprid	2,694 ± 0,481	544,726 (368,640 – 690,113)	13,5
	Pimeetrozin	0,585 ± 0,093	5,872 (1,827 – 14,001)	3,7
Karawang G6	BPMC	4,711 ± 0,655	902,180 (570,455 – 1131,842)	4,2
	Imidakloprid	3,558 ± 0,573	1.372,874 (460,464 – 2.046,548)	33,9
	Pimeetrozin	0,557 ± 0,085	6,292 (0,949 – 39,455)	3,9
Karawang G6, Tanpa Aplikasi Insektisida (WBC-Kontrol)	BPMC	3,094 ± 0,628	391,357 (222,702 – 517,053)	1,8
	Imidakloprid	1,650 ± 0,280	119,698 (53,522 – 192,831)	2,9
	Pimeetrozin	0,593 ± 0,076	1,033 (0,006 – 8,076)	0,6

Keterangan: G1 (generasi pertama setelah pengambilan dari lapangan), G6 (generasi ke-6 setelah pengambilan dari lapangan). Standar: WBC koleksi BB Padi sejak tahun 1994.

mengatasi insektisida sehingga kebugaran WBC menurun, akibatnya kemampuan bertahan nimfa rendah. Hasil penelitian Zhang *et al.* (2018) menyatakan bahwa tingkat *survival* nimfa rendah pada WBC yang resisten terhadap nitenpyram.

Keperidian

Perlakuan varietas menunjukkan pengaruh nyata ($P = <0,0001$), sedangkan pengaruh faktor populasi WBC ($P = 0,2156$) dan interaksi antara varietas dengan populasi WBC ($P = 0,6664$) tidak nyata terhadap keperidian WBC. Jumlah telur pada varietas TN1 dan Ciherang tidak berbeda nyata, berturut-turut 155 dan 139 butir. Jumlah telur pada Inpari 13 (107 butir) dan PTB 33 (97 butir) berbeda nyata dibandingkan dengan jumlah telur pada varietas TN1 dan Ciherang (Tabel 3). Kemampuan populasi WBC resisten terhadap suatu insektisida dalam memproduksi telur tidak berbeda nyata dibandingkan dengan populasi WBC-Kontrol (Tabel 3).

Tabel 2. Pengaruh varietas dan populasi WBC terhadap kesintasan WBC Karawang.

Perlakuan	Nimfa menjadi imago (%)
Varietas	
TN1	79,1 a
Ciherang	63,2 b
Inpari 13	57,0 b
PTB 33	48,6 c
Populasi	
WBC-Kontrol	63,9 ab
WBC-BPMC	66,6 a
WBC-Imidakloprid	60,7 ab
WBC-Pimetrozin	56,7 b

Angka selanjur yang diikuti oleh huruf yang sama pada setiap faktor tidak berbeda nyata berdasarkan Uji Tukey taraf 5%.

Tabel 3. Pengaruh varietas dan populasi WBC terhadap keperidian WBC Karawang.

Perlakuan	Jumlah telur (butir)
Varietas	
TN1	155 a
Ciherang	139 a
Inpari 13	107 b
PTB 33	97 b
Populasi	
WBC-Kontrol	135 a
WBC-BPMC	115 a
WBC-Imidakloprid	125 a
WBC-Pimetrozin	123 a

Angka selanjur yang diikuti oleh huruf yang sama pada setiap faktor tidak berbeda nyata berdasarkan Uji Tukey taraf 5%.

Nutrisi terutama protein sangat berpengaruh terhadap kemampuan produksi telur WBC (Zhai *et al.* 2013). Kandungan protein pada varietas tahan lebih rendah, selain itu kandungan metabolit sekunder juga memengaruhi perilaku peletakan telur oleh imago sehingga jumlah telur pada varietas tahan lebih sedikit. Hasil penelitian menunjukkan jumlah telur yang dihasilkan WBC resisten insektisida tidak berbeda nyata dengan WBC rentan. Aplikasi insektisida BPMC, imidakloprid, dan pimetrozin tidak meningkatkan keperidian WBC. Hasil penelitian Trisyono *et al.* (2017) menyatakan bahwa aplikasi subletal abamektin tidak meningkatkan fekunditas WBC. Hasil berbeda ditunjukkan oleh Bao *et al.* (2009) yang menyatakan bahwa aplikasi LD₂₀ imidakloprid dapat menurunkan produksi telur WBC hingga 57.9% dibandingkan pada WBC tanpa aplikasi. Pada proses populasi WBC resistensi terhadap insektisida, energi hasil metabolisme digunakan lebih banyak untuk mengatasi insektisida sehingga menurunkan proses biologi maupun metabolisme lain, salah satunya dalam produksi telur.

Produksi Embun Madu WBC

Hasil pengujian menunjukkan perlakuan varietas menghasilkan embun madu yang berbeda nyata ($P = <0,0001$). Berat embun madu pada varietas TN1 (15,9 mg) dan Ciherang (13,6 mg) tidak berbeda nyata, begitu juga dengan berat embun madu pada varietas Inpari 13 (4,8 mg) dan PTB 33 (1,5 mg). Berat embun madu pada Inpari 13 dan PTB 33 berbeda nyata lebih sedikit dibandingkan berat embun madu pada varietas TN1 dan Ciherang (Tabel 4). WBC tidak mengalami hambatan dalam mengisap makanan pada varietas rentan, diketahui dari berat embun madu yang dikeluarkan lebih banyak dibandingkan pada varietas tahan. Hasil penelitian Horgan *et al.* (2015) menunjukkan produksi embun madu oleh imago maupun nimfa pada

Tabel 4. Pengaruh varietas dan populasi WBC terhadap produksi embun madu WBC Karawang.

Perlakuan	Berat embun madu (mg)
Varietas	
TN1	15,9 a
Ciherang	13,9 a
Inpari 13	4,8 b
PTB 33	1,5 b
Populasi	
WBC-Kontrol	9,0 a
WBC-BPMC	8,4 a
WBC-Imidakloprid	9,8 a
WBC-Pimetrozin	8,7 a

Angka selanjur yang diikuti oleh huruf yang sama pada setiap faktor tidak berbeda nyata berdasarkan Uji Tukey taraf 5%.

varietas rentan TN1 lebih banyak dibandingkan pada varietas tahan IR62 dan WBC yang telah beradaptasi pada varietas tahan mempunyai berat embun madu sama dengan pada varietas rentan (Cruz *et al.* 2011). Populasi WBC-BPMC, WBC-Imidakloprid dan WBC-Pimetrozin tidak menunjukkan perbedaan berat embun madu yang dikeluarkan dibandingkan dengan WBC-Kontrol (Tabel 4).

Reaksi Varietas

Hasil pengujian menunjukkan adanya pengaruh yang nyata dari faktor varietas ($P = <0,0001$) dan populasi WBC ($P = <0,0001$), namun tidak terjadi interaksi nyata antara kedua faktor tersebut ($P = 0,0906$). Varietas rentan memperlihatkan reaksi yang cepat terjadi *hopperburn* dibandingkan dengan varietas tahan. Infestasi WBC pada varietas TN1 mampu menyebabkan *hopperburn* pada 8,9 hari setelah infestasi (HSI), sedangkan pada varietas Ciherang, Inpari 13, dan PTB 33 berturut-turut selama 10,9, 12,6, dan 16,4 HSI (Tabel 5). Kemampuan populasi WBC-Kontrol dan WBC-Imidakloprid dalam menyerang tanaman tidak berbeda nyata. Kemampuan WBC-Pimetrozin dengan WBC-BPMC juga tidak berbeda nyata, namun keduanya nyata lebih lama menyebabkan *hopperburn* dibandingkan WBC-Kontrol dan WBC-Imidakloprid (Tabel 5).

Pada varietas rentan, WBC tidak memerlukan adaptasi untuk memperoleh makanan yang sesuai untuk pertumbuhan dan perkembangannya. Proses pengisapan cairan tanaman tidak terdapat hambatan sehingga tanaman cepat terjadi *hopperburn*. Sebaliknya, pada varietas tahan nutrisi yang tidak sesuai dan adanya kandungan metabolit sekunder yang menghambat proses pengambilan makanan sehingga WBC memerlukan waktu yang relatif lama (Rahmini *et al.* 2012; Zhang *et al.* 2015).

Tabel 5. Pengaruh varietas dan populasi WBC terhadap waktu terjadinya *hopperburn*.

Perlakuan	<i>Hopperburn</i> (hari)
Varietas	
TN1	8,9 d
Ciherang	10,9 c
Inpari 13	12,6 b
PTB 33	16,4 a
Populasi	
WBC TA	11,3 b
WBC-BPMC	12,8 a
WBC-Imidakloprid	11,7 b
WBC-Pimetrozin	13,1 a

Angka selanjur yang diikuti oleh huruf yang sama pada setiap faktor tidak berbeda nyata berdasarkan Uji Tukey taraf 5%.

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, varietas Inpari 13 menunjukkan tingkat ketahanan yang baik dalam menekan pertumbuhan dan perkembangan WBC. Inpari 13 mampu menurunkan populasi WBC mulai dari penurunan jumlah telur yang diproduksi imago juga persentase nimfa yang berhasil menjadi imago. Selain itu, Inpari 13 mempunyai umur genjah kurang lebih 99 hari sehingga dapat mengurangi jumlah generasi WBC dalam satu musim tanam (Litbang 2018). Kombinasi varietas tahan dan umur genjah sangat baik dalam pengendalian WBC. Namun, penggunaan suatu varietas tahan tetap memperhatikan pola tanam dan melakukan pergiliran varietas agar WBC tidak cepat beradaptasi pada varietas tersebut (Horgan 2018).

WBC yang terkena paparan insektisida akan berusaha agar bahan aktif insektisida tersebut menjadi tidak toksik, sehingga lama kelamaan WBC membentuk populasi yang resisten karena sifat resisten tersebut diturunkan pada generasi berikutnya (Diptaningsari *et al.* 2019; Liu *et al.* 2015). Mekanisme secara perilaku, fisiologis dan genetik dilakukan serangga untuk mengatasi pengaruh insektisida. WBC yang telah resisten terhadap insektisida mempunyai penurunan dalam proses metabolisme atau proses biologi lainnya akibat adanya proses resistensi tersebut. WBC resisten terhadap insektisida mengalami penurunan kesintasan, penurunan fekunditas, penurunan lama hidup dan penurunan jumlah telur. Namun penurunan proses metabolisme atau proses biologi tersebut bervariasi, bergantung pada spesies, insektisida, dan lingkungan (Kliot dan Ghanim 2012). WBC resisten terhadap imidakloprid dilaporkan menyebabkan penurunan kebugaran (Liu and Han 2006). Penurunan kebugaran akibat resistensi dilaporkan juga terjadi pada WBC yang resisten terhadap klorfiripos, nitenpiram dan sulfoxaflor (Yang *et al.* 2017; Zhang *et al.* 2018; Liao *et al.* 2019).

Hasil penelitian menunjukkan adanya penurunan LC_{50} pada WBC yang telah resisten selama 6 generasi tanpa paparan insektisida. Implikasinya, apabila diketahui populasi WBC telah resisten terhadap suatu insektisida, maka insektisida tersebut tidak digunakan terlebih dahulu minimal selama 2 musim agar WBC menjadi rentan kembali terhadap insektisida tersebut. Rotasi penggunaan bahan aktif yang berbeda cara kerjanya dianjurkan untuk menunda terjadinya resistensi terutama pada bahan aktif yang baru beredar sehingga efektifitasnya terjaga dalam kurun waktu lama (Sparks and Nauen 2015). Penggunaan bahan kimia yang bersifat sinergis seperti *piperonil butoksida*, *dietil maleate* dan *S,S,S-tributil fosfotritoniat* dapat digunakan untuk meningkatkan efektifitas insektisida dan penurunan dosis insektisida yang dapat mengurangi tekanan seleksi

untuk memperlambat resistensi WBC (Londingkene *et al.* 2016).

KESIMPULAN

Kecepatan munculnya populasi resisten berbeda antar jenis bahan aktif insektisida. Aplikasi insektisida pada WBC selama 6 generasi menyebabkan peningkatan nisbah resistensi (NR), dengan peningkatan tertinggi terjadi pada imidakloprid dibandingkan pada BPMC dan pimeetrozin. Populasi WBC tanpa aplikasi insektisida menunjukkan penurunan NR terhadap BPMC, imidakloprid, dan pimeetrozin. WBC resisten insektisida menunjukkan adanya penurunan kebugaran dibandingkan dengan WBC rentan. Pada pengujian kesintasan, WBC pimeetrozin mempunyai kemampuan bertahan hidup lebih rendah dibandingkan dengan WBC rentan, sedangkan pada pengujian reaksi varietas, WBC BPMC dan WBC pimeetrozin lebih lama menyebabkan *hopperburn* dibandingkan dengan WBC rentan.

DAFTAR PUSTAKA

- Baehaki, S.E. 2011. Strategi fundamental pengendalian hama wereng batang coklat dalam pengamanan produksi padi nasional. *Pengembangan Inovasi Pertanian* 4(1): 63-75.
- Baehaki, S.E., E.H. Iswanto, dan D. Munawar. 2016. Resistensi wereng coklat terhadap insektisida yang beredar di sentra produksi padi. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 35(2): 99-107.
- Bao, H., S. Liu, J. Gu, X. Wang, X. Liang, and Z. Liu. 2009. Sublethal effects of four insecticides on the reproduction and wing formation of brown planthopper, *Nilaparvata lugens*. *Pest Management Science* 65(2): 170-174. <https://doi.org/10.1002/ps.1664>
- Cabauatan, P.Q., R.C. Cabunagan, and I.R. Choi. 2009. Rice viruses transmitted by the brown planthopper *Nilaparvata lugens* Stål. Di dalam: Heong KL, Hardy B, editor. *Planthoppers: new threats to the sustainability of intensive rice production systems in Asia*. Los Banos (PH): International Rice Research Institute. hlm 357-368.
- Chen, Y.H., C.C. Bernal, J. Tan, F.G. Horgan, and M.A. Fitzgerald. 2011. Planthopper "adaptation" to resistant rice varieties: Changes in amino acid composition over time. *J. Insect Physiology* 57: 1375-1384.
- Cruz, A.P., A.Arrida, K.L. Heong, and F.G. Horgan. 2011. Aspects of brown planthopper adaptation to resistant rice varieties with Bph3 gene. *Entomol. Expt. Appl.* 141(3): 245-257.
- Diptaningsari, D., Y.A. Trisyono, A. Purwantoro, and A. Wijonarko. 2019. Inheritance and Realized Heritability of Resistance to Imidacloprid in the Brown Planthopper, *Nilaparvata lugens* (Hemiptera: Delphacidae), From Indonesia. *J. Economic Entomol.* 112(4): 1831-1837. <https://doi.org/10.1093/jee/toz090>
- Direktorat Perlindungan Tanaman Pangan [Ditlin TP]. 2018. Laporan Tahunan Tahun 2017. Kementerian Pertanian: Jakarta (ID).
- Dupo, A.L.B. and A.T. Barrion. 2009. Taxonomy and general biology of delphacid planthoppers in rice agroecosystems. In: Heong KL, Hardy B. (eds). *Planthoppers: new threats to the sustainability of intensive rice production systems in Asia*. International Rice Research Institute. Los Bannos, Philipines. hlm 3-156.
- Heong, K.L., L. Wong, and J.H.D. Reyes. 2015. Addressing planthopper threats to asian rice farming and food security: fixing insecticides misuse. *Dalam*: K.L. Heong, J. Cheng, M.M. Escalada, editor. *Rice Planthopper : Ecology, management, socio-economic and policy*. Zhejiang University Press, Hangzhou (CN). Hlm 179-189.
- Horgan, F.G. 2018. Integrating gene deployment and crop management for improved rice resistance to Asian planthoppers. *Crop Protection* 110: 21-33.
- Horgan, F.G., B.S. Naik, E.H. Iswanto, M.L.P. Almazan, A.F. Ramal, and C.C. Bernal. 2015. Responses by the brown planthopper, *Nilaparvata lugens*, to conspecific density on resistant and susceptible rice varieties. *Entomol. Expt. Appl.* 158(3): 284-294.
- Insecticide Resistance Action Committee [IRAC]. 2018a. IRAC mode of action classification scheme. *Crop Life International* [diunduh 2018 april 23]. Tersedia pada: <http://www.irac-online.org/documents/moa-classification/?ext=pdf>
- Insecticide Resistance Action Committee [IRAC]. 2018b. *Nilaparvata lugens* and *Nephotettix cincticeps* – nymphs and adults (IRAC Method #5). Tersedia pada: http://www.irac-online.org/content/uploads/Method_005_v4.1.pdf.
- Iswanto, E.H., R.H. Praptana, dan A. Guswara. 2016. Peran senyawa metabolit sekunder tanaman padi terhadap ketahanan wereng coklat (*Nilaparvata lugens*). *Iptek Tanaman Pangan* 11(2):127-132.
- Kliot, A. and M. Ghanim. 2012. Fitness costs associated with insecticide resistance. *Pest Management Science*, 68(11): 1431-1437. doi:10.1002/ps.3395
- LeOra Software. 2009. *POLO-PLUS User's Guide*. Petaluma (CA): LeOra Software.
- Liao, X., K. Mao, E. Ali, R. Jin, Z. Li, W. Li, J. Li, and H. Wan. 2019. Inheritance and fitness costs of sulfoxaflor resistance in *Nilaparvata lugens* (Stål). *Pest Management Science*. <https://doi.org/10.1002/ps.5412>
- [Litbang] Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 2018. Deskripsi varietas unggul baru padi. Kementerian Pertanian. 99p. ISBN 9789795400806.
- Liu, Z. and Z. Han. 2006. Fitness costs of laboratory selected imidacloprid resistance in the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* Stål. *Pest Management Science* 62(3): 279-282. <https://doi.org/10.1002/ps.1169>
- Liu, W., J. Wu, Y. Zhang, F. Liu, J. Xu, and H. Bao. 2015. Mechanisms of rice planthopper resistance to insecticides. In K.L. Heong, J. Cheng and M.M. Escalada. *Rice Planthopper : Ecology, management, socio-economic and policy*. Springer. Zhejiang University Press; Hangzou (CN). 117-141p.
- Londingkene, J.A., Y.A. Trisyono, Witjaksono, and E. Martono. 2016. Resistance to imidacloprid and effect of three synergists on the resistance level of brown planthopper. In : *Advances of Science and Technology for society: Proceeding of the 1st international conference on science and technology*. AIP Conference Proceeding, Yogyakarta, 11 - 13 November 2015.
- Lou, Y.G., L. Hu, and J. Li. 2015. Herbivore-induced defenses in rice and their potential application in rice planthopper management. In K.L. Heong, J. Cheng and M.M. Escalada, editors. *Rice Planthopper: Ecology, management, socio-*

- economic and policy. Zhejiang University Press; Hangzhou (CN). 91-116p.
- Lu, Z.X., K.L. Heong, X.P. Yu, and C. Hu. 2004. Effects of Plant Nitrogen on Ecological Fitness of the Brown Planthopper, *Nilaparvata lugens* Stal. in Rice. *J. Asia-Pacific Entomol.* 7(1): 97-104.
- Pathak, P.K. and E.A. Heinrichs. 1982a. Selection of biotype population 2 and population 3 of *Nilaparvata lugens* (Homoptera, Delphacidae) by exposure to resistant rice varieties. *Environmental Entomology* 11: 85-90.
- Pathak, P.K., R.C. Saxena, and E.A. Heinrichs. 1982b. Parafilm sachet for measuring honeydew excretion by *Nilaparvata lugens* on rice. *J. Economic Entomol.* 75(2) : 194-195.
- Rahmini, P. Hidayat, E.S. Ratna, I.W. Winasa, S. Manuwoto. 2012. Respons biologi wereng batang cokelat terhadap biokimia tanaman padi. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 31(2): 117-123.
- Rashid, M.M., M. Jahan, and K.S. Islam. 2016. Impact of nitrogen, phosphorus, and potassium on brown planthopper and tolerance of its hosts rice plants. *Rice Science* 23(3): 119-131.
- Sparks, T.C. and R. Nauen. 2015. IRAC: Mode of action classification and insecticide resistance management. *Pest. Biochem. and Physiol.* 121: 122-128.
- Stevenson, P.C., F.M. Kimmins, R.J. Grayer, and S. Raveendranath. 1996. Schaftosides from rice phloem as feeding inhibitors and resistance factors to brown planthopper, *Nilaparvata lugens*. *Entomol. Expt. Appl.* 80:246-249.
- Surahmat, C.E., Dadang, D. Prijono. 2016. Kerentanan wereng batang cokelat (*Nilaparvata lugens*) dari enam lokasi di pulau jawa terhadap tiga jenis insektisida. *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika* 16(1): 61-71.
- Trisyono YA, Aryuwandari VEF, Rahayu T, Martono E. 2017. Effects of etofenprox applied at the sublethal concentration on the fecundity of rice brown planthopper, *Nilaparvata lugens*. *Journal of Asia-Pacific Entomology* 20(2): 547-551.
- Winteringham, F.P.W. 1969. FAO international collaborative programme for the development of standardized test for resistance of agricultural pests to a pesticides. *FAO Plant Prot. Bull.* 17(4):73-75.
- Yang, B.J., M.L. Liu, Y.X. Zhang, and Z.W. Liu. 2017. Effects of temperature on fitness costs in chlorpyrifos resistant brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Hemiptera: Delphacidae). *Insect Science* 25(3): 409-417.
- Yang, Y., B. Dong, H. Xu, X. Zheng, J. Tian, K.L. Heong, and Z. Lu. 2014. Decrease of insecticide resistance over generations without exposure to insecticides in *Nilaparvata lugens* (Hemipteran: Delphacidae). *J. Economic Entomol.* 107(4): 1618-1625. <http://dx.doi.org/10.1603/EC13550>
- Zhang, X., K. Mao, X. Liao, B. He, R. Jin, T. Tang, H. Wan and J. Li. 2018. Fitness cost of nitenpyram resistance in the brown planthopper *Nilaparvata lugens* *J. Pest Science* 91: 1145. <https://doi.org/10.1007/s10340-018-0972-2>
- Zhang, Z., B. Cui, and Y. Zhang. 2015. Electrical penetration graph indicate that triclin is a key secondary metabolite of rice, inhibiting phloem feeding of brown planthopper, *Nilaparvata lugens*. *Entomol. Expt. Appl.* 156(1): 14-27.
- Zhai Y, Zhang Z, Sun Z, Dong X, He Y, Kang K, Liu Z, Zhang W. 2013. Proteomic and transcriptomic analyses of fecundity in the brown planthopper *Nilaparvata lugens* (Stål). *Journal of Proteome Research* 12(11): 5199-5212.
- Zhao, Y., F.K. Huang, X.L. Tong, B. Ling, and X.F. Pang. 2004. Secondary compounds in rice resistant variety to *Nilaparvata lugens*. *Chinese J. Appl. Ecol.* 15(11): 2161-2164.
-

