

# UJI TOKSISITAS BIOINSEKTISIDA JAMUR *Metarhizium* sp. BERBAHAN PEMBAWA BENTUK TEPUNG UNTUK MENGENDALIKAN *Nilaparvata lugens* (Stal.) (HOMOPTERA: DELPHACIDAE)

**Effendy TA**

Jurusan HPT Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya Palembang  
Jalan Raya Palembang-Prabumulih km 32, Ogan Ilir.

## **ABSTRAK**

Wereng batang coklat, *Nilaparvata lugens* (Stal.) hama penting pada tanaman padi di Indonesia. Jamur *Metarhizium* sp. merupakan salah satu jamur entomopatogen yang dapat mengendalikan serangga hama. Penelitian dilakukan di Laboratorium Entomologi, Kebun Percobaan, dan Rumah Kaca Jurusan HPT, Fakultas Pertanian, Unsri pada bulan April-November 2008. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Rancangan yang digunakan ialah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan lima perlakuan, yaitu tepung abu sekam+gula 1%, tepung tanah liat+gula 1%, tepung dedak+gula 1%, tepung jagung+gula 1%, dan tanpa bahan pembawa masing-masing diulang empat kali. Tujuan penelitian adalah untuk menguji pengaruh bahan pembawa pada formulasi bioinsektisida berbahan aktif jamur *Metarhizium* sp. terhadap toksisitas bioinsektisida tersebut dalam mematikan nimfa wereng batang coklat, *Nilaparvata lugens* (Stal.). Bahan pembawa pada formulasi bioinsektisida dapat mempertahankan viabilitas konidia sampai 65,1%, sedangkan konidia tanpa bahan pembawa viabilitasnya hanya 43,9%. Formulasi bioinsektisida berbahan pembawa tepung dedak+gula 1% yang diaplikasikan secara topikal, dapat menyebabkan mortalitas nimfa *N. lugens* mencapai 55,0% dan nilai  $LT_{50}$  165,9 jam.

**Keywords :** *Oryza sativa* L, *Nilaparvata lugens* (Stal.), *Metarhizium* sp.

## **PENDAHULUAN**

Wereng batang coklat, *Nilaparvata lugens* (Stal.) merupakan hama penting tanaman padi di Indonesia, selain mengisap cairan tanaman secara langsung juga dapat menularkan virus kerdil rumput dan kerdil hampa pada. Dari beberapa spesies hama yang menyerang tanaman padi wereng batang coklat dapat menyebabkan produksi beras menurun hingga 25 persen (Brinkman & Fuller, 1999)

Salah satu alternatif pengendalian hama wereng batang coklat pada saat ini dengan pengendalian hayati. Pengendalian hayati merupakan komponen utama pengendalian hama terpadu (PHT) seperti pemanfaatan parasitoid, predator atau patogen serangga (entomopatogen). Pengendalian hayati dengan pemanfaatan jamur entomopatogen berpotensi untuk dikembangkan.

Jamur entomopatogen yang banyak digunakan diantaranya jamur *Metarhizium* sp. dan *Beauveria* efektif membunuh serangga. Penelitian tentang jamur *Metarhizium* saat ini

telah banyak dilakukan mulai dari eksplorasi dan seleksi strain-strain isolat (Luz *et al.*, 1998; Myles, 2002). Pengujian keefektifan isolat pada berbagai jenis serangga seperti ordo Lepidoptera, Homoptera, dan Coleoptera (Sudarsono & Pramono, 1998; Santiago *et al.*, 2001; Prayogo *et al.*, 2005; Prayogo & Tengkano, 2002) dan tungau (Benjamin, 2002).

Jamur *Metarhizium* sp. dilaporkan dapat diproduksi secara masal dan diformulasikan sebagai bioinsektisida baik dalam bentuk padat maupun cair (Alves *et al.*, 2002; Geden & Steinkraus, 2003). *Metarhizium* sp. dapat diproduksi secara masal pada media instan, seperti SDB (*Saborroud Dextrose Broth*) atau SDA (*Saborroud Dextrose Agar*) (Prayogo *et al.*, 2005).

Selain substrat untuk memproduksi jamur, bahan pembawa (*carrier*) untuk pembuatan formulasi bioinsektisida juga berperan dalam mempertahankan keefektifannya bila telah berfungsi sebagai bahan aktif bioinsektisida. Tepung jagung dan tepung beras baik digunakan dalam pembuatan formulasi bioinsektisida berbahan aktif *B. bassiana* (Hasyim, 2006). Jamur *Metarhizium* sp. mempunyai sifat yang sama dengan *B. bassiana* diharapkan jenis bahan pembawa yang sama dapat dikembangkan juga pada jamur *Metarhizium* sp. Suwandi (2004) melaporkan bahan pembawa berbentuk cair berupa ekstrak kompos dapat digunakan sebagai bahan pembawa untuk mempertahankan keefektifan jamur patogenik. Selain itu tepung, abu atau tanah liat dapat juga digunakan sebagai bahan pembawa formulasi bioinsektisida (Feng *et al.*, 1994; Moore & Higgins, 1997). Menurut Prayogo *et al.* (2005), untuk meningkatkan keefektifan jamur entomopatogen dapat dilakukan dengan memperhatikan waktu aplikasi, media bahan pembawa, penambahan perekat, tempat penyimpanan dan umur simpan.

Daya kecambah, pertumbuhan dan virulensi *Metarhizium* sp. sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan fisik. Untuk pertumbuhannya, suhu optimum berkisar 22-27°C (Roddom & Rath, 2000). Kelembaban yang dibutuhkan jamur *Metarhizium* sp. membentuk kecambah di atas 90% dan pada kelembaban yang semakin tinggi jamur semakin virulens. Virulensi jamur ini akan semakin menurun dengan semakin menurunnya kelembaban udara. Pada kelembaban udara yang lebih rendah dari 86% virulensi jamur akan terus menurun (Bidochka *et al.*, 2000). Viabilitas jamur sangat mempengaruhi pertumbuhan berikutnya. Semakin banyak konidia berkecambah, semakin cepat pertumbuhan jamur tersebut (Prayogo *et al.*, 2005). Kecepatan jamur *Metarhizium* sp. mematikan nimfa *N. lugens* dipengaruhi kerapatan konidia yang berkecambah pada integumen serangga. Hal itu akan mengakibatkan integumen serangga lebih cepat rusak dan cairan tubuh serangga lebih cepat habis, serangga akan

semakin cepat mati. Menurut Prayogo *et al.* (2005) jaringan dan cairan tubuh serangga yang terserang jamur entomopatogen biasanya akan habis diserap oleh jamur, sehingga serangga mati dengan tubuh mengeras seperti mumi. Prayogo (2006) tidak semua konidia jamur entomopatogen yang diaplikasikan berhasil mencapai sasaran, karena mobilitas serangga yang tinggi dan adanya peristiwa ganti kulit. Salah satu upaya mengatasi hal tersebut ialah dengan menambahkan bahan pembawa sebagai pengaman bagi konidia ketika menempel pada integumen serangga.

Tujuan penelitian adalah untuk menguji pengaruh macam bahan pembawa pada formulasi bioinsektisida berbahan aktif *Metarhizium* sp. terhadap toksisitas bioinsektisida tersebut dalam mematikan nimfa wereng batang coklat, *Nilaparvata lugens* (Stal.)

## METODE PENELITIAN

**Tempat dan Waktu.** Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Entomologi Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya Inderalaya Ogan Ilir pada bulan April sampai November 2008.

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Rancangan yang digunakan pada penelitian ini ialah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan lima perlakuan bahan pembawa, yaitu tepung abu sekam+gula 1%, tepung tanah liat+gula 1%, tepung dedak+gula 1%, tepung jagung+gula 1%, dan konidia kering (tanpa bahan pembawa) masing-masing diulang empat kali.

**Pemeliharaan Serangga Uji.** Penanaman padi dirumah bayang dilakukan secara bertahap sesuai dengan kebutuhan sehingga tersedia tanaman fase vegetatif sebagai pakan. Tanaman padi yang ditanam dalam pot plastik (diameter 15 x 20 cm) dimasukkan kedalam kurungan kassa (30 cm x 30 cm x 100 cm) untuk sebagai pakan imago dan nimfa wereng batang coklat, yang dikumpulkan dari pertanaman padi di OKUT dan MUBA Sumatera Selatan. Setiap hari nimfa instar pertama yang terbentuk, dipindahkan kedalam kurungan kassa lainnya (30 cm x 30 cm x 100 cm) didalamnya terdapat tanaman padi baru dan segar yang diambil dari rumah kaca. Nimfa wereng instar tiga yang akan digunakan pada penelitian ini adalah keturunan kedua (F2) atau setelahnya yang dipelihara dalam kurungan kassa.

**Seleksi Isolat.** Isolat jamur *Metarhizium* sp. yang berasal dari koleksi di Laboratorium Entomologi Jurusan HPT Fakultas Pertanian Unsri yang berasal dari hasil eksplorasi tanah lebak di Sumatera Selatan yang diinfestasikan pada walang sangit. Walang sangit yang

terinfeksi jamur *Metarhizium* sp. diseleksi dan dibuat isolat-isolat seperti metode Myles (2002). Pada media SDA yang digunakan untuk perbanyakkan awal ditambah dengan tepung jangkrik konsentrasi 0.5% (b/v) untuk memperkaya nutrisi media seperti dilakukan Herlinda *et al.* (2006) pada pembiakan *B. bassiana*. Tepung jangkrik diperoleh dengan memanaskan 100 ekor imago jangkrik hidup pada suhu 100 °C selama 3 jam. Jangkrik selanjutnya ditumbuk dengan mortar sehingga menjadi tepung berukuran sekitar 0.01 mm. Penambahan tepung jangkrik dilakukan sebelum media diotoklaf, lalu ditambahkan antibiotik. Media yang telah diinokulasikan jamur kemudian diinkubasikan pada suhu kamar selama 40 hari. Jamur yang diambil dari serangga yang terinfeksi relatif lebih virulen (Luz *et al.*, 1998). Biakan murni tersebut diproduksi secara masal untuk bahan aktif bioinsektisida. Lalu biakan murni ini akan diproduksi secara masal untuk bahan aktif bioinsektisida.

**Produksi jamur Entomopatogen *Metarhizium* sp.** Proses produksi jamur entomopatogen dilakukan dua tahap. Pertama produksi jamur di dalam media cair, kedua produksi jamur pada media padat dengan cara menginokulasikan inokulum dari media cair ke media padat. Produksi jamur pada media cair menggunakan medium cair yang mengandung yeast dan sukrosa. Yeast 20 g dicampur sukrosa 20 g, lalu dilarutkan ke dalam 500 ml air. Larutan ini dipanaskan selama 10-15 menit hingga mendidih. Bila yeast mengumpal, larutan itu diblender selama 60 detik, didiamkan 2-3 jam selanjutnya diletakkan di lemari es, kemudian tambahkan 500 ml air. Larutan tersebut diambil sebanyak 75 ml dan dimasukkan ke dalam botol tahan panas (volume 250 ml), kemudian ditutup dengan kapas dan aluminum foil, selanjutnya disterilkan di dalam otoklaf bersuhu 121°C selama 20-30 menit. Setelah itu biakan jamur *Metarhizium* sp. diinokulasikan sebanyak 10 potong dengan ukuran 0.5 x 0.5 cm per potong sambil digoyang dengan *shaker* selama tiga hari pada suhu kamar untuk mendapatkan konidia yang optimal dan virulen dan disimpan selama 30 hari. Selanjutnya perbanyakkan dilakukan pada media padat yaitu jagung yang telah disiapkan sebanyak 20 kantong.

**Pembuatan Formulasi Bioinsektisida.** Abu sekam, tanah liat, dedak dan jagung yang diambil dari lapangan dibersihkan dari kotoran lain. Di haluskan sampai seperti tepung, kemudian diayak menggunakan saringan berukuran 0,01 mm. Media pembawa tersebut dimasukkan kedalam kantong plastik 1 kg tahan panas sebanyak 45 g, kemudian dimasukkan ke otoklaf yang suhunya telah diatur pada 121°C selama 40 menit. Dibuat sebanyak 20 kantong (sesuai perlakuan). Media yang telah steril ditambahkan 5 g konidia jamur

*Metarhizium* dari hasil pembiakan dengan jalan menyaring dengan saringan 0,1 mm dan ditambahkan gula 1% sebagai makanan cadangan waktu diaplikasikan. Kemudian disimpan pada suhu kamar selama 40 hari.

**Uji Toksisitas.** Untuk uji toksisitas bioinsektisida yang telah di formulasikan dan disimpan selama 30 hari dilakukan dengan meneteskan 10 $\mu$ l suspensi bioinsektisida (kepadatan 10<sup>7</sup> konidia/ml) pada wereng instar tiga secara topikal dari hasil pemeliharaan di Laboratorium Entomologi. Setiap perlakuan diinokulasi pada 10 nimfa uji. Kemudian mortalitas nimfa tersebut diamati tiap tiga jam sekali sampai menjadi imago.

**Pengamatan viabilitas,** sebelum dilakukan perlakuan terlebih dahulu diamati viabilitas setiap formulasi bioinsektisida. Viabilitas konidia ditentukan setelah suspensi konidia diinkubasikan selama 24 jam. Satu tetes suspensi diteteskan pada kaca preparat dan ditutup dengan gelas penutup, lalu jumlah konidia yang berkecambah dihitung, demikian pula yang tidak berkecambah. Perhitungannya dilakukan pada bidang pandang di bawah mikroskop dengan perbesaran 400x, dengan menggunakan rumus Gabriel dan Riyatno (1989) sebagai berikut:

$$V = \frac{g}{g + u} \times 100 \%$$

V : perkecambahan spora (viabilitas)

g : jumlah spora yang berkecambah

u : jumlah spora yang tidak berkecambah

**Kepadatan konidia.** Perhitungan kepadatan konidia dilakukan dengan cara suspensi konidia dari perlakuan perbanyak isolat diambil sebanyak 1 ml. Kemudian haemocytometer ditetesi suspensi tersebut. Kepadatan konidia dihitung di bawah mikroskop binokuler perbesaran 400 x. dengan menggunakan rumus Gabriel dan Riyatno (1989) sebagai berikut:

$$C = \frac{t}{(n \cdot x)} \times 10^6$$

C : kepadatan spora per ml larutan

t : jumlah total spora dalam kotak sampel yang diamati

n : jumlah kotak sampel (5 kotak besar x 16 kotak kecil)

x : 0,25 faktor koreksi penggunaan kotak sampel skala kecil pada haemocytometer

**Pengamatan Mortalitas Wereng.** Pengamatan dilakukan setiap hari setelah aplikasi formulasi tepung *Metarhizium* dan persentase nimfa menjadi imago normal. Pengamatan dilakukan sampai semua nimfa menjadi imago.

**Analisis Data.** Hasil pengamatan viabilitas dan kerapatan konidia, mortalitas nimfa, dan persentase nimfa menjadi imago tidak normal dianalisis sidik ragam, dilanjutkan dengan uji BNJ (Beda Nyata Jujur). Untuk mendapatkan  $LT_{50}$  dianalisis probit. Semua penghitungan dengan bantuan program SPSS versi 15.0.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

**Viabilitas konidia jamur *Metarhizium sp.*** Analisis sidik ragam menunjukkan jenis bahan pembawa berpengaruh nyata terhadap viabilitas konidia *Metarhizium sp.* Hasil uji BNJ ternyata, konidia tanpa bahan pembawa menunjukkan viabilitas konidia *Metarhizium sp.* terendah (43,9%) dan berbeda nyata dengan bioinsektisida berbahan pembawa abu sekam+gula 1% viabilitasnya mencapai 65,1%. Penambahan bahan pembawa menyebabkan viabilitas konidia *Metarhizium sp.* dapat bertahan. Penambahan bahan pembawa merupakan pelindung atau pengaman konidia ketika disimpan maupun waktu diaplikasikan di lapangan. Prayogo (2006) menyatakan bahwa konidia jamur entomopatogen memerlukan lingkungan yang sesuai agar konidia tidak kekeringan dan tidak mati sebelum melakukan proses infeksi ke tubuh serangga sasaran. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan penambahan bahan pembawa dapat melindungi viabilitas konidia, konidia tanpa bahan pembawa menunjukkan viabilitas terendah bila dibandingkan dengan menggunakan bahan pembawa disajikan pada Tabel 1. Formulasi bioinsektisida bentuk padat bahan pembawa dapat berupa tepung, abu atau tanah liat (Feng *et al.*, 1994; Moore & Higgins, 1997). Menurut Prayogo (2006) untuk melindungi konidia waktu diaplikasikan dapat dilakukan dengan penambahan bahan perekat maupun bahan pembawa. Pada penelitian ini aplikasi dilakukan sebanyak tiga kali, berarti kelembaban tetap tinggi. Kelembaban yang dibutuhkan jamur *Metarhizium sp.* untuk membentuk kecambah di atas 90%. Makin tinggi kelembaban virulensi jamur semakin tinggi. Pada kelembaban udara kurang dari 86%, virulensi jamur makin menurun (Bidochka *et al.*, 2000). Penelitian Prayogo & Tengkan (2002) menunjukkan bahwa substrat jagung lokal+gula 1% dapat meningkatkan viabilitas konidia sampai 96,1%.

Tabel 1. Pengaruh bahan pembawa bioinsektisida jamur *Metarhizium* sp. terhadap viabilitas, kerapatan konidia serta mortalitas nimfa wereng coklat *Nilaparvata lugens* (Stal.)

Bahan pembawa	Rerata viabilitas (%)	Kerapatan konidia/ml ( $10^7$ )	Rerata Mortalitas (%)
Tepung abu sekam	65,1 a	2,9 a	45,8
Tepung tanah	56,9 ab	2,1 a	40,0
Tepung dedak	60,1 ab	1,6 a	55,0
Tepung jagung	59,5 ab	1,6 a	40,0
Tanpa bahan pembawa	43,9 b	8,3 b	42,5

**Kerapatan konidia jamur *Metarhizium* sp.** Analisis sidik ragam menunjukkan bahwa bahan pembawa berpengaruh nyata terhadap kerapatan konidia jamur *Metarhizium* sp. Bioinsektisida tanpa bahan pembawa kerapatan konidianya  $8,3 \times 10^6$  konidia/ml berbeda nyata dengan bioinsektisida yang menggunakan bahan pembawa. Hal ini dapat disebabkan bahan pembawa bioinsektisida waktu pengenceran yang diambil 5 gram bersama bahan pembawa, sedangkan konidia tanpa bahan pembawa diambil 5 gram hanya konidia saja. Hal ini akan mengakibatkan jumlah konidia dalam suspensi memang sudah berbeda, tentunya konidia tanpa bahan pembawa akan lebih banyak.

**Mortalitas Nimfa *N. lugens*.** Analisis sidik ragam menunjukkan bahan pembawa bioinsektisida terhadap mortalitas nimfa wereng batang coklat berpengaruh tidak nyata seperti disajikan pada Tabel 1. Mortalitas nimfa *N. lugens* tertinggi terjadi pada bahan pembawa tepung dedak+gula 1% mencapai 55,0%. Mortalitas nimfa *N. lugens* terendah terjadi pada bahan pembawa tepung jagung+gula 1% dan tepung tanah halus+gula 1%. Pada penelitian ini toksisitas jamur *Metarhizium* sp. cukup rendah, hanya menyebabkan mortalitas nimfa *N. lugens* sedikit diatas 50%, mungkin karena aplikasi dilakukan hanya satu kali, dapat disebabkan karena nimfa wereng batang coklat mengalami ganti kulit, sehingga konidia yang telah menempel pada kulit ikut terlepas, juga dapat disebabkan memang karena viabilitas konidia cukup rendah (paling tinggi 65,1%). Kemampuan jamur *Metarhizium* sp. mematikan nimfa *N. lugens* dipengaruhi kerapatan konidia yang berkecambah pada integumen serangga. Hal itu akan mengakibatkan integumen serangga lebih cepat rusak dan cairan tubuh serangga lebih cepat habis serangga akan semakin cepat mati. Menurut Prayogo *et al.* (2005) jaringan dan cairan tubuh serangga yang terserang jamur entomopatogen biasanya akan habis diserap oleh jamur, sehingga serangga mati dengan tubuh mengeras seperti mumi. Menurut Prayogo (2006) penambahan bahan pembawa sebagai makanan cadangan bagi konidia sebelum

berhasil menginfeksi serangga, dengan demikian konidia yang belum menginfeksi serangga masih dapat bertahan hidup. Penambahan gula 1 % pada formulasi untuk menambah makanan cadangan, karena cendawan entomopatogen membutuhkan karbohidrat sebagai makanan. Menurut Prayogo (2006) dengan penambahan tetes tebu pada air suspensi dapat meningkatkan mortalitas hama tungau.

**Lethal Time (LT<sub>50</sub>).** Untuk melihat kemampuan jamur *Metarhizium* sp. mematikan nimfa *N. lugens* maka dihitung LT<sub>50</sub>. Bioinsektisida berbahan pembawa tepung jagung+gula 1% dapat mematikan nimfa *N. lugens* (LT<sub>50</sub>) dalam waktu 92,3 jam. Waktu itu lebih cepat dari bioinsektisida berbahan pembawa lainnya (Tabel 2). LT<sub>50</sub> tidak saja ditentukan jumlah konidia yang berkecambah pada integumen, juga ditentukan oleh toksin dan enzim yang dihasilkan jamur *Metarhizium* sp.

Tabel 2. Pengaruh bahan pembawa bioinsektisida jamur *Metarhizium* sp. terhadap Nilai LT<sub>50</sub> nimfa wereng batang coklat *Nilaparvata lugens* (Stal.)

Bahan pembawa	LT <sub>50</sub> (Jam)		
	Rerata	Batas bawah	Batas atas
Tepung abu sekam	141,8	127,8	162,5
Tepung tanah	154,7	136,3	184,4
Tepung dedak	165,9	146,5	197,8
Tepung jagung	92,3	82,2	104,6
Tanpa bahan pembawa	135,4	120,7	157,9

Kecepatan jamur *Metarhizium* sp. mematikan nimfa *N. lugens* dipengaruhi kerapatan konidia yang berkecambah pada integumen serangga. Semakin banyak konidia yang berkecambah pada integumen serangga akan mengakibatkan integumen lebih cepat rusak dan cairan tubuh akan lebih cepat habis akan mengakibatkan serangga semakin cepat mati. Menurut Prayogo *et al.* (2005) jaringan dan cairan tubuh serangga yang terserang jamur Entomopatogen biasanya akan habis diserap oleh jamur, sehingga serangga mati dengan tubuh mengeras seperti mumi.

## KESIMPULAN

**Kesimpulan.** Bahan pembawa pada formulasi bioinsektisida dapat mempertahankan viabilitas konidia sampai 65,1%, sedangkan konidia tanpa bahan pembawa viabilitasnya hanya 43,9%. Formulasi bioinsektisida berbahan pembawa tepung dedak+gula 1% yang diaplikasikan secara topikal merupakan bahan pembawa mempunyai toksisitas lebih baik dari



jenis bahan pembawa lainnya, dapat menyebabkan mortalitas nimfa *N. lugens* mencapai 55,0% dan  $LT_{50}$  tercepat terjadi pada bahan pembawa tepung jagung+gula 1% 92,3 jam.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alves SB, Rossi LS, Lopes RB, Tamai MA & Pereira RM. 2002. *Beauveria bassiana* yeast phase on agar medium and its pathogenicity against *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Cerambycidae) and *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *J. Invert. Pathol.* 81:70-77.
- Benjamin M.A, Zhioua E & Ostfeld RS. 2002. Laboratory and field evaluation of the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* (Deuteromycetes) for controlling questing adult *Ixodes scapularis* (Acari: Ixodidae). *J. Med. Entomol.* 39:723-728.
- Brinkman, MA, Fuller BW. 1999. Influence of *Beauveria bassiana* strain GHA on non target rangeland arthropod population. *Environ Entomol* 28(5): 863-867
- Bidochka MJ, Kamp AM & Decroos JNA. 2000. Insect pathogenic fungi: from genes to populations. *Fungal Pathol.* 42:171-193.
- Feng MG, Poprowski TJ & Khachatourians GG. 1994. Production, formulation, and application of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* for insect control: current status. *Biocontrol Science and Technology* 4:30-34.
- Geden CJ & Steinkraus DC. 2003. Evaluation of three formulations of *Beauveria bassiana* for control of lesser mealworm and hide beetle in Georgia poultry houses. *J. Econ. Entomol.* 96:1602-1607.
- Gabriel B, Riyatnoo P. 1989. *Metarhizium anisopliae* (Meetsch) Sor. Taksonomi, patologi, produksi dan aplikasinya. Proyek Pengembangan Perlindungan Tanaman Perkebunan, Departemen Pertanian, Jakarta.
- Hasyim A. 2006. Evaluasi bahan *carrier* dalam pemanfaatan jamur entomopatogen, *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin untuk mengendalikan hama penggerek bonggol pisang, *Cosmopolites sordidus* Germar. *J. Hort.* 16:190-198.
- Herlinda S, Utama MD, Pujiastuti Y & Suwandi. 2006. Kerapatan dan Viabilitas Spora *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. Akibat Subkultur dan Pengayaan Media, serta Virulensinya terhadap Larva *Plutella xylostella* (Linn.). *Jurnal HPTT.* 6:70-78.
- Luz C, Tigano MS, Silva IG, Cordeiro CMT & Aljanabi SM. 1998. Selection of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* isolates to control *Triatoma infestans*. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz* 93:839-846.
- Moore D & Higgins PM. 1997. Viability of stored conidia of *Metarhizium flavoviride* Gams and Rozsypal, produced under differing culture regimes and stored with clays. *Biocontrol Science and Technology* 7:335-343.

- Myles TG. 2002. Isolation of *Metarhizium anisopliae* (Deuteromycotina: Hyphomycetes) from *Reticulitermes flavipes* (Isoptera: Rhinotermitidae) with convenient methods for its culture and collection of conidia. *Sociobiology* 40:257-264.
- Poniman, Kasmin, Sanjoto P, Harsanti ES. 2001. Upaya Menekan Wereng Coklat *Nilaparvata lugens* (Stal.) dengan agen hayati Cendawan *Metarhizium anisopliae*. Prosiding Simposim Pengendalian Hayati Serangga. Sukamandi, 14-15 Maret 2001.
- Prayogo Y & Tengkanow W. 2002. Pengaruh umur larva *Spodoptera litura* terhadap efektivitas *Metarhizium anisopliae* isolat Kendalpayak. *Biosfera* 19:70-76.
- Prayogo Y, Tengkanow W & Marwoto. 2005. Prospek cendawan entomopatogen *Metarhizium anisopliae* untuk mengendalikan ulat grayak *Spodoptera litura* pada kedelai. *J. Litbang. Pertanian* 24:19-26.
- Prayogo Y. 2006. Upaya Mempertahankan Keefektifan Cendawan Entomopatogen untuk Mengendalikan Hama Tanaman Pangan. *J. Litbang. Pertanian* 22 (2).
- Roddam LF & Rath AD. 2000. Isolation and characterization of *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* from subantarctic Macquarie Island. *J. Invertebr. Pathol.* (69): 285-288
- Santiago, DR, Castillo AG, Arapan RS, Navasero MV & Eusebio JE. 2001. Efficacy of *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sor. against the oriental migratory locust, *Locusta migratoria manilensis* Meyen. *The Philippine Agric. Scientist* 84:26-34.
- Soundararajan RP, Kardirvel P, Gunathilagaraj K & Maheswaran M. 2004. Mapping of quantitative trait loci associated with resistance to brown planthopper in rice by means of a doubled haploid population. *Crop Science* 44:2214-2220.
- Sudarsono H & Pramono S. 1998. Penggerak batang *Prionoxystes* sp. (Lepidoptera: Cossidae) pada pertanaman *Gmelina arborea* L.: Sebaran ruang dan pengendaliannya dengan *Metarhizium anisopliae*. *Bul. HPT.* 10:13-18.
- Suwandi. 2004. Effectiveness of shrimps shell compost extract for suppression of leaf diseases on cowpea, chili pepper and cabbage. *Pest Tropical Journal* 1:18-25.