

**APLIKASI PESTISIDA BIORASIONAL
TERHADAP PENGGEREK BATANG DAN HAWAR DAUN BAKTERI PADI**

**(THE APPLICATION OF BIORATIONAL PESTICIDES ON PADDY STEM BORER
AND BACTERIAL LEAF BLIGHT)**

I Made Samudra, Dwiningsih Susilowati, dan Yadi Suryadi*

Laboratorium Biokimia dan Mikrobiologi BB Biogen

Jl. Tentara Pelajar 3A Bogor 16111

*email: yshid@yahoo.co.uk

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari efektivitas perangkap feromon untuk mengendalikan serangga penggerek batang padi kuning (PBPK) (*Scirpophaga. incertulas*) dan menguji efektifitas agen biokontrol yang terdiri atas campuran kultur bakteri endofitik (*Bacillus firmus* E65 and *Burkholderia* sp E76) dan patogen serangga (*Serratia marcescens*, SKM) berbasis bioformulasi kaolin untuk mengendalikan penyakit HDB. Pengujian dilakukan pada kondisi lahan organik petani di Cianjur Jawa Barat dengan cara memasang feromon untuk menangkap serangga jantan pada petak percobaan, dan melakukan aplikasi formulasi biopestisida berbasis kaolin (2,5 g/L). Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi perangkap feromon dengan menggunakan 100 perangkap pada area seluas 10 Ha, menyebabkan populasi serangga jantan yang tertangkap menurun kurang dari 40 ngengat per bulan, dan serangan hama penggerek batang juga menurun menjadi nol infestasi, sementara serangan hama penggerek batang pada petak yang tidak diaplikasi feromon menunjukkan <10% infestasi. Pengaruh bioformulasi pada kultivar non-Sintanur terhadap hama minor lainnya juga menurun dibandingkan dengan kontrol (cv. Sintanur). Bioformulasi berbasis kaolin menunjukkan penurunan penyakit hawar daun bakteri sekitar 84,7% dibandingkan dengan petak tanpa perlakuan (tanpa bioformulasi).

Kata kunci: *padi, penggerek batang, hawar daun bakteri, feromon, biopestisida*

Abstract

This study was aimed at determining the effectiveness of pheromone traps for controlling yellow paddy stem borer (*Scabpophaga. Incertulas*) insects and testing the effectiveness of biocontrol agents consisting of a mixture of endophytic bacterial cultures (*Bacillus firmus* E65 and *Burkholderia* sp E76) and insect pathogens (*Serratia marcescens*, SKM) based on kaolin bioformulation to control HDB disease. Tests were carried out on the conditions of farmers' organic land in Cianjur, West Java by installing pheromones to catch male insects in the experimental plots, and applying kaolin-based biopesticide formulations (2.5 g / L). The results show that the application of pheromone traps by using 100 traps in an area of 10 ha, caused the population of male insects to be caught to decrease by less than 40 moths per month. It also effects stem borers to decrease into zero infestations, while stem borer infestation in plots that are not applied to pheromones show <10% infestation. The effect of bioformulation on non-Sintanur cultivars on other minor pests also decrease compared to controls (cv. Sintanur). Kaolin-based bioformulation shows a decrease in bacterial leaf blight of about 84.7% compared to untreated (without bioformulation) plots.

Keywords: *rice, stem borer, bacterial leaf blight, pheromone traps, biopesticides*

PENDAHULUAN

Penggerek batang padi dilaporkan sebagai salah satu hama penting tanaman padi di Indonesia dan negara-negara Asia lainnya. Dua tipe dominan penggerek batang padi yaitu penggerek batang padi kuning (*Scirpophaga incertulas*, Hubner) dan penggerek batang padi putih (*S. innotata*) dilaporkan menyerang tanaman padi di Jawa Barat, terutama di pantai utara seperti Karawang, Subang, Indramayu, dan Cirebon. Total area yang terinfestasi setiap tahun bisa mencapai 141.000 ha dengan intensitas rata-rata 11% (BPS, 2008). Penggerek batang padi kuning (PBPK) dianggap sebagai yang dominan dan paling banyak tersebar di Indonesia yang dapat menyerang tanaman padi sejak tahap vegetatif sampai masa panen (Soejitno, Samudra, & Killin, 1994).

Kejadian serangan penyakit hawar daun bakteri (HDB) disebabkan oleh *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* (Xoo) dilaporkan sebagai salah satu penyakit padi yang penting, selain serangan hama penggerek (Kadir, Suryadi, Guswara, Ruskandar, & Las, 2006). Kehilangan hasil bervariasi tergantung pada varietas dan musim tanam. Serangan HDB dilaporkan bisa mengurangi 20-30% produksi padi. Kehilangan hasil yang tinggi dilaporkan di Jepang yang kerugiannya bisa mencapai 50%. Di beberapa negara Asia, HDB sudah menjadi penyakit serius pada padi terutama sejak introduksi varietas baru,

seperti IR 64 yang sangat responsif terhadap pemupukan Nitrogen (Ardales *et al.*, 1996).

Berbagai cara untuk mengendalikan PBPK telah dilakukan antara lain dengan mengatur waktu tanam, mengumpulkan massa telur di persemaian bibit padi, sanitasi, dan penggunaan insektisida. Pengendalian dengan insektisida paling banyak dilakukan. Sampai dengan tahun 1986, penggunaan insektisida telah meningkat, 52 jenis formulasi insektisida diizinkan untuk mengendalikan PBPK (Soejitno dkk., 1994). Namun, penggunaan insektisida yang luas dan intensif telah menyebabkan efek negatif seperti populasi serangga berkembang menjadi lebih tahan terhadap insektisida, berkurangnya populasi musuh alami serta pencemaran lingkungan (Stara & Kocourek, 2007). Untuk mengatasi masalah tersebut, pendekatan yang ramah lingkungan untuk mengendalikan hama dengan sedikit risiko terhadap manusia dan lingkungan digunakan produk baru yang berasal dari alam yang disebut pestisida biorasional seperti aplikasi zat aktif asal mikroba (bakteri, jamur, protozoa), feromon seks, dan pengatur per-tumbuhan serangga (Witzgall, Kirsch, & Cork, 2010).

Pengembangan teknik pengendalian penggerek batang padi yang lebih efektif, efisien dan ramah lingkungan dengan aplikasi seks feromon sintetis banyak digunakan untuk memantau tingkat populasi serta perangkap serangga. Untuk tujuan pemantauan populasi,

perangkap feromon serangga menyediakan langkah pengendalian hama secara dini dan sesuai, baik dengan menggunakan insektisida atau dalam kombinasi dengan teknik lain. Sebagai perangkap massa, feromon seks akan mengurangi tingkat populasi serangga jantan yang secara tidak langsung mengurangi peluang jumlah serangga kawin sehingga mengurangi tingkat populasi serangga di alam (Cork, De Souza, Krishnaiah, Ashok, & Zainullabuddin, 1998; Samudra, Emura, Hoshizaki, Ishikawa, & Tatsuki, 2002; Knight, 2010).

Pada budidaya padi, metode pengendalian hama ramah lingkungan menggunakan pengendalian hayati lebih ekonomis karena dapat diintegrasikan dengan metode pengendalian hama terpadu lainnya (Wydra, Semrau, Dannon, & Diogo, 2006; Suryadi, Susilowati, Putri, & Mubarik, 2011). Untuk mengatasi penyakit HDB, berbagai kelompok mikroba tanah seperti genus *Bacillus* dan *Pseudomonas* dilaporkan efektif dalam menekan penyakit HDB (Gnanamanickam, Vasudevan, & Velusamy, 2004). Penelitian sebelumnya pada uji di rumah kaca menunjukkan bahwa beberapa bakteri endofitik hasil isolasi seperti *Bacillus firmus* E 65, *Burkholderia* sp E 76 dan *Serratia marcescens* SKM dengan formulasi berbasis talek dilaporkan efektif dalam mengendalikan penyakit padi seperti HDB. Bakteri yang diaplikasikan dapat

menghasilkan enzim dan metabolit yang berguna untuk menghambat perkembangan HDB (Suryadi *et al.*, 2014). Dengan demikian, penelitian serupa menggunakan agen mikroba ini untuk menekan penyakit HDB pada kondisi lapangan masih perlu dilakukan.

Hipotesis penelitian ini adalah *pertama*, perangkap feromon berupa formulasi senyawa sintesis feromon seks yang diserap ke dalam bahan pembawa karet memiliki senyawa yang kuat mirip dengan yang dihasilkan serangga betina, sehingga dapat diterapkan sebagai teknik umpan untuk serangga jantan yang masuk ke perangkap dan bisa mengurangi infestasi serangan PBPK. *Kedua*, aplikasi campuran formula bakteri *Serratia marcescens* SKM, *Bacillus firmus* E65, dan *Burkholderia* sp E76 diduga dapat mengurangi intensitas tingkat serangan hama dan penyakit HDB dan sekaligus meningkatkan vigor tanaman.

Berdasarkan hal tersebut di atas, kajian tentang pengendalian hama penggerek batang dan infestasi HDB menggunakan feromon dan aplikasi bioformulasi (sebagai pestisida biorasional) perlu dilakukan secara intensif untuk mendapatkan teknologi yang efisien yang akan digunakan lebih lanjut untuk mengendalikan hama ini.

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari efektivitas perangkap feromon untuk mengendalikan serangga PBPK (*S. incertulas*) dan menguji efektivitas agen

Tabel 1
Karakteristik Isolat Bakteri untuk Pengembangan Formula
Mikroba Berbasis Kaolin

Kode isolat	IAA (ppm)	Identifikasi
SKM	20 ± 1,16	<i>Serratia marcescens</i>
Endo-65	18,2 ± 2,2	<i>Bacillus firmus</i>
E 76	12,1 ± 0,15	<i>Burkholderia sp</i>

*Identifikasi berdasarkan analisis pengurutan DNA (*sequencing*)
gen 16S rRNA

pada suhu kamar selama 24-48 jam. Isolat bakteri diremajakan dan diuji kemurniannya menggunakan metode kuadran pada lempeng petri. Kultur murni ditanam pada agar miring dan disimpan dalam lemari es (-20°C). Biakan bakteri diremajakan pada media NB dan diinkubasi selama 24 jam. Pengenceran lebih lanjut dilakukan dengan metode jumlah lempeng total menggunakan 0,85% garam fisiologis. Isolat Xoo ditanam pada cawan petri yang mengandung medium Wakimoto agar (WA) dan diinkubasi pada suhu kamar selama 48 jam (Ghasemie, Kazempour, & Padasht, 2008).

Perbanyakan mikroba dilakukan dalam sistem *batch* di fermentor *airlift* dengan volume kerja 5-10 L. Media pertumbuhan 95% ditambahkan dengan konsentrasi mikroba 5% (v/v), sedangkan jumlah bakteri yang diinginkan sekitar 10^8 - 10^9 CFU (unit sel hidup)/mL. Pengukuran dilakukan untuk jumlah produksi biomassa mikroba pada setiap *batch*.

Pengembangan formula dengan media pembawa dilakukan sesuai dengan metode

(Ardakani, Heydari, Khorasani, & Arjmandi, 2010). Persiapan formulasi alternatif untuk mendapatkan kondisi optimum untuk pertumbuhan inokulan mikroba digunakan pembawa yang berbeda terdiri atas kaolin mineral tanah liat, Karboksimetilselulosa (CMC), dan mikronutrien (CaCO_3).

Sel bakteri isolat E65, E76, dan SKM dipanen dan disentrifugasi pada 6000 rpm selama 15 menit dan disuspensi dalam buffer fosfat (0,01 M; pH 7,0). Konsentrasi bakteri ditentukan dengan spektrofotometer hingga konsentrasi mencapai sekitar 10^8 CFU/mL ($\text{OD}_{595}=0,3$). Inokulum dikumpulkan dengan mentransfer kultur bakteri dalam 100 mL media NB atau dalam 250 mL KB selama 48 jam inkubasi. Bahan pembawa yang digunakan adalah kaolin dengan proses sebagai berikut: masing-masing 300 mL suspensi bakteri dicampur dengan 1 kg kaolin yang telah disterilisasi dalam kantong plastik, kemudian pada campuran bahan ditambahkan 10g CMC, dan 15g CaCO_3 . Campuran terakhir kemudian diinkubasi pada suhu kamar selama 30 menit sampai

kering (kadar air 20%), kemudian disimpan pada suhu 4°C.

Varietas padi yang ditanam pada uji di lapangan terdiri atas kultivar (cv) Inpari 14, Inpari 15, Inpari 20, Sintanur, dan Mekongga dengan formulasi kontrol cv. Ciherang (tanpa aplikasi). Bibit ditanam sesuai dengan sistem budidaya lokal padi organik berbasis SRI menggunakan umur bibit 12 hari (satu bibit per rumpun) dan jarak tanam 30 x 30 cm. Aplikasi produk bioformulasi dilakukan di lahan sawah seluas 10 Ha. Penyemprotan aplikasi bioformulasi dilakukan pada umur 14, 28 dan 42 hari setelah tanam (HST) dengan konsentrasi formulasi 2,5 g/L dan total volume semprot 500 L/Ha. Kontrol yang digunakan disiapkan tanpa aplikasi bioformulasi.

Untuk menentukan keefektifan aplikasi bioformulasi, variabel yang diukur adalah keparahan intensitas penyakit HDB. Pengambilan sampel serangan penyakit diamati dari 5 plot yang diambil secara diagonal pada lahan seluas 2.500 m². Intensitas penyakit HDB diamati ber-dasarkan standar sistem evaluasi padi (IRRI, 1996) menggunakan skala 0-9, di mana 0 = tidak ada serangan, 1 = 1-5%, 3 = 6-12%, 5 = 13-25% dan 7 = 26-50% dan 9 = 51-100%. Jumlah sampel (20 tanaman) diamati secara sistematis pada masing-masing petak. Tingkat intensitas penyakit HDB dihitung dengan rumus berikut:

$$I = \frac{nv}{V \times N} \times 100\%$$

keterangan:

I = tingkat kerusakan tanaman

n = jumlah setiap kategori serangan

v = nilai setiap kategori serangan

V = nilai kategori serangan tertinggi

N = jumlah total tanaman yang diamati.

Data dianalisis menggunakan analisis varians (ANOVA). Perbandingan lebih lanjut dilakukan dengan *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada P=0,05.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini, penerapan 10 perangkap feromon per Ha sesuai dengan tujuan pemantauan untuk menarik *Scirpophaga incertulas*. Jumlah optimal untuk memantau populasi hama di India dilaporkan hanya tiga perangkap per hektar (Krishnaiah, Zainulabeuddin, Ganeshwar, Kumar, & Gopala, 1998). Selain itu, mereka melaporkan bahwa penggunaan karet septa yang diinjeksi dengan 5-6 mg feromon diperoleh maksimum serangga yang ditangkap. Perangkap terbaik untuk menangkap ngengat jantan maksimum adalah perangkap *polythene* putih dan tutup kuning dengan ketinggian 1 m selama keseluruhan tahap panen.

Hasil penelitian tangkapan serangga dengan feromon disajikan pada Gambar 1. Pada petak kontrol (tanpa perangkap feromon), infestasi hama penggerek batang padi lebih tinggi hingga mencapai rata-rata

Gambar 1. Pengaruh Perangkap Feromon terhadap Ngegat PBPK yang Ditangkap Selama Musim Tanam



10% infestasi. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan perangkap feromon dapat menurunkan infestasi PBPK. Ketika hasil tangkapan perangkap feromon tinggi, berarti bahwa kepadatan populasi serangga hama PBPK di petak percobaan juga lebih tinggi. Penggunaan dispenser feromon hanya akan efektif ketika populasi serangga lebih rendah (Vickers, Thwaite, Williams, & Nicholas, 1998).

Rata-rata ngegat jantan yang ditangkap lebih rendah pada pengamatan terakhir. Pada akhir musim tanam, hanya diperoleh tangkapan populasi 48 ngegat per perangkap. Hal tersebut secara nyata bisa mengurangi serangan penggerek batang ke nol infestasi pada petak yang diaplikasi. Berkurangnya ngegat dan jumlah rata-rata ngegat yang ditangkap adalah sekitar 46 ngegat/perangkap/bulan.

Berdasarkan Gambar 1, terlihat 3 puncak penting populasi PBPK yang ditemukan di petak sawah yaitu pada pengamatan 28 Mei, 6 Juni dan 26 Juli, tetapi kemudian lebih rendah dari dua puncak pertama. Generasi pertama populasi PBPK pada bulan Mei dan Juni, lebih tinggi pada minggu pertama dan kemudian menurun hingga akhir Juli.

Tingginya tangkapan PBPK bertepatan dengan saat persemaian dan fase vegetatif awal musim tanam yang menyebabkan infestasi yang berat pada tanaman padi. Pada pertengahan Juni dan awal Juli jumlah PBPK yang ditangkap lebih rendah menunjukkan bahwa populasi serangga mungkin sudah berada pada tahap larva atau kepompong, yang kemudian akan muncul menjadi ngegat di puncak ketiga pada pertengahan Juli. Implikasi dari penelitian ini adalah populasi serangga selama musim panen bisa

diprediksi. Jika hasil tangkapan ngengat banyak, populasi serangga pada pertanaman berikutnya akan rendah. Kalshoven (1981) menyatakan bahwa siklus hidup PBPK terjadi dalam 5-9 minggu. Tinggi tangkapan ngengat pada 19 Juli (> 140 ngengat per 10 perangkap) diduga karena populasi generasi kedua yang meningkat di pertengahan Juli menyebabkan infestasi PBPK yang berat, kemudian menurun drastis.

Penelitian ini menyarankan efektivitas perangkap feromon dalam menekan PBPK (*Scirpophaga incertulas*) di bawah kondisi lahan organik petani di Cianjur Jawa Barat selama musim tanam menggunakan kultivar unggul padi Indonesia seperti Sintanur dan Inpari. Hasil penelitian ini mendukung penelitian sebelumnya di bawah kondisi lapangan di India selama musim hujan menggunakan cv. Basmati. Pengelolaan hama terpadu (PHT) menggunakan perangkap massal PBPK dengan 20 perangkap feromon per ha secara efektif dapat mengendalikan PBPK (Mishra & Sharma, 2012). Chakraborty (2012) menunjukkan bahwa penggunaan perangkap massal saat ambang ekonomi dapat mengurangi populasi PBPK dibandingkan dengan praktik petani (perlakuan kontrol tanpa perangkap).

Isolat bakteri yang ditanam pada medium NA digunakan untuk menyiapkan bahan dasar untuk bioformulasi berbasis kaolin. Bakteri tumbuh dengan baik setelah 24-48

jam inkubasi pada suhu kamar. Bioformulasi yang stabil sangat penting sebagai dasar untuk pengembangan pengendalian hayati yang ramah lingkungan untuk menggantikan penggunaan bahan kimia sintesis. Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa semua isolat bakteri efektif dalam menekan pertumbuhan jamur patogen *R. solani* dan *P. oryzae* (Suryadi *et al.*, 2011).

Efektivitas bioformulasi pada uji lapangan menunjukkan hasil yang bervariasi. Gejala khas HDB terjadi pada tahap generatif seperti yang ditunjukkan oleh gejala hawar daun. Formulasi berbasis kaolin yang diaplikasikan pada CV. Inpari 20, Inpari 14, Ketan lusi, Mekongga, dan Sintanur menunjukkan intensitas HDB berkisar 0-16,67% dengan persentase penghambatan berkisar 55,54%-100% dibandingkan dengan kontrol (tanpa aplikasi) pada cv. Ciherang (Tabel 2).

Berdasarkan penelitian ini efikasi yang lebih tinggi, ditunjukkan padi yang diaplikasi dengan formulasi bakteri, dimana rerata intensitas HDB menurun sekitar 84,7% dibandingkan perlakuan kontrol tanpa aplikasi. Ardakani *et al.* (2010) melaporkan bahwa penambahan bentonit dan CMC ke dalam bioformulasi cukup stabil. Formulasi berbasis kaolin menunjukkan efek serupa dengan bentonit karena kedua bahan ini mudah larut saat pembuatan formulasinya. Penambahan kaolin ke dalam bioformulasi, selain murah, bahan ini mudah didapat dan

Tabel 2
Intensitas HDB pada Beberapa Kultivar Padi yang Berbeda di Lapangan

Perlakuan	Intensitas HDB (cm)**	Penghambatan Dibanding Kontrol* (%)
Inpari 15 + BFM	14,4 b	61,6
Sintanur + BFM	5,5 cd	85,2
Inpari 14 + BFM	3,3 cd	91,1
Ketan Lusi + BFM	16,7 bc	55,5
Mekongga + BFM	5,5 cd	85,2
Inpari 20 + BFM	0 d	100
Ciherang tanpa bioformulasi (kontrol)	37,5 a	-

* Penghambatan penyakit HDB = kontrol-perlakuan aplikasi / kontrol x 100%.

** Angka yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda secara nyata menurut uji DMRT $P = 0,05$. Bioformulasiberbasis kaolin yang mengandung isolat SKM, E76 dan E65 dicampur dalam rasio (1: 1: 1) (b / b). BFM = campuran bioformulasi mikroba

dapat dikembangkan lebih lanjut sebagai bahan pembawa alternatif. Aplikasi lapangan agen pengendali hayati menggunakan isolat *P. fluorescens* dapat meningkatkan hasil padi (Nandakumar, Babu, Viswanathan, Raguchander, & Samiyappan, 2001; Jai-ganesh, Eswaran, Balabaskar, & Kannan, 2007). Pengaruh bioformulasi terhadap hama dan musuh alami lainnya disajikan pada Tabel 3. Hal ini juga menunjukkan bahwa bioformulasi bisa menghambat hama padi lainnya seperti wereng coklat dan wereng punggung putih. Jumlah musuh alami wereng coklat seperti *Lycosa*, *Spider* (laba-laba) dan *Coccinela* sp tidak terpengaruh oleh penyemprotan bioformulasi.

SIMPULAN

Aplikasi biorasional pestisida dengan feromon dan bioformulasi mikroba ber-

pengaruh terhadap penekanan hama penggerek dan penyakit HDB. Aplikasi 100 perangkap feromon pada lahan padi seluas 10 Ha dapat menurunkan populasi serangga jantan yang ditangkap kurang dari 40 ngengat per bulan. Serangan hama penggerek batang padi kuning juga menurun menjadi nol infestasi, sementara infestasi hama penggerek batang pada petak yang tidak diaplikasi sebesar <10%.

Formulasi mikroba berbasis kaolin yang mengandung isolat bakteri menunjukkan rerata penurunan penyakit HDB sekitar 84,7% dibandingkan dengan perlakuan kontrol (tanpa aplikasi bioformulasi).

DAFTAR PUSTAKA

Ardakani, S., Heydari, S. A., Khorasani, N., & Arjmandi, R. (2010). Development of new bioformulations of *Pseudomonas fluorescens* and evaluation of these

- products against damping-off of cotton seedlings. *Journal Plant Pathology*, 92, 83-88.
- Ardales, E. Y., Leung, H., Cruz, C. M. V., Mew, T. W., Leach, J. E., & Nelson, R. J. (1996). Hierarchical analysis of spatial variation of the rice bacterial pathogen across diverse agro-ecosystems in the Philippines. *Phytopathology*, 86, 241-252.
- BPS [Badan Pusat Statistika]. (2008). *Statistika Indonesia 2008*. Jakarta: Badan Pusat Statistika.
- Chakraborty, K. (2012). Evaluation of integrated pest management module against paddy yellow stem borer *Scirpophaga incertulas* walk. *Karnataka Journal of Agriculture Science*, 25(2), 273-275.
- Cork, A., De Souza, K., Krishnaiah, K., Ashok, R.A., & Zainullabuddin, S. (1998). Season-long control of yellow stem borer, *Scirpophaga incertulas* (Lepidoptera: Pyralidae) by mating disruption with the natural ratio of pheromone components. *Bulletin of Entomological Research*, 88, 109-116.
- Ghasemie, E., Kazempour, M. N., & Padasht, F. (2008). Isolation and identification of *X. oryzae* pv *oryzae* the causal agent of bacterial blight of rice in Iran. *Journal of Molecular Biology*, 48, 53-63.
- Gnanamanickam, S., Vasudevan, P., & Velusamy, P. (2004). Biological control of bacterial blight of rice in India with rice-associated bacteria: Insights into mechanisms. Dalam *Proceedings of the 1st International Conference on Bacterial Blight of Rice*. Tsukuba, Japan.
- IRRI. (1996). *Standard evaluation system for rice*. International Rice Research Institute, Los Banos.
- Jaiganesh, V., Eswaran, A., Balabaskar, P., & Kannan, C. (2007). Antagonistic activity of *Serratia marcescens* against *Pyricularia oryzae*. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 35, 48-54.
- Kadir, T. S., Suryadi, Y., Guswara, A., Rus-kandar, A., & Las, I. (2006). Influence of integrated crop management practices on rice diseases occurrence. Dalam Gnanamanickam et al. (Eds.), *Proc. of the Asian Conference on emerging trends in plant-microbe interactions* (pp. 128-136). Univ. of Madras Chennai, India.
- Kalshoven, L. G. E. (1981). *Pests of crops in Indonesia*. (Direvisi dan diterj. Oleh van der Laan). Jakarta: PT. Icthar Baru vanHoeve.
- Knight, A. L. (2010). Targeting *Cydia pomonella* (L) (Lepidoptera; Tortricidae) adult with low-volume applications of insecticides alone and in combination with sex pheromone. *Pest Management Science*, 66, 709-717.
- Krishnainah, K., Zainulabeuddin, S., Ganeshwar, A., Kumar, D. V. S. S., & Gopala, V. N. R. (1998). Pheromone monitoring system of rice yellow stem borer, *Scirpophaga incertulas* Walker. *Indian Journal of Plant Protection*, 26(2), 99-106.
- Mishra, N. M. K., & Sharma, R. C. (2012). Validation of pheromone based IPM module against yellow stem borer, *Scirpophaga incertulas* Walker in basmati rice. *Indian Journal of Entomology*, 74(4), 352- 354.
- Nandakumar, R., Babu, S., Viswanathan, R., Raguchander, T., & Samiyappan, R. (2001). Induction of systemic resistance in rice against sheath blight disease by *Pseudomonas fluorescens*. *Soil Biology*, 33(4-5), 603-612.
- Samudra, I. M., Emura, K., Hoshizaki, S., Ishikawa, Y., & Tatsuki, S. (2002). Temporal differences in mating behavior between rice and water-oats populations of the striped stem borer, *Chilo suppressalis* (Walker) (Lepidoptera: Crambidae). *Journal Applied Zoology*, 2, 257-262.
- Soejitno, J., Samudra, I. M., & Kilin, D. (1994). Kajian ketahanan penggerak padi putih, *Scirpophaga innotata* Walker terhadap insektisida karbofuran. *Penelitian Pertanian*, 14(2), 78-83.

- Stara, J., & Kocourek, F. (2007). Insecticidal resistance and cross resistance in population of *Cydia pomonella* (Lepidoptera, Tortricidae) in Central Europe. *Journal Economic Entomology*, 5(5), 1587-1595.
- Suryadi, Y., Susilowati, D. N., Lestari, P., Priyatno, T. P., Samudra, I. M., Hikmawati, N., & Mubarik, N. R. (2014). Characterization of bacterial isolates producing chitinase and glucanase for biocontrol of plant fungal pathogens. *Journal of Agricultural Technology*, 10(4), 983-999.
- Suryadi, Y., Susilowati, D. N., Putri, K. E., & Mubarik, N. R. (2011). Antagonistic activity of indigenous Indonesian bacteria as the suppressing agent of rice fungal pathogen. *Journal International Environmental and Application Science*, 6(4), 558-568.
- Vickers, R. A., Thwaite, W. G., Williams, D. G., & Nicholas, A. H. (1998). Control of codling moth in small plots by mating disruption alone and with limited insecticides. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 86(2), 229-239.
- Witzgall, P., Kirsch, P., & Cork, A. (2010). Sex pheromone and their impact on pest management. *Journal of Chemical Ecology*, 36, 80-100.
- Wydra, K., Semrau, J., Dannon, E., & Diogo, R. (2006). Characterization of the interaction of antagonistic bacteria and of silicon (SiO₂) with tomato infected with *Ralstonia solanacearum*. Dalam 1st Int. Symp. on Biological Control of Bacterial Plant Diseases, Darmstadt, October 2005. *Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt*, 408, 112-118.