

# POTENSI, KENDALA, DAN UPAYA MEMPERTAHANKAN KEEFEKTIFAN CENDAWAN ENTOMOPATOGEN UNTUK MENGENDALIKAN HAMA TANAMAN PANGAN

Yusmani Prayogo<sup>1</sup>

## ABSTRAK

Cendawan entomopatogen merupakan bioinsektisida yang dapat digunakan untuk mengendalikan hama. Beberapa jenis cendawan entomopatogen yang berpotensi untuk mengendalikan beberapa jenis hama penting antara lain; *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Nomuraea rileyi*, *Paecilomyces fumosoroseus*, *Fusarium* sp., *Hirsutella thompsoni*, *Aspergillus parasiticus*, dan *Verticillium lecanii*. Kurang efektifnya cendawan entomopatogen untuk pengendalian hama pada tanaman pangan disebabkan karena (1) petani kurang mampu mengidentifikasi jenis hama di lapangan, (2) kurangnya kemampuan petani tentang cara perbanyakan dan penyiapan cendawan entomopatogen, (3) cendawan entomopatogen rentan terhadap sinar UV, dan (4) tanaman pangan bersifat semusim dan kurang komersial dibandingkan hortikultura. Upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan keefektifan cendawan antara lain: (1) meningkatkan kemampuan mengidentifikasi jenis hama yang akan dikendalikan, (2) aplikasi cendawan dilakukan pada sore hari, (3) aplikasi dengan konsentrasi konidia minimal  $10^7$ /ml, (4) aplikasi diulang sebanyak tiga kali, dan (5) menambahkan bahan perekat dan pembawa pada suspensi konidia sebelum aplikasi.

Kata kunci: Cendawan entomopatogen, hama, tanaman pangan, kendala, keefektifan.

## ABSTRACT

Entomopathogenic fungi is a bioinsecticide that can be used to control insect pest. Species of fungi known to be potent to control insect pest are *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Nomuraea rileyi*, *Paecilomyces fumosoroseus*, *Fusarium* sp., *Hirsutella thompsoni*, *Aspergillus parasiticus*, and *Verticillium lecanii*. There are constraints in using entomopathogenic fungi i.e. (1) farmers are unable to identify pest in the field, (2) farmers are unable to mass produce and prepare the entomopathogenic fungi, (3) the fungi are susceptible to UV radiation, and (4) food crops has lower commercial value than

horticulture. Successful control of insect pest with entomopathogenic fungi depends on ; (1) identification of pest in the field before application, (2) application is done in the afternoon, (3) spraying with conidia suspension at least  $10^7$ /ml, (4) the application is repeated three times, and (5) adding the conidia suspension with sticker and carrier or mild surfactant before application.

Key words: Entomopathogenic fungi, pest, food crop, constraint, effectiveness.

## PENDAHULUAN

Cendawan entomopatogen merupakan salah satu jenis mikroorganisme yang dapat digunakan sebagai agens hayati untuk pengendalian hama. Terdapat kurang lebih enam kelompok mikroorganisme sebagai bioinsektisida yang dapat menyebabkan penyakit pada serangga, yaitu kelompok cendawan, bakteri, virus, nematoda, protozoa, dan rickettsia (Santoso 1993; Tanada dan Kaya 1993). Dari empat kelompok pertama, cendawan entomopatogen merupakan salah satu jenis agens hayati yang sering digunakan dan mempunyai potensi lebih baik (Haryanto *et al.* 1993; Lacey dan Goettel 1995; Kayaa *et al.* 1996; Sosa-Gomez dan Moscardi 1997; Reithinger *et al.* 1997; Kim *et al.* 2001; Prayogo *et al.* 2004).

Di Indonesia, pemanfaatan cendawan entomopatogen untuk agens pengendalian hama baru berkembang pesat mulai abad XIX. Namun, sudah menampakkan hasil yang cukup meyakinkan, khususnya untuk mengendalikan hama pada tanaman perkebunan (Gabriel dan Riyanto 1989; Sudarmadji dan Gunawan 1994; Junianto 2000). Pada tanaman pangan khususnya kacang-kacangan sudah mulai menemukan titik terang dengan ditemukannya cendawan *Verticillium lecanii* yang cukup efektif untuk mengendalikan hama pengisap polong kedelai *Riptortus linearis* (Prayogo 2004; Prayogo *et al.* 2004).

<sup>1</sup> Peneliti Proteksi Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian, Kotak Pos 66 Malang 65101, Telp. (0341) 801468, e-mail: blitkabi@telkom.net

Di lapangan, keefektifan cendawan entomopatogen kurang optimal disebabkan berbagai hal antara lain lingkungan mikro yang dibutuhkan oleh mikroorganisme tersebut kurang stabil sehingga sulit untuk berkembang (*develop*) (Glare *et al.* 1986; Glare *et al.* 1995; Milner dan Lutton 1986; Steinkraus dan Slaymaker 1994; Lacey dan Goettel 1995; Oduor *et al.* 1996). Lingkungan mikro pada tanaman pangan selalu berubah-ubah tergantung jenis tanaman yang dibudidayakan. Di samping itu, tanaman pangan bersifat semusim sehingga apabila dipanen dan kemudian diganti dengan jenis tanaman lain maka inokulum cendawan sebagai sumber infeksi awal yang potensial di lapangan sulit untuk bertahan hidup (*survive*) dan berkembang (Hajek *et al.* 1990; Thomas dan Jenkins 1997; Farques *et al.* 1997; Farques dan Luz 1998). Berbeda dengan tanaman perkebunan, jenis tanaman yang dibudidayakan hanya satu jenis dan bersifat tahunan sehingga cendawan entomopatogen yang diaplikasikan mudah menyesuaikan diri dan berkembang sesuai dengan kondisi lingkungan setempat.

Kendala lainnya yaitu tanaman yang dibudidayakan pada umumnya tidak selalu satu jenis, bahkan selalu berganti hampir setiap musim sehingga jenis hama yang menyerang juga akan berbeda. Perbedaan jenis hama yang menyerang pada suatu lahan yang dikendalikan sangat menentukan jenis dan keefektifan cendawan entomopatogen yang digunakan. Hal ini disebabkan karena setiap jenis cendawan entomopatogen mempunyai inang yang spesifik, walaupun ada juga jenis cendawan entomopatogen yang dilaporkan mempunyai kisaran inang yang cukup luas (Suryawan dan Carner 1993; Santoso 1993; Prayogo *et al.* 2002a; Prayogo 2004). Kisaran inang setiap jenis cendawan entomopatogen pada umumnya belum dipahami oleh petani.

Keefektifan cendawan entomopatogen di lapangan juga ditentukan oleh stadia inang yang tidak seragam. Pada umumnya populasi hama selalu tumpang tindih, terutama ordo Lepidoptera dan Hemiptera. Perubahan stadia instar/nimfa serangga akan berpengaruh langsung pada perilaku serangga tersebut sehingga akhirnya akan mempengaruhi keefektifan cendawan.

Air hujan dan angin juga akan mengurangi keefektifan cendawan entomopatogen sehingga kinerja cendawan tersebut tidak optimal. Hal ini disebabkan konidia cendawan yang diaplikasikan sebelum mampu menembus integumen serangga sudah terhempas oleh air maupun angin. Selain air hujan, salah satu kendala utama pemanfaatan cendawan entomopatogen sebagai agens hayati adalah sinar matahari khususnya ultra violet yang secara langsung dapat merusak konidia cendawan (Tanada dan Kaya 1993; Wahyunendo 2002; Prayogo 2004; Suharsono dan Prayogo 2005). Konidia cendawan, merupakan salah satu organ infeksi (*propagule*) yang menyebabkan infeksi hingga mengakibatkan kematian pada serangga. Dengan demikian, keberadaan konidia di lapangan perlu dilindungi sewaktu aplikasi baik dengan bahan perekat maupun bahan pembawa sehingga dapat dieliminir sekecil mungkin pengaruh buruk yang mempengaruhinya. Beberapa faktor yang telah diuraikan tersebut di atas, merupakan kendala utama yang perlu dipecahkan agar pengendalian hama menggunakan agens hayati, khususnya cendawan entomopatogen pada tanaman pangan akan berhasil secara optimal.

### **Potensi Cendawan Entomopatogen untuk Mengendalikan Hama Tanaman Pangan**

#### **Keefektifan berbagai jenis cendawan entomopatogen untuk mengendalikan ulat grayak *Spodoptera litura***

Keefektifan suatu jenis agens hayati biasanya ditentukan oleh tingkat mortalitas serangga uji. Hasil uji laboratorium yang dilakukan Prayogo *et al.* (2002a) menunjukkan bahwa cendawan *Nomuraea* sp. paling berpotensi untuk mengendalikan ulat grayak. Hal ini disebabkan karena mortalitas *S. litura* instar 2 mencapai 100% (Tabel 1). Menurut Suryawan dan Carner (1993) cendawan *Nomuraea rileyi* efektif untuk mengendalikan *S. litura* dan *Helicoverpa armigera*. Keefektifan cendawan ditandai dengan mortalitas serangga hingga mencapai 100%. Sementara itu, Ignofo (1981) melaporkan bahwa cendawan *N. rileyi* adalah salah satu jenis cendawan yang memiliki potensi sangat baik untuk dikembangkan menjadi insektisida mikroba.

**Tabel 1. Mortalitas ulat grayak *S. litura* yang terinfeksi berbagai jenis cendawan entomopatogen.**

Jenis cendawan entomopatogen	Mortalitas <i>S. litura</i> (%)
<i>Metarhizium</i> sp.	86,80
<i>Nomuraea</i> sp.	100,00
<i>Spicaria</i> sp.	80,00
<i>Paecilomyces</i> sp.	82,50
<i>Beauveria</i> sp.	82,59
<i>Verticillium</i> sp.	41,63
<i>Fusarium</i> sp.	35,00
<i>Penicillium</i> sp.	38,75
<i>Aspergillus</i> sp.	64,14

Sumber: Prayogo *et al.* (2002a).

Cendawan *Metarhizium* sp., *Paecilomyces* sp., dan *Beauveria* sp. juga cukup berpotensi untuk mengendalikan *S. litura* karena mortalitas serangga uji mencapai di atas 80%. Menurut Ou (1972) bahwa cendawan dapat dikatakan efektif apabila agens tersebut mampu menyebabkan kematian serangga uji mencapai 60–100%.

**Keefektifan cendawan *Verticillium lecanii* untuk mengendalikan hama pengisap polong kedelai *Riptortus linearis***

Potensi cendawan entomopatogen sebagai agens hayati untuk pengendalian hama tanaman pangan juga terlihat dari kemampuan cendawan dalam mematikan hama pengisap polong kedelai *R. linearis*. Cendawan entomopatogen *V. lecanii* berpotensi untuk mengendalikan imago *R. linearis*. Hal ini terlihat dari mortalitas

imago hingga di atas 80% dan ini tidak berbeda nyata dengan aplikasi insektisida deltametrin (Prayogo 2004) (Tabel 2).

Cendawan *B. bassiana*, *N. rileyi*, *P. fumosoroseus*, dan *M. anisopliae* juga memberi peluang untuk dapat digunakan sebagai agens hayati untuk mengendalikan hama walaupun keefektifannya tidak sebanding dengan *V. lecanii*. Mengingat cendawan entomopatogen cukup memberi kontribusi yang tinggi dalam menekan perkembangan hama di lapangan maka cendawan entomopatogen dapat dipadukan dengan komponen pengendalian lain dalam konsep PHT.

**Keefektifan cendawan *V. lecanii* terhadap stadia telur *R. linearis***

Selain untuk mengendalikan imago *R. linearis*, cendawan *V. lecanii* berpotensi juga untuk mengendalikan stadia telur. Telur-telur *R. linearis* yang terinfeksi *V. lecanii* tidak mampu menetas walaupun telur mampu menetas namun nimfa yang terbentuk tidak dapat melangsungkan hidupnya lebih lanjut (Prayogo 2004; Prayogo *et al.* 2004). Kemampuan cendawan *V. lecanii* dalam menekan jumlah telur *R. linearis* yang menetas hingga di atas 50% (Gambar 1).

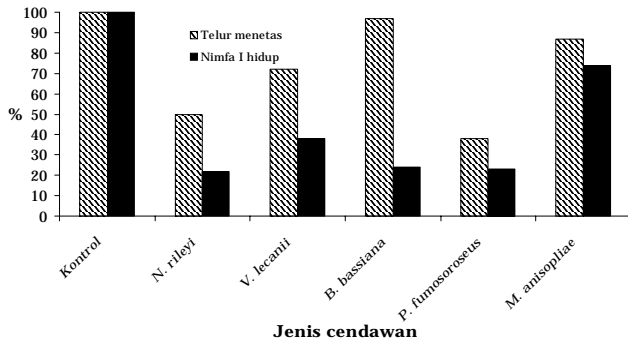
Telur merupakan stadia awal dari siklus hidup organisme. Telur *R. linearis* pada umumnya ditemukan di pertanaman kedelai menjelang berbunga, yaitu pada umur kurang lebih 35 hari setelah tanam (HST), diletakkan pada bagian tangkai maupun daun oleh imagonya (Tengkano *et al.* 1988). Stadia telur merupakan stadia yang tidak bergerak berbeda dengan stadia nimfa maupun imago yang bergerak (*mobile*). Oleh

**Tabel 2. Mortalitas imago *R. linearis* akibat aplikasi lima jenis cendawan entomopatogen.**

Perlakuan	Mortalitas imago <i>R. linearis</i> (%) pada n HSA <sup>1)</sup>			
	3	6	9	12
<i>Verticillium</i> sp.	43 ± 5,70 b	79 ± 4,18 a	80 ± 4,18 a	81 ± 5,70 a
<i>B. bassiana</i>	33 ± 10,95 c	48 ± 4,47 b	56 ± 6,51 b	67 ± 5,70 b
<i>N. rileyi</i>	24 ± 8,21 cd	39 ± 4,18 c	42 ± 4,47 c	47 ± 2,73 c
<i>P. fumosoroseus</i>	24 ± 8,94 cd	33 ± 9,08 c	39 ± 8,21 c	40 ± 3,53 d
<i>M. anisopliae</i>	20 ± 6,12 d	34 ± 4,18 c	37 ± 2,73 c	40 ± 3,53 d
Deltametrin	79 ± 14,18 a	83 ± 4,18 a	83 ± 5,70 a	83 ± 5,70 a
Kontrol (air)	0 ± 0,00 e	0 ± 0 d	1 ± 2,23 d	1 ± 2,23 e

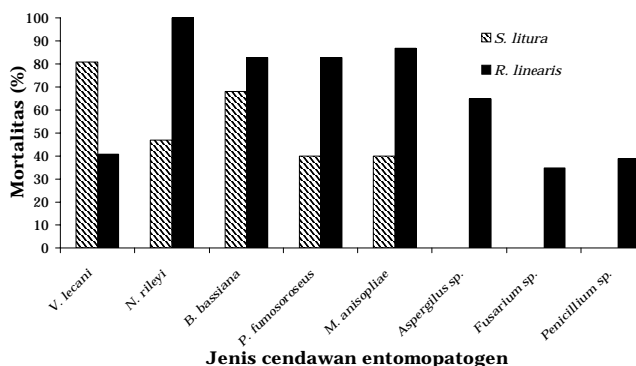
<sup>1)</sup> HSA (hari setelah aplikasi).

Sumber: Prayogo (2004).



Gambar 1. Rerata telur *R. linearis* menetas dan nimfa I yang mampu hidup.

karena itu, peluang keberhasilan aplikasi lebih besar dibandingkan stadia nimfa dan imago. Di samping itu, stadia telur belum dapat menyebabkan kerusakan pada polong. Dengan demikian cendawan entomopatogen tersebut berpotensi digunakan sebagai salah satu agens hayati untuk mengendalikan hama tanaman pangan khususnya *R. linearis*. Potensi pemanfaatan cendawan entomopatogen akan lebih besar di masa-masa mendatang dengan digalakkannya pertanian yang berwawasan lingkungan. Hal ini disebabkan karena cendawan entomopatogen tidak menimbulkan residu dan dampak buruk terhadap lingkungan maupun kesehatan. Sementara itu, penggunaan pestisida sangat mempengaruhi keselamatan lingkungan maupun serangga berguna lainnya (Palm *et al.* 1970;



Gambar 2. Keefektifan beberapa jenis cendawan entomopatogen terhadap ulat grayak *S. litura* dan *R. linearis*. Laboratorium Mikologi, Balitkabi. Cendawan *Aspergillus sp.*, *Penicillium sp.*, dan *Fusarium sp.* tidak diuji keefektifannya terhadap *R. linearis*. (Prayogo *et al.* 2002a).

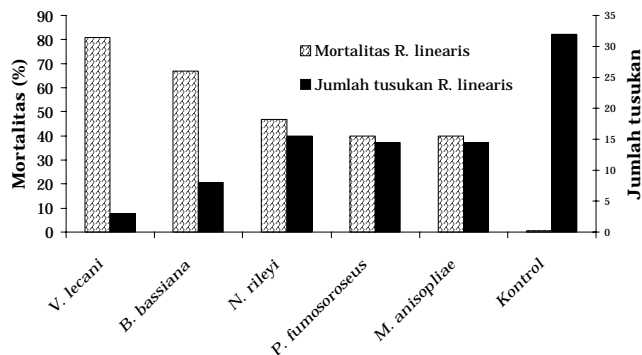
Oka dan Bahagiawati 1987; Sosromarsono *et al.* 1988; Croft 1990; Purcell dan Schrooder 1996).

### Faktor-faktor yang Mempengaruhi Keefektifan Cendawan Entomopatogen di Lapang dan Upaya yang Harus Dilakukan

#### Jenis hama sasaran

Salah satu kelemahan petani dalam mengendalikan hama, adalah pemahaman mereka tentang jenis hama yang akan dikendalikan. Dengan diketahuinya jenis hama yang menyerang pada suatu lahan secara tidak langsung akan diketahui pula jenis cendawan entomopatogen yang akan digunakan untuk tindakan pengendalian. Hal ini disebabkan karena setiap jenis cendawan entomopatogen mempunyai inang yang spesifik. Cendawan entomopatogen *Metarhizium anisopliae* diketahui dapat menginfeksi beberapa jenis serangga antara lain dari ordo Coleoptera, Lepidoptera, Homoptera, dan Hemiptera (Gabriel dan Riyanto 1989; Baehaki dan Noviyanti 1993). Namun cendawan *M. anisopliae* paling efektif mengendalikan hama dari ordo Isoptera (Strack 2003). Hal ini disebabkan karena terdapat hubungan antara perilaku serangga inang dengan kinerja cendawan entomopatogen. Fenomena tersebut terbukti dari hasil uji infeksi ulang beberapa jenis cendawan entomopatogen yang diperoleh dari hama *S. litura* dan *H. armigera* yang menunjukkan bahwa cendawan *N. rileyi* paling efektif mengendalikan *S. litura* hingga mortalitas mencapai 100% (Prayogo *et al.* 2002a) (Gambar 2). Cendawan tersebut dilaporkan merupakan salah satu agens hayati yang potensial untuk mengendalikan hama khususnya ordo Lepidoptera, walaupun juga mampu menginfeksi serangga dari ordo lain (Ignofu 1981; Suryawan dan Carner 1993).

Fakta lain menunjukkan bahwa cendawan *V. lecanii* yang diisolasi dari walang sangit *Leptocoriza acuta* efektif terhadap hama pengisap polong kedelai *R. linearis* (Prayogo 2004). Keefektifan cendawan terlihat dari mortalitas *R. linearis* cukup tinggi dan kerusakan biji yang diakibatkannya rendah (Gambar 3). Keefektifan lainnya terlihat dari kemampuan cendawan *V. lecanii* dalam mengkolonisasi telur *R. linearis*, sehingga banyak telur yang tidak menetas (Prayogo 2004; Prayogo *et al.* 2004).



**Gambar 3.** Hubungan antara mortalitas *R. linearis* dengan jumlah tusukan pada tiap biji kedelai yang diaplikasi beberapa jenis cendawan entomopatogen. Sumber: Prayogo (2004).

Masih banyak fakta lain yang menunjukkan bahwa keefektifan suatu jenis cendawan entomopatogen ditentukan dari jenis hama yang akan dikendalikan. Cendawan *B. bassiana* juga mempunyai kemampuan menginfeksi beberapa jenis serangga hama, antara lain dari ordo Lepidoptera, Hemiptera, dan Homoptera (Hardaningsih dan Prayogo 2001; Prayogo *et al.* 2002b), namun lebih efektif untuk mengendalikan hama dari ordo Coleoptera (Varela dan Morales 1996). Upaya yang harus dilakukan oleh seorang petani sebelum melakukan pengendalian adalah mengidentifikasi jenis hama utama di lahan yang akan dikendalikan. Dalam konsep PHT, identifikasi jenis hama merupakan tindakan pertama yang harus dilakukan seorang petani sebelum mengambil keputusan untuk melakukan tindakan pengendalian (Rauf 1996).

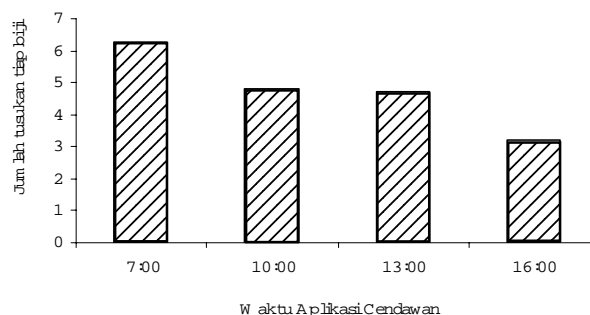
### Waktu aplikasi

Keefektifan cendawan entomopatogen dipengaruhi oleh waktu aplikasi. Hal ini disebabkan setelah inokulasi untuk pertumbuhan dan perkembangannya, cendawan entomopatogen membutuhkan kelembaban yang tinggi (Milner dan Lutton 1986; Lacey dan Goettel 1995; Farques *et al.* 1995; Mazet *et al.* 1996; Milner *et al.* 1997). Kelembaban udara yang tinggi diperlukan bagi cendawan entomopatogen selama proses pembentukan tabung kecambah (*germ tube*) sebelum terjadi penetrasi ke integumen serangga (Steinkraus dan Slaymaker 1994; Sitch dan Jackson 1997; Arthurs dan Thomas 2001).

Kelembaban yang tinggi, di atas 90% selama 6–12 jam setelah inokulasi dibutuhkan oleh

cendawan *V. lecanii* untuk dapat melakukan penetrasi ke dalam tubuh serangga (Hall 1981; Milner dan Lutton 1986; Milner *et al.* 1997; Hoddle 1999; Altre dan Vandenberg 2001a; Cloyd 2003). Waktu aplikasi sangat penting karena cendawan *V. lecanii* sangat rentan terhadap pengaruh sinar matahari khususnya sinar ultra violet (Tanada dan Kaya 1993; Altre dan Vandenberg 2001b; Cloyd 2003). Kerentanan cendawan *V. lecanii* terhadap ultra violet terlihat dari pemaparan pada sinar matahari dalam waktu yang relatif singkat yaitu 4 jam, cendawan akan kehilangan viabilitas sebesar 16% (Suharsono dan Prayogo 2005). Sedangkan pemaparan selama 8 jam akan kehilangan viabilitas di atas 50%.

Upaya yang harus dilakukan yaitu memilih waktu aplikasi yang tepat untuk menghindari kerusakan konidia cendawan akibat pengaruh sinar ultra violet. Waktu aplikasi yang tepat adalah pada sore hari karena konidia tidak terkena sinar ultra violet. Di samping itu, sore hari menjelang malam akan meningkatkan kelembaban udara yang sangat dibutuhkan bagi perkembangan cendawan. Waktu aplikasi cendawan *V. lecanii* yang dilakukan pada sore hari setelah pukul 16:00 mampu menyebabkan kematian hama pengisap polong kedelai *R. linearis* hingga 80%. Meningkatnya jumlah mortalitas serangga mengakibatkan penurunan jumlah kerusakan biji kedelai (Prayogo dan Tengkan 2004b). Penurunan kerusakan biji tampak pada jumlah tusukan stilet *R. linearis* hanya 3 tusukan tiap biji, sedangkan pada aplikasi yang dilakukan pada pagi hingga siang hari masih tinggi, yaitu antara 4,7 hingga 6,3 tusukan tiap biji (Gambar 4).



**Gambar 4.** Pengaruh waktu aplikasi cendawan *V. lecanii* terhadap jumlah tusukan *R. linearis* pada biji kedelai. (Prayogo & Tengkan 2004b).

**Konsentrasi konidia cendawan**

Keberhasilan pengendalian suatu hama sangat tergantung pada konsentrasi konidia cendawan entomopatogen yang diaplikasikan (Hall 1980). Jumlah konidia berhubungan dengan banyaknya biakan cendawan yang dibutuhkan dalam setiap hektarnya. Jumlah kerapatan konidia yang dibutuhkan untuk mengendalikan hama tergantung pada jenis dan populasi hama di lapangan (Haryanto *et al.* 1993; Wikardi 1993; Tohidin *et al.* 1993).

Pada tanaman pangan, kerapatan konidia yang dibutuhkan relatif lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman perkebunan. Untuk mengendalikan hama wereng coklat (*Nilaparvata lugens*) pada tanaman padi diperlukan kerapatan konidia cendawan *M. anisopliae* 10<sup>15</sup>/ml (Baehaki dan Noviyanti 1993) (Tabel 3). Sementara itu, untuk mengendalikan hama ulat daun *Darna catenata* pada perkebunan kelapa sawit hanya dibutuhkan kerapatan konidia *B. bassiana* 39,9 x 10<sup>6</sup>/ml untuk mencapai mortalitas hingga 100% (Daud *et al.* 1993). Hal ini disebabkan karena tanaman pangan berumur semusim, sehingga sekali aplikasi cendawan harus mampu langsung menginfeksi dan mengkolonisasi serangga hama sasaran. Dengan demikian, diperlukan kerapatan konidia yang lebih padat.

Untuk mengendalikan ulat grayak (*Spodoptera litura*) dengan cendawan *M. anisopliae* dibutuhkan kerapatan konidia 10<sup>7</sup>/ml (Prayogo dan Tengkan 2004a) (Tabel 4). Untuk mengendalikan hama walang sangit (*Leptocoriza acuta*) pada tanaman padi menggunakan cendawan *B. bassiana*, juga diperlukan kerapatan konidia

10<sup>7</sup>/ml (Tohidin *et al.* 1993). Kerapatan konidia 10<sup>7</sup>/ml juga paling efektif untuk mengendalikan hama penggerek buah kopi (*Hypothenemus hampei*) dan setara dengan biakan cendawan *B. bassiana* 1 kg/ha (Haryanto *et al.* 1993). Oleh karena itu, agar diperoleh hasil yang optimal, diperlukan dosis kerapatan konidia minimal 10<sup>7</sup>/ml atau 1 hingga 2 kg/ha.

**Frekuensi aplikasi**

Keefektifan agens hayati dalam pengendalian hama khususnya cendawan entomopatogen, juga ditentukan oleh frekuensi aplikasi yang diberikan. Hal ini disebabkan karena konidia yang belum mampu menginfeksi pada aplikasi tahap awal akan dapat digantikan oleh konidia yang diaplikasikan pada tahap selanjutnya. Faktor yang mempengaruhi frekuensi aplikasi di lapangan adalah cuaca yang kurang mendukung, yaitu curah hujan, angin, dan sinar matahari. Selain itu, faktor yang tidak kalah pentingnya yaitu stadia serangga hama di

**Tabel 3. Pengaruh kerapatan konidia *Metarhizium anisopliae* terhadap mortalitas imago wereng coklat.**

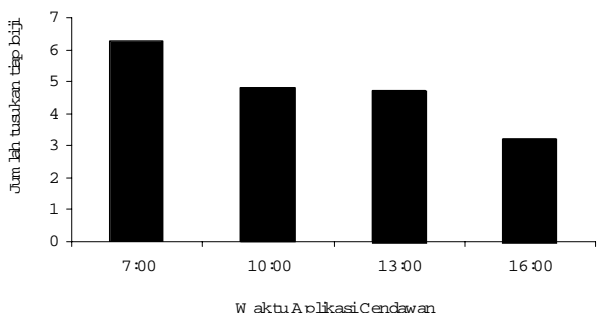
Kerapatan konidia <i>M. anisopliae</i> (konidia/ml)	Mortalitas wereng coklat pada n MSA (%)*		
	1	2	3
0	9,3	13,3	13,3
10 <sup>5</sup>	15,3	27,3	27,3
10 <sup>10</sup>	36,7	54,7	55,3
10 <sup>15</sup>	39,3	61,7	63,0

Keterangan: MSA (minggu setelah aplikasi).  
Sumber: Baehaki dan Noviyanti (1993).

**Tabel 4. Pengaruh konsentrasi konidia *M. anisopliae* terhadap tingkat kematian larva *S. litura* instar 2.**

Konsentrasi <i>M. anisopliae</i> (Konidia/ml)	Mortalitas <i>S. litura</i> (%) pada n HSA*					
	2	4	6	8	10	12
10 <sup>4</sup>	8,00	35,33	42,00	44,33	47,33	48,00
10 <sup>5</sup>	13,67	43,67	50,67	54,00	54,33	55,00
10 <sup>6</sup>	14,33	45,67	55,00	60,00	60,67	64,33
10 <sup>7</sup>	22,00	56,00	77,33	79,00	82,67	83,33
10 <sup>8</sup>	23,00	51,00	64,33	70,67	71,00	71,67
KK (%)	19,27	14,60	15,42	15,42	17,72	17,07

Keterangan: HSA (hari setelah aplikasi).  
Sumber: Prayogo dan Tengkan (2004a).



**Gambar 4.** Pengaruh waktu aplikasi cendawan *V. lecanii* terhadap jumlah tusukan *R. linearis* pada biji kedelai. (Prayogo & Tengkanan 2004b).

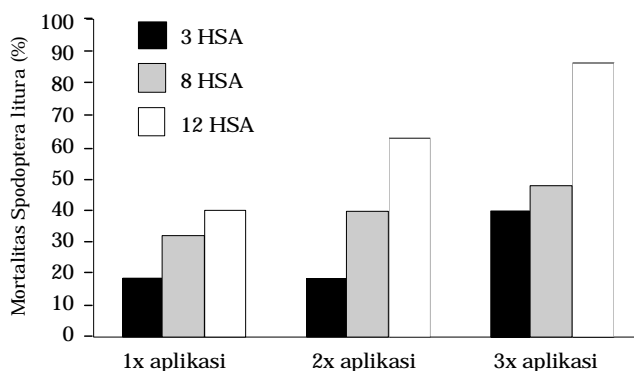
lapangan yang saling tumpang tindih (tidak seragam). Hal ini disebabkan karena serangga hama memiliki beberapa stadia instar/nimfa. Setiap stadia instar/nimfa serangga hama memiliki perilaku yang berbeda yang akhirnya berpengaruh terhadap jumlah atau frekuensi aplikasi.

Aplikasi *M. anisopliae* sebanyak tiga kali berturut-turut selama tiga hari, efektif mengendalikan *S. litura* hingga menyebabkan kematian mencapai 86%, sedangkan aplikasi satu kali hanya 40% (Gambar 5) (Prayogo dan Tengkanan 2004a). Bahkan untuk mengendalikan ulat jengkal (*E. bhurmitra*) pada tanaman teh diperlukan aplikasi cendawan *Beauveria bassiana*

atau *Paecilomyces fumosoroseus* sebanyak empat kali (Widayat dan Rayati 1993) (Tabel 5). Bagi daerah yang mempunyai curah hujan tinggi dianjurkan aplikasi berulang kali untuk menghindari kegagalan konidia menginfeksi serangga (Hoddle 1999; Cloyd 2003). Paparan di atas menginformasikan bahwa upaya yang harus dilakukan yaitu aplikasi minimal sebanyak tiga kali.

**Penambahan perekat**

Keberhasilan konidia cendawan entomopatogen menempel pada integumen serangga akan menentukan proses infeksi sampai dengan



**Gambar 5.** Pengaruh frekuensi aplikasi cendawan *M. anisopliae* terhadap mortalitas *S. litura*. Sumber: Prayogo dan Tengkanan (2004a).

**Tabel 5.** Pengaruh frekuensi aplikasi tiga jenis cendawan entomopatogen terhadap intensitas serangan ulat jengkal *E. Bhurmitra*.

Frekuensi aplikasi	Intensitas serangan <i>E. bhurmitra</i> pada n HSA (%)				
	2	4	6	8	
<i>P. fumosoroseus</i>	1x	30,67 tn	22,33 tn	15,33 def	17,67 abcde
	2x	29,33 tn	21,33 tn	19,33 abcdef	10,67 efghi
	4x	31,67 tn	22,00 tn	13,00 g	9,33 fghi
<i>B. bassiana</i>	1x	27,33 tn	21,33 tn	15,00 efg	17,33 abcde
	2x	29,33 tn	20,33 tn	24,33 abcd	8,67 hi
	4x	34,00 tn	15,55 tn	17,33 cdef	7,33 i
<i>M. anisopliae</i>	1x	29,00 tn	20,33 tn	17,67 bcdefg	14,33 bcdefghi
	2x	26,67 tn	21,00 tn	13,67 fg	11,00 defghi
	4x	26,00 tn	22,33 tn	22,00 abcdef	9,00 ghi
Gusadri	19,00 tn	19,33 tn	19,33 abcdefg	14,33 cdefghi	
Kontrol	30,33 tn	30,33 tn	27,33 a	24,67 a	

Keterangan: tn (tidak nyata).

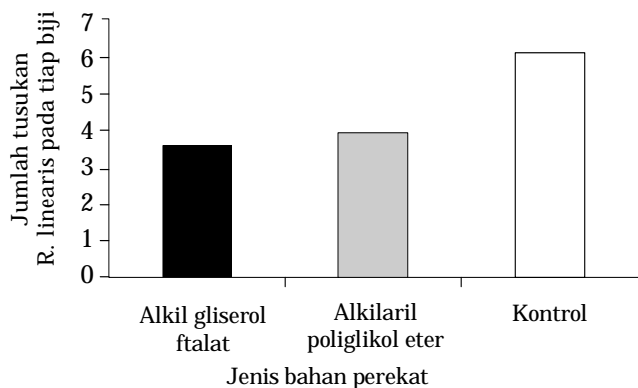
Sumber: Widayat dan Rayati (1993).

terjadi proses proliferasi di dalam organ kemudian diakhiri dengan kematian serangga. Oleh karena itu, upaya yang dilakukan untuk melindungi konidia cendawan agar proses inokulasi berhasil adalah menambahkan bahan perekat (Devi dan Prasad 1988; Widayat dan Rayati 1993; Leland 2001a dan 2001b).

Penambahan bahan perekat berfungsi untuk meningkatkan daya rekat konidia pada integumen serangga sehingga konidia terlindung dari faktor lingkungan yang kurang mendukung seperti angin, sinar matahari, dan hujan. Dengan demikian, konidia langsung dapat menempel pada integumen dan selanjutnya mampu melangsungkan proses lebih lanjut.

Bahan perekat alkil gliserol ftalat 1 ml/l yang ditambahkan ke dalam suspensi cendawan entomopatogen *V. lecanii* sebelum aplikasi mampu meningkatkan keefektifan *V. lecanii* hingga 20% dibandingkan kontrol (Prayogo dan Tengkan 2004b). Keefektifan cendawan juga terlihat pada penurunan kerusakan biji kedelai akibat tusukan stilet hama pengisap polong *R. linearis* sebesar 43% (Prayogo dan Tengkan 2004b). Bahan perekat lainnya, yaitu alkilaril poliglolikol eter juga mampu menekan kerusakan biji kedelai, namun keefektifan cendawan *V. lecanii* masih lebih rendah apabila dibandingkan dengan penambahan alkil gliserol ftalat (Gambar 6).

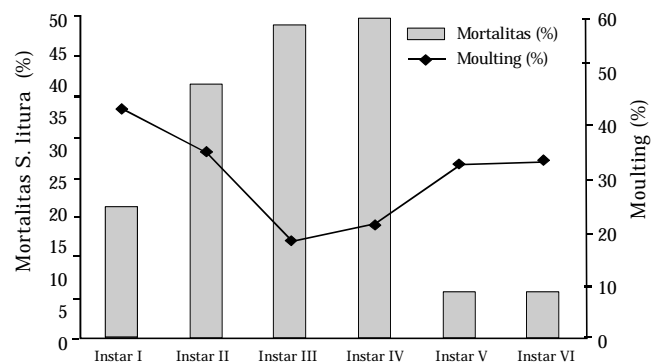
Penambahan perekat ke dalam suspensi cendawan entomopatogen sebelum aplikasi dianjurkan terutama untuk mengendalikan hama



**Gambar 6.** Pengaruh penambahan bahan perekat terhadap tingkat keefektifan cendawan *V. lecanii* dalam menekan kerusakan biji kedelai. Sumber: Prayogo dan Tengkan (2004b).

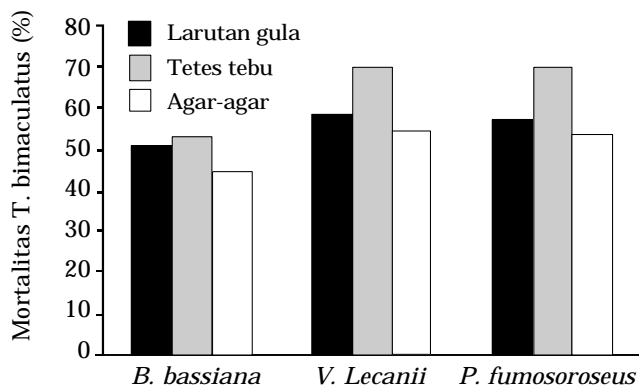
yang mengalami beberapa pergantian kulit (*moulting*). Proses alami ini yang menyebabkan populasi di lapangan selalu tidak seragam (tumpang tindih), terutama hama pengisap polong *R. linearis* dan ulat grayak *S. litura*. Pergantian kulit merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kinerja cendawan entomopatogen. Hal ini disebabkan karena konidia yang diaplikasikan tidak akan berhasil menginfeksi karena ikut terlepas sewaktu serangga mengalami ganti kulit (Prayogo dan Tengkan 2002b).

Pergantian kulit yang terjadi pada serangga sasaran mempengaruhi tingkat keefektifan cendawan entomopatogen yang digunakan. Seperti yang terjadi pada ulat grayak *S. litura*, selama stadia larva akan mengalami sebanyak enam kali ganti kulit. Pergantian kulit yang paling tinggi terjadi pada larva instar III dan IV hampir mencapai 50% (Gambar 7). Hasil aplikasi cendawan *M. anisopliae* pada stadia instar tersebut hanya mampu menyebabkan mortalitas lebih rendah dibandingkan pada instar lainnya, yaitu kurang dari 20%. Sebaliknya, pada instar I, II, V, dan VI persentase serangga yang mengalami ganti kulit lebih rendah sehingga aplikasi cendawan lebih efektif (Prayogo dan Tengkan 2002b). Hal ini disebabkan karena selain pergantian kulit juga perilaku dari serangga tersebut yang mempengaruhi keefektifan cendawan (Widayat dan Rayati 1993).



**Gambar 7.** Hubungan antara instar *S. litura* dengan mortalitas dan ganti kulit. Sumber Prayogo dan Tengkan (2002b).





**Gambar 8.** Pengaruh bahan pembawa pada tiga jenis cendawan entomopatogen terhadap mortalitas hama tungau merah. Sumber: Prayogo dan Indiati (2004).

### Penambahan bahan pembawa (*carrier*)

Pada waktu aplikasi cendawan entomopatogen tidak semua konidia akan berhasil mencapai sasaran. Hal ini disebabkan berbagai hal antara lain, mobilitas serangga yang tinggi terutama hama dari ordo Homoptera dan Hemiptera, proses ganti kulit, dan cara aplikasi yang salah. Oleh karena itu, upaya yang harus dilakukan yaitu menambahkan bahan pembawa (*carrier*) yang berfungsi sebagai makanan cadangan (*starter*) bagi konidia yang diaplikasikan sebelum berhasil menginfeksi serangga. Dengan demikian, konidia yang gagal menginfeksi serangga atau konidia yang tidak tepat sasaran pada waktu aplikasi, masih berpeluang untuk dapat bertahan (*survive*).

Penambahan bahan pembawa berupa tetes tebu sebanyak 0,01 setiap liter pada suspensi konidia cendawan *B. bassiana*, *V. lecanii*, dan *P. fumosoroseus* mampu meningkatkan mortalitas hama tungau merah pada ubikayu (Gambar 8). Peningkatan keefektifan cendawan terlihat dari mortalitas tungau merah hingga mencapai 17%. Bahan pembawa tetes tebu lebih efektif dibandingkan dengan larutan gula dan agar-agar baik pada *B. bassiana* dan *V. lecanii* maupun *P. fumosoroseus* (Prayogo dan Indiati 2004). Tetes tebu diduga masih banyak mengandung berbagai unsur/nutrisi, terutama gula dan protein. Protein sangat diperlukan cendawan untuk pembentukan spora (*sporulation*) (Prayogo dan Tengkanoo 2002a; Mello-Pererira dan daEira 2003; Yuliatin 2004).

Sebelum menemukan hama inang (*host*), cendawan entomopatogen mengalami serangkaian proses yang cukup panjang sehingga diperlukan lingkungan yang mendukung seperti tersedianya nutrisi yang cukup agar viabilitas konidia tetap tinggi sehingga konidia tidak mengalami kekeringan (*desiccation*), bahkan kematian sebelum terjadi proses infeksi. Dengan demikian, viabilitas yang tinggi sangat menentukan tingkat keefektifan cendawan entomopatogen itu sendiri (James dan Jaronski 2000; James 2001; Prayogo dan Tengkanoo 2002a; Suharsono dan Prayogo 2005).

### KESIMPULAN

Cendawan entomopatogen berpotensi digunakan sebagai salah satu agens hayati untuk pengendalian hama pada tanaman pangan. Kendala yang mempengaruhi keefektifan cendawan entomopatogen di lapangan dapat ditanggulangi dengan berbagai upaya antara lain; (1) identifikasi jenis hama yang akan dikendalikan, (2) aplikasi pada sore hari, (3) dosis aplikasi sebanyak 1–2 kg/ha biakan cendawan dengan kerapatan konidia minimal 10<sup>7</sup>/ml, (4) aplikasi sebanyak tiga kali berturut-turut selama tiga hari, dan (5) menambahkan perekat alkil gliserol ftalat dan bahan pembawa berupa tetes tebu pada suspensi konidia sebelum dilakukan aplikasi pada hama sasaran.

### UCAPAN TERIMAKASIH

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada Ketua Kelti Proteksi Balitkabi Dr. Ir. Suharsono, MS, Kepala Balitkabi Prof. (Riset) Dr. Subandi, Ketua Peki Prof. (Riset) Dr. Titis Adisarwanto, dan Prof. (Riset) Dr. Nasir Saleh atas saran dan koreksi naskah ini.

### DAFTAR PUSTAKA

- Altre, J.A. and J.D. Vandenberg. 2001a. Penetration of cuticle and proliferation in himolymph by *Paecilomyces fumosoroseus* isolates that differ in virulence against lepidopteran larvae. *J. Invertebr. Pathol.* (78):78-85.
- Altre, J.A. and J.D. Vandenberg. 2001b. Factors influencing the infectivity of isolates of *Paecilomyces fumosoroseus* against Diamondback Moth *Plutella xylostella*. *J. Invertebr. Pathol.* (78):31-36.
- Arthurs, S. and M.B. Thomas. 2001. Effects of temperature and relative humidity on speculation of *Metarhizium anisopliae* var. *acridum* in mycosed

- cadavers of *Schistocerca gregaria*. J. Invertebr. Pathol. (78):59-65.
- Baehaki, S.E. dan Noviyanti. 1993. Pengaruh umur biakan *Metarhizium anisopliae* strain lokal Sukamandi terhadap perkembangan wereng coklat. hlm.113-124. *Dalam*: Martono, E., E. Mahrub, N.S. Putra, dan Y. Trisetyawati (Eds.). Simposium Patologi Serangga I. Yogyakarta, 12-13 Oktober 1993.
- Cloyd, R. 2003. The entomopathogen *Verticillium lecanii*. Midwest Biological control news. University of Illinois. <http://www.extension.umn.edu/distribution/horticulture/DG7373.html> [22 April 2005].
- Croft, B.T. 1990. Arthropod biological control agents and pesticides. First Ed. Wiley, New York.
- Daud, I.D., A. Papulung, dan Mery. 1993. Efektivitas lima konsentrasi suspensi spora *Beauveria bassiana* Vuill. terhadap mortalitas tiga instar larva *Darna catenata* Snellen (Lepidoptera: Limacodidae). hlm: 125-134. *Dalam*: Martono E., E. Mahrub, N.S. Putra, dan Y. Trisetyawati (Eds.). Simposium Patologi Serangga I. Yogyakarta, 12-13 Oktober 1993. Yogyakarta. Universitas Gajahmada.
- Devi, P.S.V. and Y.G. Prasad. 1988. Compatibility of soil and antifeedants of plant origin with the entomopathogenic fungus *Nomuraea rileyi*. J. Invertebr. Pathol. (68):91-93.
- Farques, J., N.K. Maniania, and J.C. Delmas. 1995. Infectivity of propagules of *Paecilomyces fumosoroseus* during in vitro development to *Spodoptera frugiperda*. CAB (Abstract). (12):313-346.
- Farques, J., A. Ouedraogo, M.S. Goettel, and C.J. Lomer. 1997. Effect of temperature, humidity, and inoculation method on susceptibility of *Schistocera gregaria* to *Metarhizium flavoviridae*. Biocontrol Sci. Technol. (7):345-356.
- Farques, J. and G. Luz. 1998. Effect of fluctuating moisture and temperature regimes on sporulation of *Beauveria bassiana* on cadavers of *Rhodnius prolixus*. Biocontrol Sci. Technol. (8):323-334.
- Gabriel, B.P. dan Riyanto 1989. *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sor. Taksonomi, Patologi, Produksi, dan Aplikasinya. Proyek pengembangan perlindungan tanaman perkebunan Departemen Pertanian. 25 hlm.
- Glare, T.R., R.J. Milner, and G.A. Chilvers. 1986. The effect of environmental factors on the production, discharge, and germination of primary conidia of *Zoophthora phalloides* Batko. J. Invertebr. Pathol. (48):275-283.
- Glare, T.R., R.J. Townsend, and S.D. Young. 1995. Temperature limitations on field effectiveness of *Metarhizium anisopliae* against *Costelytra zealandica* (White) (Coleoptera:Scarabidae) in Canterbury. The New Zealand Plant Protection Society Incorporated. [http://www.hornet.co.nz/publications/nzpps/proceeding/94/94\\_266.htm](http://www.hornet.co.nz/publications/nzpps/proceeding/94/94_266.htm) [20 Des 2003].
- Hajek, A.E., R.I. Carruthers, and R.S. Soper. 1990. Temperature and moisture relations of sporulation and germination by *Entomophaga maimaiga* (Zygomycetes: Entomophthoraceae), a fungal pathogen of *Lymantria dispar* (Lepidoptera: Lymantriidae). Environ. Entomol. (19):85-90.
- Hall, R. A. 1980. Control of aphids by the fungus, *Verticillium lecanii*: Effect of spore concentration. Entomol. Experiment App (27):1-5.
- Hall, R.A. 1981. The fungus *Verticillium lecanii* as a microbial insecticide against aphids and scales. p:483-498. *In*: Microbial control of pests and plant diseases. London: Academic Press.
- Hardaningsih, S. dan Y. Prayogo. 2001. Identifikasi dan patogenisitas jamur entomopatogen untuk mengendalikan hama pengisap polong (*Riptortus linearis*) dan hama boleng (*Cylas formicarius*). hlm:145-150. *Dalam*: Praswanto, B., H. Semangun, N. Widijawati, D. Rahardjo, A. Prasetyaningsih, dan C. Amarantini (Eds.). Prosiding Lokakarya Nasional Strategi Pengelolaan Sumber Daya Alam Hayati Dalam Era Otonomi Daerah. Yogyakarta, 8-9 Juni 2001. Universitas Kristen Duta Wacana Yogyakarta.
- Haryanto, D., A. Susilo, dan H. Prasetyono. 1993. Pengaruh dosis dan waktu aplikasi cendawan *Beauveria bassiana* terhadap efektivitas pengendalian bubuk buah kopi (*Hypothenemus hampei*). hlm:249-254. *Dalam*: Martono E, E. Mahrub, N.S. Putra, dan Y. Trisetyawati (Eds.). Simposium Patologi Serangga I. Yogyakarta, 12-13 Oktober 1993. Yogyakarta. Universitas Gajahmada.
- Hoddle, M. S. 1999. The Biology and management of Silverleaf Whitefly *Bemisia argentifolii* Bellows and Perring (Homoptera: Aleyrodidae) on greenhouse grown ornamentals. <http://www.biocontrol.ucr.edu/bemisia.html#verticillium> [5 April 2005].
- Ignofu, C.M. 1981. The fungus *Nomuraea rileyi* as a microbial insecticide. p:513-538. *In*: Microbial Control of Pests and Diseases 1970-1980. Academic Press. London.
- James, R.R. and S. Jaronski. 2000. Effect of low viability on infectivity of *Beauveria bassiana* conidia toward the silverleaf whitefly. J. Invertebr. Pathol. (76):227-228.
- James, R.R. 2001. Effect of exogenous nutrients on conidial germination and virulence against the silverleaf whitefly for two hyphomycetes. J. Invertebr. Pathol. (77):99-107.
- Junianto, Y.D. 2000. Penggunaan *Beauveria bassiana* untuk pengendalian hama tanaman kopi dan kakao. Workshop Nasional Pengendalian Hayati OPT

- Tanaman Perkebunan di Cipayang. 15-17 Februari 2000. 15 hlm.
- Kayaa, G.P., E.N. Mwangi, and E.A. Ouna. 1996. Prospects for biological control of livestock ticks *Rhipicephalus appendiculatus* and *Amblyomma variegatum* using the entomogenous fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae*. *J. Invertebr. Pathol.* (67):15-20.
- Kim, J.J., M.H. Lee, C.S. Yoon, H.S. Kim, and J.K. You. 2001. Control of cotton aphid and greenhouse whitefly with a fungal pathogen. Food dan Fertilizer Technology Center An international Information center for farmers in the Asia Pacific Region. <http://www.agnet.org/library/article/eb502.htm> [27/03/2004].
- Lacey, L. A. and M. S. Goettel. 1995. Current developments in microbial control of insect pests and prospects for the early 21<sup>st</sup> century. *Entomophaga* (40):3-27.
- Leland, J.E. 2001a. Environmental-stress tolerant formulations of *Metarhizium anisopliae* var. *Acridum* for control of African Desert Locust (*Schistocerca gregaria*). Dissertation. Virginia: Faculty of Virginia Polytechnic. [http://scholar.lib.vt.edu/theses/available/etd\\_12052001\\_115455/unrestricted/JlelandDissertation.PDF](http://scholar.lib.vt.edu/theses/available/etd_12052001_115455/unrestricted/JlelandDissertation.PDF) [21 Juli 2005].
- Leland, J.E. 2001b. Coating *Metarhizium anisopliae* var *Acridum* with water soluble lignins for enhanced UVB-protection and effects on virulence to *Schistocerca Americana* (Drury). Virginia: Department of Entomology. <http://essa.confex.com/esa/2001/echprogram/paper3552.htm> [21 Juli 2005].
- Mazet, I., J.C. Pendland, and D.G. Boucias. 1996. Dependence of *Verticillium lecanii* (Fungi:Hypomycetes) on high humidity for infection and sporulation using *Myzus persicae* (Homoptera:Aphididae) as host. *Environ. Entomol.* (15):380-382.
- Mello-Pererira, S.R. and A.F. daEira. 2003. Methodology for production of *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin in submerged cultivation: biomass sporulation, sugar concentration effect and inoculation cost. [http://www.ufsm.br/ccr/revista/resumes/rv293/eng/rvi293\\_1001.html](http://www.ufsm.br/ccr/revista/resumes/rv293/eng/rvi293_1001.html) [20 April 2005].
- Milner, R.J. and G.G. Lutton. 1986. Dependence of *Verticillium lecanii* (Fungi: Hyphomycetes) on high humidities and sporulation using *Myzus persicae* (Homoptera: Aphididae) as host. *Environ. Entomol.* (15):380-382.
- Milner, R. J., J.A. Staples, and G.G. Lutton. 1997. The effect of humidity on germination and infection of termites by the hyphomycete, *Metarhizium anisopliae*. *J. Invertebr. Pathol.* (69):64-69.
- Oduor, G.I., G.J. de-Morales, L.P.S. vander Geest, and J.S. Yaninek. 1996. Production and germination of primary conidia of *Neozygites floridana* (Zygomycetes: Entomophthorales) under constant temperatures, humidities, and photoperiods. *J Invertebr Pathol* (68):213-222.
- Oka, I.N., dan A.H. Bahagiawati. 1987. Konsepsi pengendalian terpadu hama menjamin kelestarian swasembada pangan dan lingkungan. Seminar Ilmiah Jubileum Perak Universitas Udayana. Denpasar, 21-25 September 1987.
- Ou, S.H. 1972. Rice disease. Plant pathology. the International Rice Institute. Los Banos, Philippines. 45pp.
- Palm, C.E., W.W. Dykstra, G. Ferguson, E. Hansberry, W.E. Hayes, J.R.L.W. Hazleton, J.C. Horstall, E.F. Knipling, L.D. Leach, R.L. Luvvrorn, and G.A. Swanson. 1970. Insect pest management and control: Principles of plant and animal pest control. 508 pp.
- Prayogo, Y. dan W. Tengkano. 2002a. Pengaruh media tumbuh terhadap daya berkecambah, sporulasi, dan virulensi *Metarhizium anisopliae* (Metchnikoff) Sorokin isolat Kendalpayak pada larva *Spodoptera litura*. hlm:233-241. *Dalam* Sudjatinah, Haslina, Iswoyo, dan B. Kunarto (Editor). *Jurnal Ilmiah Sainteks IX* (4). Universitas Semarang.
- Prayogo, Y. dan W. Tengkano. 2002b. Pengaruh umur larva *Spodoptera litura* terhadap efektivitas *Metarhizium anisopliae* isolat Kendalpayak. Hlm:70-76. *Dalam*: Nganro, N.R., C. Sugandawati, M. Zairin, A. Basukriadi, A. Tahir, P. Sukardi, I. Sulistyono, T. Hardiyati, E. Yuwono, Y. Sistina, dan H. Winarsi (Editor). *Majalah Ilmiah Biologi Biosfera.* (19)3. Purwokerto. Universitas Jendral Sudirman.
- Prayogo, Y., W. Tengkano, dan Suharsono. 2002a. Jamur entomopatogen pada *Spodoptera litura* dan *Helicoverpa armigera*. Seminar Hasil Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian. Malang, 25-26 Juni 2002. 15 hlm.
- Prayogo, Y., W. Tengkano, dan Suharsono. 2002b. Efektivitas Jamur *Beauveria bassiana* Isolat Probolinggo untuk Mengendalikan Hama Pengisap Polong Kacang-kacangan. Seminar Nasional Perkembangan Terkini Pengendalian Hayati Di Bidang Pertanian dan Kesehatan. Institut Pertanian Bogor. Bogor, 5 September 2002. 12 hlm.
- Prayogo, Y. dan W. Tengkano. 2004a. Pengaruh Konsentrasi dan Frekuensi Aplikasi *Metarhizium anisopliae* Isolat Kendalpayak Terhadap Tingkat Kematian *Spodoptera litura*. hlm: 233-243. *Dalam*: Sudjatinah, Haslina, Iswoyo, dan B. Kunarto B (Editor). *Jurnal ilmiah Sainteks.* Vol. XI (3). Universitas Semarang.
- Prayogo, Y. dan W. Tengkano. 2004b. Peningkatan keefektifan dan waktu aplikasi yang tepat cendawan *Verticillium lecanii* untuk mengendalikan hama

- pengisap polong kedelai *Riptortus linearis* (Hemiptera: Alydidae). Laporan Tahunan Hasil Penelitian Balitkabi Tahun 2004.
- Prayogo, Y. 2004. Keefektifan lima jenis cendawan entomopatogen terhadap hama pengisap polong kedelai *Riptortus linearis* (L.) (Hemiptera: Alydidae) dan dampaknya terhadap predator *Oxyopes javanus* Thorell (Araneida: Oxyopidae). [Tesis]. Departemen Hama Penyakit Tanaman. Sekolah Pasca Sarjana. Institut Pertanian Bogor. 51 hlm.
- Prayogo, Y., T. Santoso, dan Widodo. 2004. Keefektifan lima jenis cendawan entomopatogen terhadap telur hama pengisap polong kedelai *Riptortus linearis* (Hemiptera: Alydidae). Seminar Nasional Hasil Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian. 11 hlm. [belum terbit].
- Prayogo, Y. dan S. W. Indiaty. 2004. Pengaruh bahan perekat dan bahan pembawa pada tiga jenis cendawan entomopatogen untuk mengendalikan hama tungau merah pada ubikayu. Laporan Tahunan Hasil Penelitian Tahun 2004.
- Purcell, M.F. and W.J. Schrooder. 1996. Effect of silwet L-77 and diazinon on three tephritid fruit flies (Diptera: Tephritidae) and associated endoparasitoids. *J. Econ. Entomol.* (89):1566-1570.
- Rauf, A. 1996. Analisis ekosistem dalam pengendalian hama terpadu. Pelatihan Peramalan Hama dan Penyakit Tanaman Padi dan Palawija Tingkat Nasional. Jatisari, 2-9 januari 1996.
- Reithinger, R., C.R. Davies, H. Cadena, and B. Alexander. 1997. Evaluation of the fungus *Beauveria bassiana* as a potential biological control agent against Phlebotomine Sand Flies in Colombian Coffee Plantations. *J. Invertebr. Pathol.* (70):131-135.
- Santoso, T. 1993. Dasar-dasar patologi serangga. hlm:1-15. *Dalam:* Martono E, E. Mahrub, N. S. Putra, dan Y. Trisetyawati Y (Eds.). Simposium Patologi Serangga I. Yogyakarta, 12-13 Oktober 1993. Universitas Gajah Mada.
- Sosa-Gomez, D.R. and F. Moscardi. 1997. Laboratory and field studies on the infection of stink bugs *Nezara viridula*, *Piezodorus guildini*, and *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae) with *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* in Brazil. *J. Invertebr. Pathol.* (71):115-120.
- Sosromarsono S., J. Soejitno, A. Mukelar, S. Soedarwohadi, dan Suhardi. 1988. Peranan pestisida dalam pengendalian hama dan penyakit tanaman pangan. Simposium Penggunaan Pestisida Secara Bijaksana. Himpunan Perlindungan Tumbuhan Indonesia, Jakarta. 51 hlm.
- Sitch, J.C. and C.W. Jackson. 1997. Pre-penetration events affecting host specificity of *Verticillium lecanii*. *Mycological Research* (101):535-541.
- Steinkraus, D.C. and P.H. Slaymaker. 1994. Effect of temperature and humidity on formation, germination, and infectivity of conidia of *Neozygites fresenii* (Zygomycetes: Neozygitaceae) from *Aphis gossypii* (Homoptera: Aphididae). *J. Invertebr. Pathol.* (64):130-137.
- Strack, B.H. 2003. Biological control of termites by the fungal entomopathogen *Metarhizium anisopliae*. [http://www.utoronto.ca/forest/termite/metani\\_1.htm](http://www.utoronto.ca/forest/termite/metani_1.htm) [20 Des 2003]
- Sudarmadji, D. dan S. Gunawan. 1994. Patogenisitas fungi entomopatogen *Beauveria bassiana* terhadap *Helopeltis antoni*. *Menara Perkebunan.* 62(1).
- Suharsono dan Y. Prayogo. 2005. Pengaruh lama pemaparan pada sinar matahari terhadap viabilitas jamur entomopatogen *Verticillium lecanii*. Hlm:122-131. *Dalam:* Rasminah, S.Ch., M.Y. Rasyid, T. Adisarwanto, S.M. Sitompul, M.M. Mustadjab, T. Wardiyati, K. Hairiah, J. Moenandir, M. van Noordwijk, dan Y. Hitoshi (Editor). *Jurnal Habitat.* Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang. XVI (2).
- Suryawan, I.B.G. dan G.R. Carner. 1993. Cendawan patogen dari serangga hama pada tanaman palawija dan sayuran. hlm.288-295. *Dalam:* Martono E, E. Mahrub, N.S. Putra, dan Y. Trisetyawati [Editor]. Simposium Patologi Serangga I. Yogyakarta, 12-13 Oktober 1993. Universitas Gajahmada, Yogyakarta.
- Tanada, Y. and H.K. Kaya. 1993. *Insect pathology.* California: Academic Press, Inc.
- Tengkano, W., T. Okada, dan A.M. Tohir. 1988. Pengaruh serangan pengisap polong terhadap daya kecambah benih kedelai. Seminar Hasil Penelitian Hama Kedelai. Malang, 6 Desember 1988.
- Thomas, M.B. and N.E. Jenkins. 1997. Effect of temperature on growth of *Metarhizium flavoviridae* and virulence to the variegated grasshopper *Zonocerus variegates*. *Mycol. Res.* (101):1469-1474.
- Tohidin, A.T. Lisrianto, dan B.P. Machdar. 1993. Daya bunuh jamur entomopatogen *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin (Moniliales: Moniliales) terhadap *Leptocoriza acuta* Thunberg (Hemiptera: Alydidae) di rumah kaca. hlm:135-143. *Dalam:* Martono E, E. Mahrub, N.S. Putra, dan Y. Trisetyawati (Eds.). Simposium Patologi Serangga I. Yogyakarta, 12-13 Oktober 1993. Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Varela, A. and E. Morales. 1996. Characterization of some *Beauveria bassiana* isolates and their virulence toward the coffee berry borer *Hypothenemus hampei*. *J. Invertebr. Pathol.* (67):147-152.
- Wahyunendo, Y.D. 2002. Sporulasi cendawan entomopatogen *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. pada berbagai media alami dan viabilitasnya di bawah

- pengaruh suhu dan sinar matahari [Skripsi]. Bogor. Institut Pertanian Bogor. Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan. 51 hlm.
- Widayat, W. dan D. J. Rayati. 1993. Pengaruh Frekuensi Penyemprotan Jamur Entomopatogenik terhadap Ulat Jengkal (*Ectropis bhurmitra*) di Perkebunan Teh. hlm: 91-103. *Dalam*: Martono E, E. Mahrub, N.S. Putra, dan Y. Trisetyawati [Editor]. Simposium Patologi Serangga I. Yogyakarta, 12-13 Oktober 1993. Universitas Gajahmada, Yogyakarta.
- Wikardi, E.A. 1993. Teknik perbanyakan *Beauveria bassiana* dan aplikasinya di lapang. hlm:205-214. *Dalam*: Martono E, E. Mahrub, N.S. Putra, dan Y. Trisetyawati [Editor]. Simposium Patologi Serangga I. Yogyakarta, 12-13 Oktober 1993. Universitas Gajahmada, Yogyakarta.
- Yuliatin, E. 2004. Pengaruh berbagai jenis media alami terhadap pertumbuhan dan perkembangan cendawan entomopatogen *Verticillium lecanii*. Laporan Praktek Kerja Lapangan. Universitas Negeri Malang. 25 hlm.