

**SELEKSI BIOTIPE WERENG BATANG COKLAT  
(*NILAPARVATA LUGENS STÅL*)**

**<sup>1</sup>Chaerani**

**<sup>2</sup>Fatimah, Diani Damayanti, Ahmad Dadang, Sutrisno, Bahagiawati**

<sup>1,2</sup>Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian, Jl. Tentara Pelajar no. 3A Kampus Pertanian Cimanggu, Bogor 16111

Tel. 0251-833975; HP 085692852060; Fax (0251) 8338820

<sup>1</sup>e-mail: chaeran1@yahoo.com

<sup>2</sup>fathyapril@yahoo.com ; d.damayanti19@gmail.com; a.dadang@gmail.com; s.trisno@indo.net; bahagiawati@indo.net.id

**ABSTRAK**

Wereng batang coklat (WBC) memiliki variasi virulensi yang dikenal sebagai 'biotipe'. Biotipe WBC murni bermanfaat untuk pengujian ketahanan calon varietas atau galur padi isogenik, dan studi genetik virulensi WBC. Akan tetapi, biotipe WBC yang ada sudah terkontaminasi. Penelitian ini bertujuan membuat biotipe WBC dengan jalan menyeleksi virulensi pada varietas diferensial yang sesuai berdasarkan berat ekskreta embun madu. Tiga sampai empat tahap seleksi virulensi pada varietas Mudgo (mengandung gen ketahanan *Bph1*) atau ASD7 (*bph2*), mendapatkan biotipe 1, 2, 3, dan 4 tentatif (t). Konfirmasi virulensi biotipe 1 (t) menggunakan teknik skrining massal dan uji preferensi inang menunjukkan bahwa biotipe 1 murni belum diperoleh karena selain TN1 (tidak mengandung gen *Bph*), varietas Mudgo dan ASD7 ternyata juga diserang dan jumlah nimfa yang menginfestasi ketiga varietas tidak berbeda nyata. Seleksi lanjutan pada varietas penyeleksi yang sesuai akan dilakukan hingga diperoleh biotipe murni.

**Kata kunci:** wereng batang coklat, virulensi, varietas diferensial, embun madu

**ABSTRACT**

Brown planthopper (BPH) shows virulence variation towards differential varieties carrying *Bph* resistance genes which is known as 'biotype'. Genetically pure BPH biotypes are useful for resistance characterization of varieties to be released or near isogenic lines, and for genetic studies of BPH virulence. Unfortunately, the existing 'biotypes' have been contaminated. The objective of this study was to artificially develop BPH biotypes by means of virulence selection on appropriate differential varieties based on the weight of honeydew excretion. Three to four selection cycles on Mudgo (carrying *Bph1* resistance gene) or ASD7 (*bph2*) obtained tentative (t) biotype 1, 2, 3, and 4. Virulence tests of biotype 1(t) using mass screening technique and host preference test showed that pure biotype 1 has not been obtained since TN1 (carrying no *Bph* gene), Mudgo and ASD7 were

susceptible and were equally preferred by nymphs. Further selection cycles are necessary to obtain pure biotypes.

**Key words:** brown planthopper, virulence, differential varieties, honeydew

## PENDAHULUAN

Wereng batang coklat (WBC) memiliki variasi virulensi yang dikenal sebagai biotipe. Biotipe WBC dikelompokkan berdasarkan kemampuan makan dan reproduksi pada varietas diferensial. Biotipe 1 hanya dapat makan dan bereproduksi pada TN1 (tanpa gen ketahanan terhadap WBC [*Bph*]), biotipe 2 pada TN1 dan Mudgo (membawa gen *Bph1*), biotipe 3 pada TN1 dan ASD7 (*bph2*), dan biotipe 4 dapat makan dan bereproduksi pada ketiga varietas (Brar *et al.*, 2009).

Biotipe 1-3 digunakan untuk uji ketahanan galur unggul harapan sebagai persyaratan pelepasan calon varietas (Jamil *et al.*, 2016), walaupun kenyataan di lapangan menunjukkan bahwa WBC lapang sebagian besar telah didominasi oleh biotipe 4 dan yang lebih ganas dari biotipe 4 (Chaerani *et al.*, 2016). Sayangnya, koleksi biotipe WBC 1-3 sudah terkontaminasi dan menunjukkan keragaan genetik berdasarkan marka *simple sequence repeat* (SSR) yang lebih tinggi dibandingkan dengan populasi lapang (Yunus *et al.*, 2014; Chaerani *et al.*, 2015). Selain diperlukan untuk pengujian ketahanan varietas, biotipe murni juga bermanfaat untuk karakterisasi ketahanan galur-galur isogenik padi (*near isogenic lines*, NIL) dan studi genetik virulensi WBC.

Pembentukan biotipe WBC dapat dilakukan secara buatan di laboratorium dengan jalan menyeleksi virulensi pada varietas diferensial. Pathak dan Heinrichs (1982) berhasil membuat biotipe 2 dan 3 dari biotipe lapang yang semula tidak mampu menyerang Mudgo dan ASD7. Setelah itu Khan dan Saxena (1990) berhasil memurnikan populasi biotipe 1. Manzila *et al.* (2002) juga memperoleh biotipe 1 relatif murni dari populasi biotipe 1 terkontaminasi dengan menyeleksi kemampuan makan individu yang diukur dari ekskresi embun madu (*honeydew*) pada kertas saring yang diberi indikator pewarna.

Penelitian ini bertujuan membuat biotipe 1-4 dengan jalan menyeleksi virulensi populasi WBC asal lapang pada varietas diferensial berdasarkan berat ekskreta embun madu pada kantung parafilm (Pathak *et al.*, 1982).

## METODE PENELITIAN

### Populasi dan Pemeliharaan WBC

Populasi WBC yang digunakan untuk seleksi adalah S1 asal Bekasi (Jawa Barat), JWDL asal Klaten (Jawa Tengah), dan X1 asal Maros (Sulawesi Selatan) yang berkarakter virulensi berturut-turut seperti biotipe 2, 4, dan lebih ganas dari biotipe 4 (Chaerani *et al.*, 2016). Digunakannya tiga populasi asal lapang adalah untuk memperbesar peluang diperolehnya keempat biotipe WBC. Penelitian

sebelumnya oleh Manzila *et al.* (2002) yang menggunakan populasi biotipe 1 campuran tidak berhasil mendapatkan biotipe 2 dan 3. Populasi WBC dipelihara dalam kandang berkasa pada masing-masing tanaman varietas inangnya (Manohara untuk populasi S1, Ciherang untuk JWDL, dan Ciliwung untuk X1) berumur 30-45 hari setelah tanam (HST). Tanaman pakan diganti setiap 2-3 hari sekali.

### **Seleksi Virulensi**

Nimfa instar 3 atau 4 dipelihara secara individual dalam *cup* plastik berisi lumpur yang telah ditanami bibit padi varietas inangnya (umur 2-4 minggu setelah tanam) dan disungkup dengan tabung plastik *mylar* yang bertutup kain kasa, atau dipelihara dalam tabung reaksi yang telah diisi bibit padi dalam media air dan ditutup dengan kain kasa. Betina virgin yang berumur 24-48 jam setelah berganti kulit dipuasakan selama 2 jam (Tanaka, 1999) kemudian dimasukkan ke dalam kantung parafilm berukuran 50 mm x 41 mm (Pathak *et al.*, 1982) yang telah direkatkan pada tanaman penyeleksi berumur 30-45 HST. Imago betina dibiarkan makan selama 48 jam setelah itu emun madu yang dihasilkan ditimbang (Tanaka, 1999). Pada seleksi tahap 1 varietas penyeleksi yang digunakan adalah Mudgo (Bph1) untuk memisahkan kelompok avirulen (ekskresi embun madu <10 mg) dari kelompok virulen (embun madu >20 mg; Tanaka, 1999). Kelompok avirulen terdiri dari campuran biotipe 1 tentatif (t) dan biotipe 3 (t), sedangkan kelompok virulen terdiri dari campuran biotipe 2(t) dan biotipe 4(t). Kelompok avirulen selanjutnya dipelihara pada TN1 (tidak mengandung gen Bph) sedangkan kelompok virulen pada Mudgo.

Pada seleksi tahap 2 kelompok avirulen diseleksi pada ASD7 (bph2) untuk memisahkan biotipe 1(t) dari biotipe 3(t), yang berturut-turut avirulen dan virulen terhadap ASD7. Sementara itu kelompok virulen diseleksi pada Mudgo untuk memisahkan biotipe 2(t) dari biotipe 4(t), yang berturut-turut avirulen dan virulen terhadap Mudgo. Biotipe 1(t) dipelihara pada TN1, biotipe 2(t) pada Mudgo, sedangkan biotipe 3(t) dan biotipe 4(t) dipelihara pada ASD7. Semua individu dengan virulensi *intermediate* (embun madu 10-20 mg) dibuang. Pemurnian lanjut pada varietas penyeleksi yang sesuai dilakukan jika hasil pengujian virulensi menunjukkan bahwa setiap biotipe tidak memperlihatkan karakter virulensi dari masing-masing kelompok.

### **Uji Virulensi**

Virulensi biotipe diuji menggunakan metode skrining masal pada bak benih (Baehaki, 2012) dan uji preferensi inang (Jing *et al.*, 2012). WBC diperbanyak dengan menelurkan imago betina bunting selama 3 malam pada varietas pakan di dalam kandang berkasa. Telur dibiarkan menetas dan nimfa dipelihara hingga menjadi nimfa instar-2 dan -3 sebelum diinfestasikan pada tanaman uji.

Pada metode skrining massal kecambah TN1, Mudgo, ASD7, dan Rathu Heenathi ditanam dalam bak benih berukuran 32 cm×24 cm×12 cm yang telah diisi lumpur. Setiap varietas ditanam dalam satu baris, dengan jumlah 20 kecambah per

varietas. Setelah berumur 7-10 HST, bibit diinfestasi dengan nimfa instar 2-3 pada kepadatan  $\pm 8$  ekor/bibit menggunakan metode keprik (*tapping method*). Gejala kerusakan diskor ketika  $\geq 90\%$  tanaman TN1 mati menggunakan metode skoring per tanaman pada skala 0-9 yang diadaptasi dari Sun *et al.* (2005) dan Kumari *et al.* (2010), yaitu 0 = tanaman sehat, 1 = satu daun menguning, 3 = sebagian daun pertama dan kedua menguning atau satu daun mengerut, 5 = setengah tanaman menguning atau 1-2 daun mengerut, 7 = lebih dari setengah bagian tanaman layu atau daun-daun mengerut tetapi masih hidup, dan 9 = tanaman mati. WBC dikategorikan sebagai biotipe 1 jika hanya TN1 yang rentan (skor  $\geq 5$ ), biotipe 2 jika TN1 dan Mudgo yang rentan, biotipe 3 jika TN1 dan ASD7 yang rentan, dan biotipe 4 jika ketiga varietas diferensial rentan (Baehaki dan Munawar, 2008). Perlakuan diulang tiga kali, dengan satu bak merupakan satu ulangan.

Preferensi inang diuji dengan cara menginfestasikan nimfa instar-2 dan -3 menggunakan metode keprik ke tengah-tengah pot yang telah ditanami dengan keempat varietas diferensial (umur 45 HST). Pot disungkup dengan tabung plastik *mylar* yang bertutup kain kasa. Nimfa yang mendarat pada tiap varietas dihitung pada 4, 24, 30, 54, 72, 78, 96, dan 120 jam setelah infestasi (JSI). Perlakuan diulang tiga kali dengan satu pot merupakan satu ulangan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Dibandingkan dengan metode pengukuran luas ekskresi embun madu pada kertas saring (Manzila *et al.*, 2002), metode penimbangan berat embun madu yang ditampung dalam kantong parafilm jauh lebih efisien dalam pengerjaannya dan akurat dalam penilaian virulensi. Hasil seleksi virulensi dapat diketahui segera setelah dilakukan penimbangan embun madu berdasarkan ambang batas berat embun madu yang diusulkan oleh Tanaka (1999).

### Seleksi Virulensi

Pada tahap I total sebanyak 285 ekor betina diseleksi pada varietas Mudgo, 146 ekor di antaranya (51%) bersifat avirulen dan 92 ekor (30%) virulen terhadap Mudgo, sedangkan sisanya *intermediate* dalam virulensi (Tabel 1). Kelompok avirulen terdiri dari campuran biotipe 1(t) dan biotipe 3(t), sedangkan yang virulen merupakan campuran biotipe 2(t) dan biotipe 4(t).

Pada seleksi tahap II pada ASD7, dari kelompok avirulen telah dipisahkan 107 ekor (66%) biotipe 1(t) dari 35 ekor (21%) biotipe 3(t), berturut-turut bersifat avirulen dan virulen terhadap ASD7. Sementara itu dari kelompok virulen diperoleh 87 ekor (75%) biotipe 2(t) dan 9 ekor (8%) biotipe 4(t), berturut-turut bersifat avirulen dan virulen terhadap ASD7.

Biotipe 1(t) telah diuji virulensinya tetapi belum menunjukkan karakter virulensi seperti biotipe 1 (lihat hasil pengujian virulensi WBC). Oleh karena itu biotipe 1(t) dimurnikan lanjut pada seleksi tahap III dan IV. Proporsi individu avirulen pada kelompok biotipe ini meningkat setelah diseleksi pada tahap IV

menjadi 84% dari semula 77% pada seleksi tahap III. Berdasarkan fakta bahwa dua tahap seleksi ternyata tidak cukup untuk memperoleh biotipe 1 murni, maka biotipe 2(t) dan 3(t) diseleksi lanjut sebelum diuji virulensinya.

Hasil pemurnian 36 ekor biotipe 2(t) pada Mudgo dan 50 ekor biotipe 3(t) pada ASD7 (seleksi tahap III) mendapatkan berturut-turut 8 ekor (22%) dan 21 ekor (42%) yang virulen terhadap masing-masing varietas penyeleksi dan dikode biotipe 2(t)-M1 dan 3(t)-A1 (Tabel 1). Sementara itu baru 9 ekor biotipe 4(t) yang diseleksi lanjut namun belum berhasil diperoleh individu virulen terhadap ASD7.

**Tabel 1.** Seleksi virulensi wereng batang coklat pada varietas Mudgo (*Bph1*) dan ASD7 (*bph2*) berdasarkan berat embun madu

Tahap seleksi	Populasi WBC	n	Varietas penyeleksi	Avirulen (embun madu <10 mg)	Virulen (embun madu >20 mg)	Intermediate (10 mg ≤ embun madu < 20 mg)
I	Populasi lapang (S1, JWDL, dan X1)	285	Mudgo ( <i>Bph1</i> )	146 (51%) <sup>a</sup>	92 (32%) <sup>b</sup>	47 (17%)
II	Campuran biotipe 1 tentatif (t) dan 3(t)	163	ASD7 ( <i>bph2</i> )	107 (66%) <sup>c</sup>	35 (22%) <sup>d</sup>	21 (13%)
	Campuran biotipe 2(t) dan 4(t)	116	Mudgo	87 (75%) <sup>e</sup>	9 (8%) <sup>f</sup>	20 (17%)
III	Biotipe 1(t)	31	Mudgo	24 (77%) <sup>g</sup>	4 (13%)	3 (10%)
	Biotipe 2(t)	36	Mudgo	18 (50%) <sup>h</sup>	8 (22%)	10 (28%)
	Biotipe 3(t)	50	ASD7	22 (44%) <sup>i</sup>	21 (42%)	7 (14%)
	Biotipe 4(t)	9	ASD7	7 (78%) <sup>j</sup>	0 (0%)	2 (22%)
IV	Biotipe 1(t)-M1 <sup>g</sup>	63	Mudgo	53 (84%) <sup>k</sup>	5 (8%)	5 (8%)

<sup>a</sup>campuran biotipe 1(t) dan 3(t); <sup>b</sup>campuran biotipe 2(t) dan 4(t); <sup>c</sup>biotipe 1(t); <sup>d</sup>biotipe 3(t); <sup>e</sup>biotipe 2(t); <sup>f</sup>biotipe 4(t) <sup>g</sup>biotipe 1(t) hasil seleksi ke-1 pada Mudgo = biotipe 1(t)-M1; <sup>h</sup>biotipe 2(t) hasil seleksi ke-1 pada Mudgo = biotipe 2(t)-M1; <sup>i</sup>biotipe 3(t) hasil seleksi ke-1 pada ASD7 = biotipe 3(t)-A1; <sup>j</sup>biotipe 4(t) hasil seleksi ke-1 pada ASD7 = biotipe 4(t)-ASD7; <sup>k</sup>biotipe 1(t) hasil seleksi ke-2 pada Mudgo = biotipe 1(t)-M2

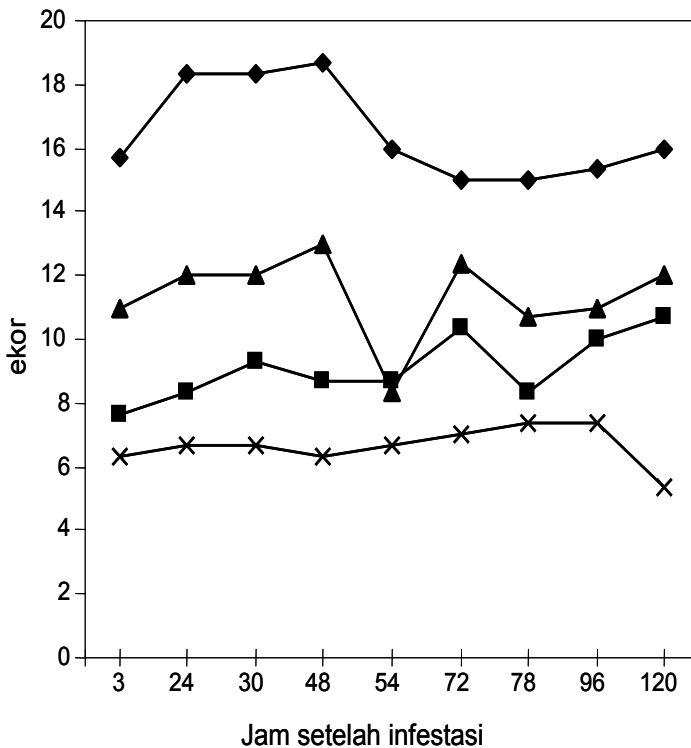
## Uji Virulensi

Pengujian virulensi baru dapat dilakukan terhadap biotipe 1(t). Skrining massal pada bak benih menunjukkan bahwa TN1, Mudgo, dan ASD7 memiliki skor kerusakan tanaman >7 (rentan), yang berarti virulensi biotipe 1(t) menyamai biotipe 4 (Tabel 2). Hasil uji preferensi inang menunjukkan bahwa nimfa biotipe 1(t) lebih banyak menginfestasi TN1 daripada berturut-turut pada ASD7, Mudgo, dan Rathu Heenati hingga 120 JSI (Gambar 1). Akan tetapi penghitungan luas area di bawah kurva preferensi inang ((Simko dan Piepho, 2012) pada >24 JSI menunjukkan bahwa jumlah nimfa yang mendarat pada TN1, Mudgo, dan ASD7 tidak berbeda nyata; dan ketiga varietas nyata lebih disukai dibandingkan dengan Rathu Heenati (Tabel 3; data diperlihatkan hanya pada pengamatan 24 dan 120 JSI). Dengan demikian pengujian preferensi inang mendukung hasil skrining massal, yaitu biotipe 1(t) belum diperoleh karena virulensinya masih termasuk dalam biotipe 4.

**Tabel 2.** Skor kerusakan varietas diferensial padi yang diinfestasi dengan nimfa biotipe 1(t) menggunakan metode skrining massal pada kotak benih

Varietas (gen ketahanan)	Skor kerusakan tanaman <sup>a</sup>
TN1	8,8 (sangat rentan)
Mudgo ( <i>Bph1</i> )	7,6 (rentan)
ASD7 ( <i>bph2</i> )	7,8 (rentan)
Rathu Heenathi ( <i>Bph3</i> )	1,8 (tahan)

<sup>a</sup>0-1 = sangat tahan, >1 = tahan, >3-5 = agak tahan, >7-8 = rentan, >8 = sangat rentan (Baehaki dan Munawar, 2008)



◆ TN1 (tidak ada gen *Bph*)      ▲ ASD7 (*bph2*)  
 ■ Mudgo (*Bph1*)                      ✕ Rathu Heenathi (*Bph3, Bph17*)

**Gambar 2.** Preferensi inang oleh nimfa biotipe 1(t) pada empat varietas diferensial

**Tabel 3.** Luas area di bawah kurva perkembangan preferensi inang<sup>a</sup> oleh nimfa instar-2 dan -3 biotipe 1(t)

Varietas (gen ketahanan)	24 JSI <sup>b</sup>	120 JSI
TN1 (tidak ada gen <i>Bph</i> )	136.5	1922 a
ASD7 ( <i>bph2</i> )	241.5	1328.5 ab
Mudgo ( <i>Bph1</i> )	168	1075 ab
Rathu Heenathi ( <i>Bph3, Bph17</i> )	136.5	782.5 b

<sup>a</sup>Dihitung menggunakan rumus:  $\sum_i \{([N_{i+1} + N_i]/2) \times (t_{i+1} - t_i)\}$ , dimana  $N_i$  adalah jumlah nimfa pada pengamatan jam ke- $i$ , dan  $t_i$  adalah jam pengamatan ke- $i$  (Simko dan Piepho, 2012)

<sup>b</sup>Jam setelah infestasi. Angka dalam satu kolom yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji DMRT pada taraf  $P=0.05$

Hingga seleksi tahap III atau IV lebih dari 30 ekor individu telah diseleksi dari setiap kelompok biotipe, kecuali biotipe 4(t). Namun demikian segregasi virulensi masih terjadi dengan kesenjangan jumlah individu yang cukup besar antara yang avirulen dan virulen pada setiap kelompok biotipe, kecuali pada biotipe 3(t). Proporsi individu virulen pada biotipe 1(t) dan turunannya yang diseleksi lanjut serta pada biotipe 2(t) lebih sedikit dibandingkan dengan yang avirulen. Namun dengan proporsi yang lebih rendah, keberadaan individu virulen mampu meningkatkan derajat virulensi biotipe 1(t) hingga menyamai biotipe 4. Populasi yang diseleksi berasal dari lapang, yang diketahui memiliki variasi individual yang besar dalam virulensi (Claridge dan Den Hollander, 1982). Hal ini diduga menyulitkan eliminasi individu virulen dalam sedikit tahapan seleksi.

Seleksi virulensi secara individual untuk kelompok biotipe yang lebih ganas (biotipe 3 dan 4) mungkin saja tidak perlu dilakukan, tetapi cukup dengan mengadaptasikannya pada varietas tahan secara terus menerus. Pada biotipe 3(t) proporsi individu virulen seimbang dengan yang avirulen hanya dalam 3 tahap seleksi (Tabel 1), sehingga diperkirakan adaptasi beberapa generasi pada ASD7 akan meningkatkan proporsi individu virulen secara nyata. Claridge dan Hollander (1982) dapat mengkonversi biotipe WBC setelah mengadaptasikannya pada varietas yang diinginkan hanya dalam waktu 10 generasi. Jing *et al.* (2012) memerlukan waktu lebih lama (33 generasi) untuk mengkonversi biotipe 1 pada varietas tahan mengandung gen *Bph15* menjadi biotipe baru yang lebih ganas dari biotipe 3 namun memiliki profil genetik berdasarkan marka SSR yang sama sekali berbeda dari biotipe 1-3.

Penelitian ini masih akan dilanjutkan dengan menguji virulensi biotipe 1(t)-M2. Sementara itu ketiga biotipe lainnya akan diseleksi hingga tahap IV terlebih dahulu sebelum diuji virulensinya.

## KESIMPULAN

Seleksi biotipe 1-4 berdasarkan berat ekskresi embun madu telah dilakukan pada varietas diferensial sebanyak 3-4 tahap. Biotipe 1 murni belum diperoleh karena hasil skrining massal pada TN1, Mudgo dan ASD7 menunjukkan bahwa ketiga varietas rentan dan uji preferensi inang juga menunjukkan bahwa jumlah nimfa yang menginfestasi ketiga varietas tersebut tidak berbeda nyata. Untuk mendapatkan keempat biotipe murni seleksi virulensi akan dilanjutkan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Baehaki, S.E. 2012. Standar operasional prosedur pengujian galur dan varietas padi terhadap wereng batang coklat (*Nilaparvata lugens*). Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Kementerian Pertanian, Jakarta.
- Baehaki, S.E. and Munawar, D. 2008. Identifikasi biotipe wereng coklat di Jawa, Sumatera dan Sulawesi dan reaksi ketahanan kultivar padi. *In: Suprihatno, B. et al. (Eds.)*. Prosiding Seminar Apresiasi Hasil Penelitian Padi Menunjang P2BN (Subang, 19-20 Nopember 2007). Pp. 351-366. Balai Besar Penelitian Tanaman Padi, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Subang.
- Brar, D.S., Virk, P.S., Jena, K.K., and Khush, G.S. 2009. Breeding for resistance to planthoppers in rice. pp. 401-428. *In* Heong, K.L. and Hardy, B. (Eds.) *Planthoppers: New Threats to the Sustainability of Intensive Rice Production Systems in Asia*. IRRI. Los Baños.
- Chaerani, Damayanti, D., Trisnaningsih, Yuriyah, S., Kusumanegara, K., Dadang, A., Sutrisno, dan Bahagiawati. 2016. Virulence of brown planthopper (*Nilaparvata lugens* Stål) and development of core collection of the pest. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan (in press)*.
- Simko, I. and Piepho, H.-P. 2012. The area under the disease progress stairs: calculation, advantage, and application. *Phytopathology* 102:381-389.
- Chaerani, Yuriyah, S., Dadang, A., Damayanti, D., Kusumanegara, K., Trisnaningsih, Bahagiawati, dan Sutrisno. 2015. Karakterisasi virulensi dan molekuler wereng batang coklat (*Nilaparvata lugens* [Stål]). hlm. 371-382. *Dalam* S. Abdulrachman *et al. (eds.)* Prosiding Seminar Nasional 2014 Buku 1. BB Padi. Subang.
- Claridge, M.F. and Den Hollander, J. 1982. Virulence to rice cultivars and selection for virulence in populations of the brown planthopper *Nilaparvata lugens*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 32: 213-221.
- Jamil, A., Satoto, Sasmita, P., Guswara, A., dan Suharna. 2016. Deskripsi varietas unggul baru padi. Balai Besar Penelitian Tanaman Padi, Subang.

- Jing, S., Liu, B., Peng, L., Zhu, L., Fu, Q., and He, G. 2012. Development and use of EST-SSR markers for assessing genetic diversity in the brown planthopper (*Nilaparvata lugens* Stål). *Bulletin of Entomological Research* 102(1):113-122. Doi:10.1017/S0007485311000435.
- Khan, Z.R. and Saxena, R.C. 1990. Purification of biotype I population of brown planthopper *Nilaparvata lugens* (Homoptera: Delphacidae). *International Journal of Tropical Insect Science* 11(01): 55-62.
- Kumari, S., Sheba, J.M., Marappan, M., Ponnuswamy, S., Seetharaman, S., Pothen, N., Subbarayalu, M., Muthurajan, R., and Natesan, S. 2010. Screening of IR503 Rathu Heenati F7RILs and identification of SSR markers linked to brown planthopper (*Nilaparvata lugens* Stål) resistance in rice (*Oryza sativa* L.). *Molecular Biotechnology* 46:63-71.
- Manzila, I., Rijzaani, dan H., Bahagiawati. 2002. Pemurnian wereng coklat biotipe laboratorium. hlm. 289-300. *Dalam* (eds.) Prosiding Seminar Hasil Rintisan dan Bioteknologi Tanaman. Bogor.
- Pathak, P.K. and Heinrichs, E.A. 1982. Selection of biotype populations 2 and 3 of *Nilaparvata lugens* by exposure to resistant rice varieties. *Environmental Entomology* 11 (1): 85-90.
- Pathak, P.K., Saxena, R.C., and Heinrichs, E.A. 1982. Parafilm sachet for measuring honeydew excretion by *Nilaparvata lugens* on rice. *Journal of Economic Entomology* 75: 194-195.
- Sun, L., Su, C., Wang, C., Zhai, H., and Wan, J. 2005. Mapping of a major resistance gene to the brown planthopper in the rice cultivar Rathu Heenati. *Breeding Science* 55: 391-396.
- Tanaka, K. 1999. Quantitative genetic analysis of biotypes of the brown planthopper *Nilaparvata lugens*: heritability of virulence to resistant rice varieties. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 90: 279-287.
- Yunus, M., Sutoro, Enggarini, W., Prasetyono, J., Fatimah, Utami, D. W., Manzila, I., Chaerani, dan Warsun, A. 2014. Pembentukan galur unggul padi melalui aplikasi marka molekuler sifat produktivitas dan tahan organisme pengganggu tanaman (OPT). Laporan Akhir Hasil Penelitian BB Biogen. Bogor.