



**JAMUR *BEAUVERIA BASSIANA* (BALSAMO)
VUILLEMIN, PEMBUNUH SERANGGA HAMA**

KARYA ILMIAH

OLEH :

IR. A Z W A N A , MP.

NIP. 131 880 984



PROGRAM STUDI ILMU HAMA & PENYAKIT TUMBUHAN

FAKULTAS PERTANIAN

UNIVERSITAS MEDAN AREA

M E D A N

2004

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang maha Esa atas segala berkat dan pemberianNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan karya ilmiah ini dengan baik.

Adapun judul dari karya ilmiah ini adalah “ JAMUR *BEAUVERIA BASSLANA* (BALSAMO) VUILLEMIN SIPEMBUNUH SERANGGA HAMA”, yang bahan-bahan penulisannya diambil dari berbagai bahan referensi (study kepustakaan).

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan hingga selesainya penulisan karya ilmiah ini.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penulisan karya ilmiah ini. Akhir kata besar harapan penulis, kiranya tulisan ini dapat bermanfaat bagi pihak-pihak yang membutuhkannya.

Medan, April 2004

Penulis,

Ir. Azwana, MP.

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR	iii
I. PENDAHULUAN	1
II. PENGENDALIAN HAYATI SEBAGAI PENERAPAN PHT	
2.1. Defenisi PHT dan Prinsip-prinsip Penerapannya	4
2.2. Pengertian Pengendalian Hayati	7
2.3. Jamur Entomopatogen Sebagai Agens Hayati	11
III. JAMUR <i>BEAUVERIA BASSIANA</i> (BALSAMO) VUILLEMIN SEBAGAI MUSUH ALAMI SERANGGA HAMA	
3.1. Morfologi jamur <i>B. bassiana</i>	15
3.2. Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Perkembangan Jamur <i>B. bassiana</i>	16
3.3. Gejala serangan dan Mekanisme Kerja Jamur <i>B. bassiana</i> pada Serangga Hama	23
IV. PROSPEK PENGGUNAAN JAMUR <i>BEAUVERIA BASSIANA</i> DI INDONESIA	29
V. KESIMPULAN	41
DAFTAR PUSTAKA	42

DAFTAR GAMBAR

<u>No.</u>	<u>J u d u l</u>	<u>Halaman</u>
1.	Karakteristik morfologi jamur <i>Beauveria bassiana</i>	16
2.	Gejala pada serangga dewasa <i>Cosmopolites sordidus</i> yang terinfeksi jamur <i>B. bassiana</i>	26
3.	Teknik untuk memperoleh jamur entomopatogen melalui metoda umpan serangga (insect bait methode)	31
4.	Serangga dewasa <i>C. sordidus</i> yang terinfeksi <i>B. bassiana</i> berada dalam batang semu penutup perangkap setelah aplikasi di lapangan	38

I. PENDAHULUAN

Pembudidayaan tanaman bertujuan untuk mencapai produktifitas yang optimal, seringkali hal tersebut tidak tercapai. Salah satu penyebabnya adalah akibat adanya serangan organisme pengganggu tanaman (OPT), yang dapat berupa hama, penyakit dan gulma. Hama merupakan salah satu organisme pengganggu tanaman yang dapat merusak tanaman dari kerusakan ringan sampai berat bahkan fuso (tidak menghasilkan sama sekali), yang kesemuanya bersifat menurunkan produksi pertanian. Serangan hama ini telah ada sejak tanaman masih menjadi bibit atau benih, pada pesemaian/pembibitan hingga ke produksi ataupun pasca panen hasil pertanian. Oleh karena kerugian yang ditimbulkannya maka berbagai cara telah dilakukan manusia untuk mengendalikan populasinya agar tidak menimbulkan kerugian secara ekonomis. Akhirnya penggunaan pestisidapun merupakan alternatif utama dalam kegiatan pertanian. Pestisida memperlihatkan kematian serangga dengan cepat sehingga petani menjadi cepat jatuh hati padanya. Tetapi penggunaan pestisida ini memberikan dampak negatif, yang sekarang sudah disadari oleh berbagai pihak akan dampak tersebut yang antara lain terjadinya resistensi hama, resurgensi, peledakan hama sekunder serta pencemaran lingkungan. Ditambah lagi dengan semakin mahalnya harga pestisida, menyebabkan saat ini perhatian untuk mengendalikan hama tanaman lebih ditujukan pada pengendalian secara hayati (Untung, 1993; Oka, 1998; Driesce and Below, 1996).

Hal ini juga sesuai dengan prinsip penerapan PHT di Indonesia yaitu melestarikan dan memanfaatkan atau memfungsikan peranan musuh-musuh alami hama yang telah ada di ekosistem untuk bekerja lebih optimal dalam

mengendalikan populasi hama. Musuh alami hama itu sangat banyak mulai dari parasitoid, predator dan mikroba/patogen. Salah satu dari musuh alami hama yaitu patogen yang dapat berupa virus, bakteri, jamur, protozoa dan nematoda. Jamur yang berperan sebagai musuh alami hama atau yang dapat menginfeksi dan mematikan serangga hama sering disebut dengan jamur entomopatogen, yang salah satunya adalah *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin dan telah diteliti sejak abad ke 18 dan telah digunakan di luar negeri sejak tahun 1980- an (Untung, 1993; Steinhaus, 1963).

Sedangkan di Indonesia penelitian tentang jamur ini baru dilakukan pada sekitar tahun 1980-an. Jamur entomopatogen *B. bassiana* dapat digunakan untuk mengendalikan hama dengan kisaran inang yang luas dan mampu menginfeksi pada berbagai umur dan stadia perkembangan inang dan sering menimbulkan epizootic alami. Saat ini *B. bassiana* telah digunakan untuk mengendalikan berbagai jenis hama seperti hama bubuk buah kopi *Hypothenemus hampei*, penggerek batang/cabang kakao *Zeuzera coffeae*, ulat kubis *Plutella xylostella* dan *Crocidolomia binotalis*, kumbang kentang Colorado, penggerek bonggol pisang, kutu putih, wereng daun, penggerek bonggol pisang (*Cosmopolites sordidus* Germar) dan berbagai hama lainnya dengan berbagai tingkat virulensinya (Azwana, 2003, Utomo dan Pardede, 1990; Suharto dkk, 1998; Mahr, 1997; Nankinga, 1999; Zulyusri, 1997).

Oleh karena jamur *B. bassiana* mempunyai kisaran inang yang luas sehingga terdapat berbagai variasi virulensi antara satu isolat dengan isolat lainnya. Menurut Sudarmadji (1997), variasi virulensi jamur entomopatogen *B. bassiana* disebabkan beberapa faktor baik faktor dalam yaitu asal isolat, maupun

faktor luar seperti macam medium untuk perbanyakan, teknik perbanyakan atau faktor lingkungan yang kurang mendukung dan teknik pemantauan terhadap keberhasilan penggunaan jamur *B. bassiana* yang belum baku.

Dari hasil penelitian tersebut diatas, maka perlu dioptimalkan pemanfaatan *B. bassiana* dalam pengendalian hama. Perlu dikembangkan jenis isolat yang sangat sesuai untuk hama sasaran , medium dan teknik perbanyakan serta teknik aplikasinya di lapangan yang disesuaikan dengan daerah tempat dimana pengaplikasian dilakukan, sehingga diperoleh hasil yang optimal.

II. PENGENDALIAN HAYATI SEBAGAI PENERAPAN PHT

2.1. Defenisi PHT dan Prinsip-prinsip Penerapannya

Pengendalian hama terpadu (PHT) yang dalam bahasa Inggrisnya disebut *Integrated Pest Management* yang berarti pengelolaan populasi hama agar kelimpahan populasinya senantiasa berada di bawah jumlah yang tidak merugikan secara ekonomi (Oka, 1998). Berbagai definisi PHT yang diberikan oleh para ahli, seperti Smith (1978) dalam Untung (1993) pengendalian hama terpadu adalah pendekatan ekologis yang multidisiplin terhadap pengelolaan populasi hama yang memanfaatkan beraneka ragam taktik pengendalian secara kompatibel dalam satu kesatuan koordinasi sistem pengelolaan ; Stern *et al.* (1959) menyatakan dalam PHT bahwa perlakuan insektisida digunakan jika populasi hama berada di atas ambang ekonomi. Battrell (1979) PHT merupakan pemilihan, perpaduan dan penerapan pengendalian hama yang didasarkan pada perhitungan dan penaksiran konsekuensi-konsekuensi ekonomi, ekologi dan sosial.

Dari definisi-definisi ini tercakup pengertian tentang keterpaduan berbagai teknik pengendalian dan harus memperhitungkan dampak baik yang bersifat ekologis, ekonomis dan sosiologis sehingga diperoleh hasil yang terbaik/ maksimal.

Tujuan PHT yaitu tetap menekan populasi atau kerusakan hama di bawah tingkatan yang tidak merugikan sehingga memberikan situasi yang mendukung sasaran produksi pertanian tetap dapat dicapai dan kerusakan lingkungan dapat ditekan sekecil-kecilnya. Atau usaha untuk mengoptimalkan pengendalian OPT secara ekologis, ekonomis dan sosial yang merupakan perpaduan berbagai metode/langkah-langkah pengendalian yang kompatibel sehingga kerusakan

tanaman tidak mencapai ambang yang merugikan secara ekonomis (Untung, 1984; Oka, 1998).

Dalam penerapan PHT di Indonesia ada 4 prinsip penerapannya yang meliputi :

- 1) Budidaya tanaman sehat, diharapkan dengan sehatnya tanaman akan terhindar atau tahan terhadap serangan hama dan penyakit dan memberikan hasil yang optimal.
- 2). Pelestarian dan pendayagunaan fungsi musuh alami, musuh alami sebagai komponen ekosistem sangat menentukan keseimbangan populasi hama sehingga ia perlu dilestarikan agar dapat bekerja dan berfungsi menekan populasi hama secara maksimal.
- 3). Pengamatan lahan secara mingguan, tujuannya untuk memantau keberadaan populasi hama dan musuh alaminya di lapangan dan berguna untuk pengambilan keputusan tentang tindakan pengendalian yang perlu dilakukan.
- 4). Petani menjadi ahli PHT di lahan sawahnya, hal ini akan mengembalikan fungsi petani sebagai pengamat, penganalisis ekosistem, pengambil keputusan pengendalian dan pelaksana pengendalian sesuai dengan prinsip PHT yang menjadikannya semakin mandiri dan percaya diri dalam mengelola lahannya masing-masing (Untung, 1993; Oka, 1998).

Kebijakan menerapkan PHT untuk menanggulangi masalah hama tanaman pertanian diperkuat dengan dimasukkannya kebijakan tersebut ke dalam REPELITA III (1978/79 – 1983/84) SUB SEKTOR PERTANIAN, halaman 16 sebagai berikut :

“ Meningkatkan dan memantapkan usaha proteksi tanaman secara terpadu pada setiap budidaya tanaman pangan, baik pada areal intensifikasi maupun non

intensifikasi. Usaha proteksi tanaman perlu didasarkan atas konsep pengendalian hama dengan pendekatan ekosistem pertanian serta cara pengendalian terpadu.”

Dalam REPELITA IV kebijakan PHT lebih ditegaskan lagi sebagai berikut “Langkah-langkah yang akan dilaksanakan dalam perlindungan tanaman untuk menyelamatkan produksi pangan adalah dengan memperluas dan meningkatkan mutu dan areal pengendalian hama terpadu dengan meningkatkan peran serta petani dan masyarakat. Dalam hal ini, disamping penggunaan benih yang tahan terhadap hama penyakit juga dilakukan pengaturan pergiliran tanaman serta penggunaan pestisida”.(Oka, 1998).

Setelah penerapan PHT di Indonesia, ternyata memberikan dampak bagi petani antara lain :

1. Pengurangan penggunaan pestisida.
2. Pengambilan keputusan dan sasaran aplikasi pestisida. petani mampu mengambil keputusan menggunakan atau tidak menggunakan pestisida dengan menggunakan analisis ekosistem. Petani juga mampu mengarahkan aplikasi pestisidanya hanya kepada hama sasaran.
3. Meningkatkan rasa percaya diri petani.

Sesuai dengan kebijakan pembangunan yang berwawasan lingkungan, maka pengelolaan pestisida yang sekarang ini perlu diperkuat dan diperketat. Hal ini juga menjadi salah satu rencana kerja Program nasional PHT. Yang terasa masih kurang ditangani dalam mengembangkan dan melembagakan PHT ialah memperkenalkan PHT secara berkesinambungan dan intensif untuk masyarakat luas. Misalnya melalui media-media massa , siaran-siaran televisi, radio, pertemuan-pertemuan formal, sarasehan dan lain- lain. Kegiatan ini akan sangat

mendidik dan menyadarkan masyarakat kepada aspek-aspek pembangunan yang berwawasan lingkungan (Oka, 1998).

2.2. Pengertian Pengendalian Hayati

Istilah pengendalian hayati pertama kali digunakan Smith (1919) in Huffaker and Messenger (1976), yaitu penggunaan musuh alami baik yang diintroduksi maupun yang sudah ada di suatu daerah kemudian dikelola agar potensi penekanan populasi sasaran menjadi semakin meningkat. Dalam pengertian ekologi, pengendalian hayati yaitu pengaturan populasi kepadatan organisme oleh musuh-musuh alamnya, sehingga tingkat kepadatan rata-rata organisme tersebut lebih rendah dibandingkan dengan yang tidak diatur oleh musuh alaminya. Dari segi kepentingan manusia musuh-musuh alami tersebut dimanfaatkan sebagai pengendali hama agar fluktuasi kepadatan rata-rata populasi hama tanaman selalu rendah (Driesche and Below, 1996; De Bach *dalam* Oka, 1998).

Menurut Untung (1993) pengendalian hayati merupakan taktik pengelolaan hama yang dilakukan secara sengaja dengan memanfaatkan atau memanipulasi musuh alami untuk menurunkan atau mengendalikan populasi hama .

Umur pengendalian hayati mungkin sama tuanya dengan pertanian itu sendiri, dengan ditemukannya gambaran tentang penggunaan bebek untuk memangsa hama –hama tanaman seperti terlihat pada lukisan-lukisan tua Cina. Pengendalian hayati yang pertama kali didokumentasikan ialah tahun 1762 ketika burung Mynah dibawa dari India ke Mauritius untuk memangsa hama belalang. Untuk mengendalikan ulat-ulat pada tanaman jeruk dalam tahun 1770 an di Myanmar (van Emden *dalam* Oka1998).

Indonesia juga telah berhasil melaksanakan pengendalian hayati pada tahun 1989, untuk menanggulangi wabah kutu loncat lamtoro (*Heteropsylla cubana*) dengan mengintroduksi kumbang predatornya, *Curinus coeruleus* dari Hawaii. Sampai sekarang hama kutu loncat lamtoro tersebut tidak pernah lagi meledak seperti pada tahun 1979 tersebut, hal ini disebabkan kumbang predatornya telah mapan hidupnya pada pertanaman lamtoro di Indonesia.

Sedangkan pengendalian alami (natural control) berbeda dengan pengendalian hayati. Pada pengendalian alami peranan manusia sangat minim atau bahkan tidak ada, jadi pengendalian populasi hama berjalan secara alami. Menurut Huffaker (1971) dalam Untung (1993) pengendalian alami yaitu penjagaan jumlah populasi suatu organisme dalam kisaran limit atas dan bawah sebagai hasil tindakan keseluruhan lingkungan baik abiotik maupun biotik. Hal ini berarti populasi dalam kurun waktu tertentu dan pada kombinasi komponen ekosistem tertentu akan berada pada suatu keseimbangan yang dinamik.

Dalam pengendalian hayati, musuh alami biasanya disebut dengan agensia hayati atau agens hayati yaitu organisme yang dapat merusak, mengganggu kehidupan atau menyebabkan organisme pengganggu tanaman (OPT) lainnya menjadi sakit atau mati. Agens hayati ini dapat berupa parasit, predator atau patogen. Berbagai spesies mikroba yang bersifat patogen terhadap erangga juga dapat dimanfaatkan sebagai pengendali hayati. Pengendalian serangga hama tanaman dengan mikroba /patogen merupakan aspek terapan dari disiplin ilmu patologi serangga (insect pathology). Ruang lingkup ilmu patologi serangga itu meliputi prinsip-prinsip patologi pada serangga, faktor-faktor penyebabnya, gejala penyakit, epizootiologi, studi tentang perubahan struktur, fungsi dan kimiawi dari

tubuh serangga sebagai akibat serangan penyakit atau karena pelukaan (Oka, 1998; Steinhaus, 1949; Driesche and Below, 1996).

Ruang lingkup pengendalian dengan mikroba tidak saja ditujukan untuk mengendalikan serangga-serangga hama tanaman, tetapi juga dimanfaatkan untuk mengendalikan hama vertebrata (kelinci Eropa di Australia dengan virus mixomatososis), untuk mengendalikan gulma (gulma tertentu dengan jamur karat) dan untuk mengendalikan serangga yang mengganggu manusia (seperti nyamuk) misalnya dengan strain tertentu dari *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* (Driesche and Below, 1996; Ferron, 1978).

Defenisi pengendalian dengan mikroba/patogen ini pertama kali dikemukakan oleh Steinhaus (1949) adalah sebagai berikut : “pengendalian dengan mikroba/patogen adalah aspek dari pengendalian hayati yang menggunakan mikroba yang membedakannya dengan pengendalian yang memakai predator dan parasitoid”. Van den Bosch dalam Oka (1998) menyatakan bahwa pengendalian dengan mikroba ialah pemanfaatan patogen untuk mengendalikan populasi hama. Dari ketiga defenisi ini menyatakan bahwa pengendalian dengan mikroba adalah suatu pemanfaatan mikroba untuk pengendalian hama.

Menurut Driesche and Below (1996), mikropestisida memiliki potensi yang tinggi untuk mengendalikan hama terutama pada iklim basah dan di lingkungan yang lembab seperti pada tanah. Perkembangan mikropestisida ini seringkali terbatas karena kisaran inang yang terbatas dan membutuhkan kelembaban yang tinggi.

Pemilihan agen biologi ini didasarkan pada 3 faktor sehingga ia dapat bertahan hidup (survive) yaitu dapat mengurangi biaya produksi, tingkat patogenesitas dan spesifitas inang harus telah terkarakterisasi dengan baik serta lingkungan/habitat yang mempengaruhinya. Berhasil tidaknya suatu agen biologi dalam usaha pengendalian hama tergantung dari kemampuannya untuk tetap persisten dan tetap aktif di lingkungan hama sarannya. Faktor-faktor ini sangat berpengaruh dalam mengoptimalkan pemanfaatannya sebagai agen hayati di lapangan (Sudarmadji, 1997; Nankinga, 1999).

Dibandingkan dengan pestisida, pengendalian hayati ini memberikan keuntungan antara lain :

- 1) segi ekonomi, pengendalian hayati untuk jangka panjang sangat ekonomis, karena musuh alami yang sudah mapan akan terus menjaga populasi hama, dan agen pengendalian hayati ini umumnya telah ada di alam sehingga tinggal kemampuan kita untuk mengeksplorasinya.
- 2). Segi ekologi, tidak ada atau sangat kecil kemungkinan terjadinya resurgensi, resistensi, peledakan hama sekunder dan terjadinya pencemaran lingkungan.
- 3). Efikasi, pengendalian hayati dapat menekan populasi inangnya dan penyebarannya dapat lebih luas, musuh alami mampu mencari inang sasaran sendiri.
- 4). Segi efisiensi , dalam menghadapi sasaran yang sulit dicapai dengan cara kimiawi dan mekanik, pemakaian musuh alami lebih efisien, bahkan tidak perlu mengulangi perlakuan jika populasi musuh alami yang pertama diberikan telah mapan di alam. Untuk memperoleh hasil dari pengendalian hayati ini di lapangan memang secara langsung/ cepat tidak dapat kita lihat tetapi memerlukan waktu

beberapa lama \pm 3 tahun dengan kepastian hasil yang belum jelas, oleh karenanya pengendalian hayati ini sangat tergantung pada keadaan ekosistem dimana agen hayati tersebut diaplikasikan (Untung, 1993; Oka, 1998; Huffaker and Messenger, 1976).

Pendekatan pengendalian dengan mikroba sama seperti halnya prinsip pengendalian hayati (predator/parasitoid) sebagai berikut (Tanada and Kaaya, 1993) : a) konservasi yaitu sistem pengelolaan yang ditujukan untuk meningkatkan dan mengkonservasikan patogen-patogen yang telah ada di alam, b) augmentasi yaitu patogen diperbanyak dan dilepaskan secara berkala ke lapangan untuk menekan hama sasaran, termasuk inundasi (yang bertujuan untuk pengendalian jangka pendek) dan inokulasi (yang bertujuan untuk pengendalian yang permanent atau pengendalian jangka panjang). Pengendalian jangka panjang sangat mungkin untuk menghadapi hama tanaman atau hasil tanaman yang bernilai ambang ekonomi tinggi (jadi bernilai ekonomi rendah).

2.3. Jamur Entomopatogen sebagai Agens Hayati

Jamur entomopatogen merupakan salah satu agens hayati dari kelompok patogen. Jamur entomopatogen adalah jamur patogenik yang menyerang serangga, dalam hal ini serangga hama (Steinhaus, 1963; Hoffmann and Frodsham, 1993). Populasi suatu hama dapat ditekan oleh jamur ini apabila dapat terjadi ledakan penyakit (epizootic= peristiwa kematian sejumlah besar dari populasi hama sasaran) (Steinhaus, 1963; Hoffman and Frodsham, 1993).

Faktor-faktor yang mempengaruhi epizootic adalah : 1) virulensi dan efektifitas agens hayati yang sewaktu-waktu dapat berubah, 2).tingkat kerentanan atau tingkat ketahanan hama sasaran yang sangat dipengaruhi oleh faktor fisik, 3).

Sampai seberapa jauh pemencaran infeksi yang terjadi, hal ini juga dipengaruhi oleh faktor lingkungan dan biologi hama sasaran dan agen pengendali itu sendiri (Oka, 1998).

Jamur yang digunakan untuk mengendalikan serangga harus dapat diaplikasikan terhadap berbagai stadia hidup, dimana masing-masing stadium berbeda sensitivitasnya terhadap patogen. Efektifnya suatu jamur entomopatogen dipengaruhi oleh tingkat penyebaran dan pelekatan material yang diaplikasikan pada sasaran. Spora jamur memerlukan kontak yang erat dengan permukaan tanaman atau integumen serangga sebagai awal infeksi (Lacey, 1997; Driesche dan Below, 1996).

Berhasil tidaknya suatu agen biologi dalam usaha pengendalian hama tergantung dari kemampuannya untuk tetap persisten dan tetap aktif di lingkungan hama sasarannya. Faktor-faktor ini sangat berpengaruh dalam mengoptimalkan pemanfaatannya sebagai agen hayati di lapangan (Sudarmadji, 1997; Nankinga, 1999).

Untuk jamur entomopatogen selain hal tersebut diatas, juga sangat dipengaruhi oleh tingkat penyebaran dan pelekatan material yang diaplikasi pada hama sasaran. Spora jamur entomopatogen memerlukan kontak yang erat sebagai pelekatan propagulnya dengan permukaan tanaman atau integumen serangga sebagai awal infeksi, ditambah dengan keadaan lingkungan yang sesuai untuk perkembangannya lebih lanjut (Lacey, 1993; Driesche and Below, 1996).

Jamur Entomopatogen ini terdiri dari berbagai spesies, seperti *B. bassiana*, *Metharrhizium nisopliae*, *Hirsutella* sp., *Nomurae rileyi* dan *Verticillium* sp. (Driesche and Below, 1996; Ferron, 1981, Oka, 1998).

Penggunaan jamur *B. bassiana* ini pertama kali diperlihatkan oleh Agostino Bassi pada tahun 1835, bahwa ulat sutra *Bombyx mori* terserang oleh jamur *B. bassiana* ini, sehingga namanya dicantumkan pada bagian belakang dari jamur ini menjadi *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin. Dari sini mulailah berkembang berbagai penelitian mengenai jamur ini, baik morfologi dan fisiologinya, juga medium perbanyakan, beserta formulasi, teknik-teknik penyimpanan dan aplikasinya terhadap berbagai serangga hama (Steinhaus, 1949).

Di luar negeri, penggunaan jamur entomopatogen untuk mengendalikan hama telah diteliti dan diaplikasikan di lapangan, bahkan telah diformulasikan dalam berbagai merek dagang seperti pada tabel dibawah ini :

Jamur	Merek Dagang	Serangga Inang
<i>Beauveria bassiana</i>	Botanigard®ES	Kutu putih,aphid,thrips, mealybug
	Naturalis®	Kutu putih, caterpillar, tungau
	Mycotrol®	Wereng daun,kumbang, kutu putih
	Botanigard®22WP	Thrips, psyllid, kumbang,aphid
<i>Hirsutella</i>	Mycar	Tungau
<i>Metarrhizium</i>	Metaquino	Larva nyamuk ,larva Lepidoptera
<i>Verticillium</i>	Vertalec Mycotol	Aphid, kutu putih

Sumber : Groden (1999); Robert and Yendol (1971) *cit* Hoffmann and Frodsham (1993).

Di Indonesia, pemanfaatan jamur *B. bassiana* untuk pengendalian hama masih belum dalam skala yang luas, seperti halnya di luar negeri. Sebagai agens hayati, secara umum jamur entomopatogen mempunyai beberapa sifat penting yang menguntungkan antara lain : telah ada di alam dan mempunyai kemampuan bertahan yang tinggi terhadap keadaan lingkungan yang tidak baik antara lain dengan membentuk spora istirahat; mempunyai kapasitas reproduksi yang tinggi;

siklus hidup pendek; kompatibel dengan berbagai insektisida; kemungkinan menimbulkan resistensi sedikit/kecil, bahkan dapat dikatakan tidak ada; mampu menyebar dengan cepat dalam populasi serangga hama melalui pelepasan spora yang disebarkan oleh angin; mudah diperbanyak dengan teknologi produksi yang sederhana; tidak ada pengaruh samping terhadap serangga non target (Lacey, 1997; Nankinga, 1999; Widayat dan Rayati, 1993).

III. JAMUR *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin SEBAGAI MUSUH ALAMI SERANGGA HAMA

3.1. Morfologi *Beauveria bassiana*

Beauveria bassiana merupakan jamur entomopatogen yang secara alami dapat ditemukan di tanah dan pada serangga yang terinfeksi (Mahr, 1997; Madelin *in* Steinhaus, 1963). Jamur ini termasuk dalam Divisi Eumycotina, Sub Divisi Deuteromycotina, klas Deuteromycetes, ordo Moniliales, famili Moniliaceae, Genus *Beauveria* (Humber, 1997; Steinhaus, 1963).

Miselium berwarna putih yang terlihat seperti benang-benang yang bertepung spora putih juga. Konidia dan miselium sering terdapat / menutupi permukaan tubuh inang. Diameter konidia 2 – 3 μm , berwarna pucat dengan dinding yang lunak, tidak bersekat. Bentuknya membulat atau oval, hialin. Sel konidiogenousnya memiliki bagian ujung yang membengkak dan tumbuh berulang-ulang membentuk konidia sehingga terlihat seperti rangkaian. Konidium dihasilkan secara asexual, terbentuk pada ujung dan sisi-sisi konidiofor dan melekat pada sterigma yang pendek. Konidium terbentuk secara soliter, pertumbuhannya mengikuti pola selang-seling sehingga setelah konidium masak dan terlepas konidiofornya tampak berbentuk zig zag (Poinar and Thomas, 1984; Humber, 1997; Barnett and Hunter, 1989; Madelin *in* Steinhaus, 1963; Suharto, Trisusilowati dan Purnomo, 1998). Morfologi jamur *B. bassiana* seperti terlihat pada gambar berikut ini .



Gambar 1 . Karakteristik morfologi *B. bassiana* :
a. hifa ; b. konidia ; c. sterigma

Menurut Steinhaus (1949) konidium *B. bassiana* dapat dihasilkan 7 hari setelah perkecambahan dan konidia-konidia yang terlepas dari konidiofor dalam 24 - 48 jam akan berkecambah jika kondisi lingkungannya lembab. Menurut Rasimah *et al.* 1977, spora *B. bassiana* membentuk tabung kecambah 9 jam setelah penyimpanan.

3.2. Faktor-faktor yang mempengaruhi perkembangan jamur *Beauveria bassiana*

Jamur ini mampu menginisiasi epizootik pada populasi inang yang tinggi dan rendah, umumnya menyebar secara ekstensif di seluruh habitat inangnya tergantung kondisi iklim yang cocok dengan aktifitasnya. Suatu agens mikrobial kontrol harus mampu untuk persisten dan tetap aktif pada lingkungan serangga sasaran sehingga dapat menimbulkan epizootik. Kemampuan persistensinya di tanah dipengaruhi oleh sejumlah faktor biotik dan abiotik. Faktor abiotik seperti mobilitas serangga, kebiasaan makan, habitat, kecepatan reproduksi, kepadatan populasi, jumlah inokulum dan keberadaan serangga sakit pada lingkungan sangat

penting untuk penyebaran penyakit. Faktor abiotik seperti cahaya matahari, sinar ultra violet, kelembaban, suhu ada tidaknya pestisida dan antagonisnya di tanah akan mempengaruhi efikasi dan persistensi jamur di lapangan (Nankinga, 1999; Sudarmadji, 1997; Tanada and Kaya, 1993).

Faktor lingkungan yang sangat mempengaruhi terhadap keberhasilan penggunaan *B. bassiana* sebagai agen hayati yaitu suhu, kelembaban dan sinar ultra violet.

Suhu berpengaruh terhadap perkembangan koloni dan jumlah konidium yang berkecambah. Pada suhu yang tinggi perkembangan koloni lebih lambat dan konidium yang berkecambah juga menurun jika dibandingkan pada suhu yang rendah. Daya kecambah spora mengalami penurunan dengan peningkatan suhu dari 35 ke 40°C, kemungkinan suhu optimum untuk perkecambahan spora sekitar 35°C (English *et al.* 1996)..

Suhu yang semakin tinggi menyebabkan pertumbuhan koloni semakin lambat dan konidium yang berkecambah menurun. Pada umur biakan yang sama pada 20°C diameter koloni 4,68 cm, sedang pada suhu 30°C mencapai 1,27 cm. Suhu optimum untuk pertumbuhan konidia 23 – 25°C, dengan kelembaban nisbi 80 – 96% (Ferron ,1978 *cit* Zulyusri, 1997; English *et al.* 1996). *B. bassiana* berkurang infektifitasnya pada suhu dibawah 6°C (Madelin *in*Steinhaus, 1963).

Menurut Konova (1978) *cit* Nankinga (1999) jamur *B. bassiana* yang koloninya memiliki pertumbuhan vegetatif yang tertekan dengan sporulasi yang berlimpah lebih virulen terhadap serangga inang daripada kelompok yang koloninya seperti kapas tetapi sporulasinya tertekan.

Junianto dan Sukamto (1995) mengemukakan bahwa beberapa isolat yang berasal dari dataran tinggi (1000 m dpl) jika dibiakkan pada temperatur ruang memperlihatkan pertumbuhan yang lebih rendah dibandingkan dengan isolat dari dataran yang lebih rendah, dimana masing-masing isolat memiliki sifat-sifat yang sesuai dengan kondisi asalnya yang mungkin juga berkaitan dengan perbedaan patogenisitasnya. Selanjutnya Steinhaus (1963) menyatakan bahwa pertumbuhan optimal jamur *B. bassiana* memiliki kisaran temperatur yang bervariasi.

Menurut Konova (1978 *cit.* Nankinga, 1999) telah mengklasifikasikan 190 isolat *B. bassiana* yang dibiakkan pada media ke dalam 2 kelompok yaitu :

- 1) mempunyai pertumbuhan vegetatif yang tertekan tetapi sporulasinya melimpah.
- 2). Pertumbuhan vegetatif yang baik tetapi sporulasinya tertekan.

Kelompok 1 (satu) umumnya lebih virulen terhadap serangga inang dibandingkan dengan kelompok 2 (dua).

Pendapat yang sama juga dikemukakan oleh Junianto dan Sukamto, (1995) yang menyatakan isolat yang pertumbuhan vegetatifnya terlalu baik dapat menghambat sporulasinya.

Sinar matahari secara langsung yang mengandung sinar ultra violet mengakibatkan konidium jamur *B. bassiana* mengalami kematian secara cepat (Inglis *et al.* 1993). Lamanya penyinaran ultra violet akan menurunkan perkecambahan spora *B. bassiana*. Perlakuan sinar ultra violet selama 30 detik dapat menurunkan perkecambahan spora sebesar 29,84%. Konidianya juga sangat rentan terhadap violet dan akan mengalami kematian dengan cepat (Suharto *dkk*, 1998).

Perkecambahan konidia memerlukan **kelembaban** yang cukup tinggi (>94%) dan suhu 28°C, pada 25°C perkecambahan sedikit dan pada suhu 10°C dan 38°C tidak terjadi perkecambahan. Konidia dalam keadaan kering di kaca slide akan tetap hidup dan akan hilang viabilitasnya dalam waktu 7 minggu jika ditempatkan pada 23 - 28°C dan tetap viabel selama 128 minggu pada 4°C (Madelin *in* Steinhaus, 1963).

Untuk perkecambahannya membutuhkan sumber karbon seperti glukosa, glucosamin, chitin dan karbohidrat juga nitrogen yang dibutuhkan untuk pertumbuhan hifa. Penggunaan karbohidrat pada konsentrasi tinggi akan mendorong pertumbuhan vegetatif, sedangkan protein digunakan untuk pembentukan organel yang berperan dalam pertumbuhan apikal (Suharto *dkk*, 1998; Tanada and Kaya, 1993).

Menurut Bilgrami and Verma (1981), bahan nutrisi media disintesis oleh jamur membentuk organel sel spora dan sebagian disimpan sebagai cadangan makanan atau bahan endogenous dalam spora. Perkecambahan spora memerlukan energi dan ini diperoleh dari karbohidrat dan lipida endogenous yang dikonsumsi dari media. *B. bassiana* memerlukan karbohidrat sebagai sumber karbon dalam pertumbuhannya. Penggunaan bahan karbohidrat dengan konsentrasi tinggi akan mendorong pertumbuhan vegetatif jamur. Garraway and Evans (1984), mengemukakan bahwa selain karbohidrat, bahan nutrisi lain yang penting yaitu protein. Protein dibutuhkan dalam pembentukan organel yang berperan dalam pertumbuhan apical dan enzim-enzim yang diperlukan selama proses tersebut. Aktifitas perkecambahan spora dipengaruhi oleh protein media yang dapat diserap dalam bentuk asam amino.

Menurut Kučera (1971) *cit* Tanada and Kaya (1993) komposisi nutrisi media juga mempengaruhi produksi mycotoxin . Media yang terbaik untuk memproduksi senyawa beracun proteolytic adalah yang mengandung tepung jagung, ekstrak ragi dan ekstrak daun. Adanya fruktosa akan meningkatkan virulensi *B. bassiana*.

Jamur *B. bassiana* diketahui memiliki tipe pertumbuhan apical apabila ditumbuhkan pada media buatan (Garraway and Evans, 1984). Tipe pertumbuhan tersebut menyebabkan jamur *B. bassiana* dapat tumbuh ke segala arah.

Hasil penelitian (Driesche dan Below, 1996; Nankinga, 1999; Junianto dan Semangun, 2000) menyatakan bahwa pertumbuhan jamur *B. bassiana* pada media cair lebih cepat daripada di media padat. Hal ini juga diperoleh Rasminah, Santoso dan Ratna (1997) yang membiakkan jamur *B. bassiana* pada media cair Alioshina dengan perolehan jumlah konidia yang lebih besar daripada biakan di PDA.

Nankinga (1999) juga telah membiakkan jamur *B. bassiana* secara diphasic (media cair-padat) dengan hasil penelitiannya menyatakan bahwa pada substrat beras dan jagung pertumbuhan jamur *B. bassiana* lebih baik, sedangkan substrat lain seperti barley, dedak, jerami, tanah, dan serbuk gergaji mengalami kontaminasi .

Hasil biakan jamur *B. bassiana* secara diphasic oleh Azwana (2003) pada awalnya (media cair Sucrose yeast media) terlihat cairan berwarna merah, hal ini menurut Ferron (1981; Hoffmann dan Frodsham, 1993) jamur *B. bassiana* menghasilkan oosporein dengan pigmen berwarna merah.

Pada pembiakan di SYM yang dishaker selama 9 jam setiap hari pada 2 hari pertama memperlihatkan pertumbuhan jamur *B. bassiana* yang memutih pada

permukaan media dan arena biakan selalu bergerak akan mengakibatkan pertumbuhan miselia terhambat (terpotong-potong) sehingga terbentuk konidia, disamping itu nutrisi tersedia cukup banyak sehingga konidia yang dihasilkan juga lebih banyak.

Nankinga (1999) juga telah membiakkan jamur *B. bassiana* secara diphasic (media cair-padat) dengan hasil penelitiannya menyatakan bahwa pada substrat beras dan jagung pertumbuhan jamur *B. bassiana* lebih baik, sedangkan substrat lain seperti barley, dedak, jerami, tanah, dan serbuk gergaji mengalami kontaminasi.

Suharto, Trisusilowati dan Purnomo (1998) juga membiakkan jamur *B. bassiana* pada media jagung dengan viabilitas sporanya mencapai 80%, demikian pula Junianto dan Semangun memperoleh konidia $2,7 \times 10^{10}$ konidia / g substrat dengan masa panen 10 hari. Sedangkan Rasminah, Santoso dan Ratna (1997) tanpa metode diphasic menghasilkan $3,65 \times 10^8$ konidia per g substrat jagung dengan waktu panen 30 hari. Tingkat perkecambahan akan tinggi (95 – 100%) jika protein cukup tersedia yang berguna untuk perkecambahan, sedangkan gula tidak begitu penting (Rosalind, 2000).

Shimazu dan Sato (1996) juga menyatakan bahwa jamur *B. bassiana* dapat bertahan hidup walau pada media yang kadar gulanya rendah.

Soper dan Ward (1981 *cit.* Nankinga, 1999) dan Rosalind (2000) yang menyatakan bahwa jumlah konidia yang dipanen tergantung dari cara pembiakan, jenis substrat, metoda perendaman substrat dan kondisi pertumbuhan yang optimal.

Jamur *B. bassiana* yang dibiakkan pada substrat jagung dengan metode diphasic (media cair – media padat) menghasilkan jumlah konidia per g substrat

(2.8×10^8) yang relatif lebih besar dengan daya kecambah (84,67%) dan viabilitas (23,67%) yang juga relatif tinggi dibandingkan dengan biakan pada substrat lainnya (beras, dedak dan tanah). Pengaplikasiannya pada serangga dewasa *C. sordidus* menyebabkan mortalitas 86,67% setelah 15 hari aplikasi (Azwana, 2003).

Adanya **fruktosa** akan meningkatkan virulensi *B. bassiana*. Hasil penelitian Suharto *dkk* (1998), pada biakan yang berumur 10 hari menghasilkan jumlah konidium/ml relatif lebih banyak pada media SDA (Sabououd Dextrose Agar) daripada media PDA (Potato Dextrose Agar).

Senyawa kimia seperti fungisida, insektisida dan herbisida mampu mempengaruhi pertumbuhan konidia (Mahr, 1997; Sudarmadji, 1997). Konidia *B. bassiana* tidak akan dapat berkecambah pada substrat yang mengandung residu fungisida Mankozeb dan insektisida BPMC (Sudarmadji, 1997). Robert (1983) *cit* Nankinga (1999) menemukan bahwa *B. bassiana* kompatibel dengan carbaryl 50, azinphos, methyl 50 dan carbofuran 4; tetapi insektisida endosulfan 3, fenvalerate 2,4, oxamyl 2 dan permethin 25 WP menyebabkan terhambatnya perkecambahan konidia 4 – 99%.

Efektifitas *B. bassiana* yang diaplikasikan ke lapangan ditentukan oleh :

1). **konsentrasi spora**, Suharto *dkk* (1998) menemukan bahwa pada konsentrasi 1×10^6 konidia/ml mortalitas larva instar III *Heliothis armigera* mencapai 74,26% dengan $LT_{50} = 3,6$ hari, sedangkan menurut Sudarmadji (1997) umumnya konsentrasi jamur yang menimbulkan daya bunuh yang cepat berada pada 10^7 konidia/ml;

2). **stadia serangga inang**, larva instar 1 dan 2 *Cosmopolites sordidus* lebih peka dibandingkan stadia lainnya (Nankinga, 1999; Hasyim dan Harlion, 2002);

3). **media perbanyak dan asal jamur**, isolat yang berasal dari spesies inang yang sama jika diinokulasi lagi akan lebih efektif dibandingkan dengan inang dari spesies yang lain terlebih jika tidak berkerabat dekat. Jamur akan cepat kehilangan patogenisitasnya jika dikembangbiakkan secara terus menerus pada media buatan (maksimal 3 kali), sebaliknya pembiakan jamur berulang kali pada inang akan meningkatkan patogenisitasnya;

4). **permukaan kutikula serangga**, adanya zat-zat tertentu pada permukaan tubuh serangga dapat menghalangi pertumbuhan dan perkembangan konidia seperti pada *Heliothis zea* karena adanya komponen toxic yang menyebabkan jamur tidak dapat mempenetrasi integumennya. (Nankinga, 1999; Sudarmadji, 1977; MacLeod *cit* Steinhaus, 1963).

3.3. Gejala serangan dan mekanisme kerja *Beauveria bassiana* pada serangga hama.

B. bassiana dapat menyerang stadia pradewasa dan dewasa serangga, seperti kutu putih, aphid, belalang, rayap, kumbang kentang kolorado, kumbang penggerek bonggol pisang, kumbang kacang Mexican, kumbang jepang, kumbang daun serealia, kumbang kayu, semut merah, wereng daun, lalat dan thrips (Steinhaus, 1963; ; Hoffmann and Frodsham, 1993; Mahr, 1997; Nankinga, 1999, Azwana, 2003).

Ferron (1981), Hoffmann dan Frodsham (1993) juga menyatakan bahwa *B. bassiana* dapat menginfeksi serangga dari berbagai umur dan stadia pertumbuhan sehingga sering menimbulkan epizootik alami, demikian pula Nankinga (1994)

dan Azwana (2003) menyatakan bahwa jamur *B. bassiana* patogenik terhadap serangga dewasa, telur, larva dan pupa *C. sordidus*.

Konidia jamur dapat masuk melalui kulit (kutikula), mulut, trachea atau luka lainnya. Penetrasi dapat juga diakibatkan adanya tekanan mekanik dan bantuan toxin Beauvericin yang diekresikan oleh jamur. Pada suhu dan kelembaban yang sesuai, konidia yang melekat pada kutikula inang akan berkecambah. Jamur menembus kutikula serangga pada bagian diantara kapsul kepala dengan toraks dan diantara ruas-ruas anggota badan. Pada bagian tubuh serangga terdapat becak nekrotik hitam yang merupakan tempat penetrasi jamur. Mekanisme penembusan dimulai dengan perkecambahan dan dapat pula dengan tekanan mekanik dari appressoria atau "infection peg". Untuk dapat menembus kutikula jamur mengeluarkan enzim khitinase, lipase dan protease yang berperan penting dalam merobek khitin dan lipoprotein pada kutikula. Enzim-enzim ini mengakibatkan larutnya kutikula sehingga jamur dapat masuk ke tubuh serangga dan menyebar ke jaringan haemocoel. Di dalam epidermis serangga *B. bassiana* tumbuh secara radial dimulai dari pusat infeksi hingga akhirnya miselia dapat mencapai hemocoel dalam 1 atau 2 hari. Pada tahap ini biasanya serangga mulai gelisah, sedikit bergerak, nafsu makan berkurang dan kehilangan koordinasi. Serangga yang terinfeksi sering bergerak ketempat yang lebih tinggi atau jika berada di dalam tanah akan muncul ke permukaan (MacLeod in Steinhaus, 1963; McCoy *cit* Tanada and Kaya, 1993; Hoffman and Frodsham, 1993; Lacey, 1997; Mahr, 1997; Ferron, 1978 *cit* Nankinga, 1999).

Miselia tumbuh dan berkembang dalam hemokoel dengan hifa yang menyebar dan berkembang dalam hemolimp, akibatnya peredaran darah serangga menjadi terhambat dan akhirnya terhenti yang mengakibatkan serangga mati.

Atau jika masuk melalui saluran makanan (termakan) atau pernafasan, jamur berkecambah dan dengan bantuan toxin beauvericinnya menginfeksi jaringan tersebut. Toxin melemahkan sistem kekebalan tubuh serangga. Larva yang terserang biasanya mengeluarkan cairan kemerahan dari mulutnya secara terus menerus dan mengakibatkan kematian (Steinhaus, 1963; Mahr, 1997).

Setelah mati, mula-mula tubuh larva menjadi lunak, tubuh aphid/nimfa membengkak sedangkan imago tetap dan dalam waktu 5 jam kemudian menjadi kaku (terjadi mummifikasi). Miselia ini berkembang pada tubuh serangga baik yang tertimbun tanah maupun yang tidak, sehingga jamur ini dapat diisolasi dari tanah (Azwana, 2003; Madelin, 1963; Nankinga, 1999). Setelah serangga mati, antibiotik (oosporein) diproduksi jamur sehingga memungkinkan jamur dapat berkompetisi dengan bakteri, massa jamur kemudian berkembang dan menembus menuju permukaan tubuh serangga dan kembali membentuk konidia (Steinhaus, 1949; Hoffman and Frodsham, 1993; Lacey, 1997; Mahr, 1997).

Kematian serangga mengakhiri fase parasitik jamur dan selanjutnya mulai fase saprofitik dengan pertumbuhan miselium dan penyerangan terhadap seluruh organ / bagian tubuh inang. Jika keadaan cuaca dan lingkungan menguntungkan maka jamur akan menembus kutikula dan menghasilkan satuan-satuan infeksi berupa konidia aerial jamur dibagian luar tubuh bangkai inang (Steinhaus, 1949; MacLeod *in* Steinhaus, 1963; Lacey, 1979; Ferron, 1978 *cit* Nankinga, 1999)

Sehari setelah terjadi mummifikasi, biasanya permukaan tubuh serangga inang akan tertutup miselia berwarna putih yang merupakan karakteristik gejala serangan dari jamur entomopatogen *B. bassiana*. Inang dibunuh karena penurunan nutrisi haemolymph dan atau karena toxaemia disebabkan oleh metabolit jamur yang beracun. Pada kondisi lembab dengan kelembaban > 92%, jamur tumbuh dan menghasilkan selapis konidia aerial pada permukaan bangkai inang (MacLeod in Steinhaus, 1963; Mahr, 1997; Ferron, 1978 cit Nankinga, 1999).

Jamur *B. bassiana* terlihat keluar dari tubuh serangga terinfeksi mula-mula dari bagian alat tambahan (apendages) seperti antara segmen-segmen antena, antara segmen kepala dengan toraks, antara segmen toraks dengan abdomen dan antara segmen abdomen dengan cauda (ekor). Setelah beberapa hari kemudian seluruh permukaan tubuh serangga yang terinfeksi akan ditutupi oleh massa jamur yang berwarna putih (Gambar 2).



Gambar 2. Gejala pada serangga dewasa *C. sordidus* yang terinfeksi oleh jamur *B. bassiana*.

- a. Gejala 3 hari setelah kematian, b. Gejala 5 hari setelah kematian
- c. Gejala 7 hari setelah kematian, d. Gejala 10 hari setelah kematian

Ferron (1981) juga menyatakan bahwa penetrasi jamur entomopatogen sering terjadi pada membran antara kapsul kepala (head capsule) dengan toraks

atau diantara segmen-segmen apendages demikian pula miselium jamur keluar pertama kali pada bagian-bagian tersebut.

Tanada and Kaya (1993) menyatakan infeksi umumnya melalui integumen. Pada semut merah *Solenopsis richteri* 37% konidia yang dimakan larva berkecambah dalam saluran pencernaan selama 72 jam dan hifa mempenetrasi dinding usus antara 60 - 72 jam. Luka pada saluran pencernaan menyebabkan cairan pencernaan masuk ke hemocoel dan merubah pH hemolymph. *B. bassiana* menghasilkan mycotoxin pada media biakan. Beauvericin merupakan salah satu mycotoxin yang sangat beracun bagi *Artemia salina*, menyebabkan perubahan inti dan perpindahan sel pada *Leucophaea moderae*. Hifa jamur *B. bassiana* ini dapat mempenetrasi usus larva *Loxostege sticticalis* yang memakan konidianya.

Ferron (1981) yang menyatakan bahwa kematian serangga sasaran oleh jamur entomopatogen bergantung pada jumlah kepadatan konidia yang diinokulasi, temperatur dan kelembaban lingkungan yang sesuai untuk pertumbuhan jamur tersebut.

Junianto dan Sukanto (1995) menyatakan bahwa faktor lingkungan seperti kelembaban dan temperatur sangat mempengaruhi kecepatan jamur *B. bassiana* dalam menginfeksi inangnya. Hal senada juga dikemukakan oleh (Ferron, 1981; Roberts, 1981; Poinar dan Thomas, 1984; Lacey, 1997; Nankinga, 1999), bahwa serangga uji yang diletakkan pada lingkungan yang lembab dan hangat akan menyebabkan terangsangnya perkecambahan spora dan infeksi akan meningkat bila kondisi lingkungan mencapai kelembaban relatif 90 – 100%.

Nankinga (1999) dan Azwana (2003) juga memperoleh isolat-isolat *B. bassiana* dari tanah dengan patogenisitas yang berbeda-beda terhadap serangga

dewasa *C. sordidus* , dimana isolat dari daerah tertentu berbeda patogenesisnya dengan daerah lain.

Menurut Lacey (1997), kebanyakan serangga tanah terinfeksi jamur ini melalui kutikula. Demikian pula hasil penelitian Nankinga (1999) dan azwana (2003) bahwa jamur *B. bassiana* dapat diisolasi dari tanah dan memperlihatkan mortalitas yang cukup tinggi terhadap kumbang, larva, pupa dan bahkan telur penggerek bonggol pisang pada perangkap yang dibuatnya. Hasil penelitian Hasyim and Gold (1998), di Sumatera Barat ternyata jamur ini juga menyerang larva dan imago penggerek bonggol pisang (*C. sordidus*) terutama di dataran tinggi daripada di dataran rendah.

IV. PROSPEK PENGGUNAAN JAMUR ENTOMOPATOGEN *Beauveria bassiana* DI INDONESIA

Sesuai dengan Undang Undang No. 12 tahun 1992 tentang sistem budidaya tanaman, yang pada pasal 20 menyatakan bahwa perlindungan tanaman dilaksanakan dengan sistem Pengendalian Hama Terpadu (PHT). Salah satu komponen dalam PHT adalah pengendalian hayati yang memanfaatkan peranan musuh alami hama yang salah satunya adalah patogen serangga.

Menurut Driesche and Below (1996), mikopestisida memiliki potensi yang baik terutama di iklim basah atau di lingkungan yang lembab seperti di tanah oleh karena untuk perkembangannya membutuhkan kelembaban yang tinggi. Agens pengendalian biologi haruslah dapat bertahan (survive), persisten dan menyebar pada habitat inang, serta dapat menginfeksi semua stadia inang. Efektifitasnya juga dipengaruhi pelekatan material yang diaplikasikan pada sasaran serta keadaan ekosistem dimana inang berada (Driesche and Below, 1996; Lacey, 1997).

Jamur *B. bassiana* memiliki kisaran inang yang luas dan persisten pada habitat inang, sehingga pemanfaatannya sebagai biopestisida tidak diragukan lagi. Temperatur dan kelembaban tanah merupakan faktor fisik utama yang mempengaruhi kemampuan konidia untuk hidup di tanah. Jamur ini menyebabkan epizootic setiap tahunnya pada inang jika keadaan iklim sesuai untuk aktifitasnya terutama kelembaban dan temperatur. Perkecambahan optimal *B. bassiana* jika kelembaban >90% dan temperatur 23 – 27 ° C (Steinhaus, 1963; Ferron, 1981; Poinar dan Thomas, 1984) . Menurut Tanada dan Kaaya (1993), hifa jamur ini dapat mempenetrasi saluran usus larva *Loxosiege sticticalis* yang memakan

konidianya. Jamur ini dapat menyebabkan epizootic setiap tahunnya pada inang jika keadaan sesuai (MacLeod *in* Steinhaus, 1963; Mahr, 1997).

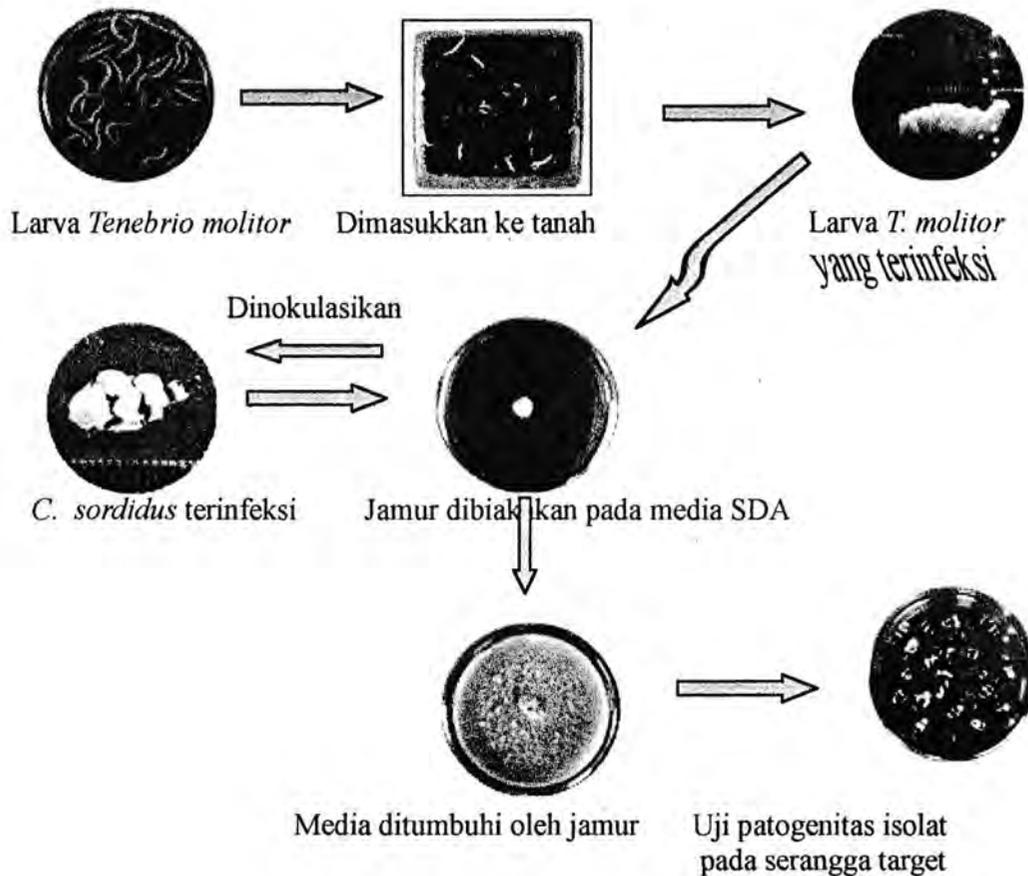
Jamur ini terdapat di tanah dan telah berhasil diisolasi dari tanah baik dengan menggunakan :

- (1) **media selektif** seperti D₀C₂ (tanpa dextrose dan CuCl₂) atau VFA (Veen and Ferron Agar) oleh Shimazu dan Sato (1996). Pengisolasian jamur entomopatogen *B. bassiana* dari tanah juga telah dilakukan oleh Shimazu dan Sato (1996) di Jepang dengan menggunakan media selektif D₀C₂ (diperoleh 54,8 – 96,7 % dari jumlah koloni yang tumbuh merupakan koloni *B. bassiana*) dan VFA (4,2 – 73,3 % merupakan koloni *B. bassiana*).
- (2) **menggunakan serangga umpan (insect bait metode)** berupa larva ngengat lilin (*Galleria mellonella*) oleh Zimmerman (1986) dan Nankinga (1999) dan menggunakan larva *Tenebrio molitor* oleh Azwana (2003). Isolat yang diperoleh Nankinga (1999) dan Azwana (2003) memiliki patogenisitas yang cukup tinggi dibandingkan dengan isolat yang diperoleh dari serangga yang terinfeksi di lapangan.

Menurut Sudarmadji (1997), variasi virulensi jamur entomopatogen *B. bassiana* disebabkan beberapa faktor baik faktor dalam yaitu asal isolat, maupun faktor luar seperti macam medium untuk perbanyakan, teknik perbanyakan atau faktor lingkungan yang kurang mendukung dan teknik pemantauan terhadap keberhasilan penggunaan jamur yang belum baku.

Jamur entomopatogen, *B. bassiana* dapat diperoleh dari tanah terutama pada bagian atas (top soil) 5 – 15 cm dari permukaan tanah, karena pada horizon ini diperkirakan banyak terdapat inokulum *B. bassiana*. Teknik untuk

memperoleh jamur entomopatogen, *B. bassiana* dari tanah ini sangat mudah yaitu dengan menggunakan metoda umpan serangga (*insect bait method*) seperti dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Teknik untuk memperoleh jamur entomopatogen melalui metoda umpan serangga (*insect bait method*).

Hal ini sesuai dengan yang dikemukakan oleh (Madelin, 1963; Goettel dan English, 1997; Nankinga, 1999) bahwa jamur *B. bassiana* dapat diisolasi dari tanah dan serangga yang telah terinfeksi di lapangan. Jamur *B. bassiana* dapat bertahan di dalam tanah sebagai kompetitor lemah dan terdistribusi secara heterogen. Selanjutnya (Zimmermann, 1986; Goettel dan English, 1997) mengemukakan bahwa jamur entomopatogen dapat diisolasi dari sampel tanah

pada kedalaman 5 – 15 cm dengan cara membiakkan larutan tanah yang telah diencerkan pada media di petridish (*soil dilution plating*), menaburkan sebagian sampel tanah pada media dalam petridish (*soil plating*) atau dengan menggunakan serangga umpan (*insect bait methode*).

Hasil penelitian Storey dan Gardner (1988) membuktikan bahwa pada kedalaman 5 cm dari permukaan 4 profil tanah yang diuji masih terdapat > 94% konidia *B. bassiana* setelah 72 jam diaplikasi. Nankinga (1994) juga telah berhasil mengisolasi jamur *B. bassiana* dan *Metarrhizium anisopliae* dari 29 sampel tanah di Uganda dengan menggunakan larva *Galleria mellonella* (Linnaeus) (Lepidoptera; Pyralidae) sebagai umpan dan jamur tersebut efektif untuk mengendalikan hama kumbang penggerek bonggol pisang.

Penggunaan *B. bassiana* dalam pengendalian hama telah cukup banyak diteliti dan bahkan telah digunakan baik pada tanaman semusim maupun pada tanaman perkebunan di Indonesia maupun luar negeri.

Driesche dan Below (1996) menyatakan bahwa jamur entomopatogen yang digunakan untuk mengendalikan serangga dapat diaplikasikan pada berbagai stadia serangga dan setiap stadia sensitifitas tidak sama terhadap keadaan lingkungan. Keefektifan jamur *B. bassiana* dipengaruhi juga oleh tingkat penyebaran dan pelekatan material yang diaplikasikan ke serangga sasaran. Disamping itu variasi mortalitas serangga uji juga dipengaruhi oleh variasi isolat, dosis, kultivar pisang dan keadaan lingkungan dimana penelitian dilaksanakan..

Hasil penelitian Azwana (2003) memperlihatkan bahwa dengan kepadatan konidia $3,2 \times 10^4$ dapat membunuh 56,67% serangga dewasa penggerek bonggol pisang (Coleoptera; Curculionidae) dalam waktu 14 hari.

Hasil penelitian lapangan dari Utomo dan Pardede (1990) di kebun Sei. Rampah Sumatera Utara memperlihatkan bahwa jamur *B. bassiana* konsentrasi $4,33 \times 10^6$ konidia/ml menyebabkan kematian 85% larva penggerek cabang/ranting kakao (*Zeuzera coffeae*), yang tidak berbeda nyata dengan kematian akibat penggunaan insektisida Azodrin 15WSC sebesar 70% sedangkan penggunaan Thiodan kematian hanya 55%.

Penelitian Widayat dan Rayani (1993), menyatakan bahwa jamur ini mengakibatkan kematian 47,50% ulat jengkal dengan konsentrasi 10^4 konidia/ml, pada konsentrasi 10^6 dan 10^8 berturut-turut menyebabkan kematian 65 dan 95% setelah 12 hari diinokulasi.

Penelitian Zulyusri (1997) juga memperlihatkan bahwa jamur ini pada konsentrasi 10^8 dapat menyebabkan kematian larva *Plutella xylostella* dengan LT_{50} 3,5 hari. *B. bassiana* telah banyak digunakan untuk mengendalikan hama bubuk buah kopi, pengisap buah/pucuk kakao, ulat kantong kelapa sawit (Suharto *dkk*, 1998; Sudarmadji, 1997).

Pada pertengahan tahun 1980-an jamur *B. bassiana* ini telah dikemas sebagai Breverol di Czechoslovakia yang diaplikasikan sebagai suspensi air pada larva kumbang kentang kolorado dapat mengurangi kepadatan populasi sampai 50% (Nankinga, 1999). Saat ini di luar negeri telah terdapat berbagai merek dagang dari jamur ini seperti Botanigard, Naturalis dan Mycotrol (mengandung *B. bassiana* strain GHA) (Mahr, 1997; Groden, 1999)

Formulasi dibutuhkan untuk kestabilan produk, efikasinya di lapangan dan persiapan secara ekonomis serta memudahkan bentuk bahan aktifnya yang tahan lama. Jamur biasanya diaplikasikan ke lapangan pada keadaan kering sebagai

debu, pengumpan, dan bentuk butiran atau sebagai bahan semprotan dengan air atau minyak.

Formulasi debu dari spora jamur ini juga telah dicobakan di Jerman pada larva instar 4 kumbang kentang kolorado dengan mortalitas sampai 96,4% setelah 19 hari penyemprotan (Steinhaus, 1963).

Pada pertengahan tahun 1980-an jamur *B. bassiana* yang telah dikemas sebagai Breverol dikembangkan di Czechoslovakia yang diaplikasikan sebagai suspensi air pada larva kumbang kentang kolorado dapat mengurangi kepadatan populasi sampai 50% (Nankinga, 1999).

Aplikasi *B. bassiana* ke tanah juga telah direkomendasikan di Republik Rakyat Cina untuk mengendalikan pupa penggerek polong kedele (*Leguminivora glycinivorella* (Matsumura)) yang sedang hibernasi (Kogan dan Turnipseed, 1987 cit Storey dan Gardner, 1988).

Jaros-Su *et al.*, (1999) yang mengaplikasikan jamur *B. bassiana* ke daun dengan konsentrasi 5×10^{13} konidia /ha menyebabkan mortalitas larva 2 *Leptinotarsa decemlineata* sebesar 76,6%, disamping itu perlakuan dengan jamur *B. bassiana* dapat menyebabkan berkurangnya serangga dewasa yang emergen, mengurangi panjang hidup dan oviposisi serangga dewasa.

Hal yang sama juga diteliti oleh Harrison, Gardner dan Kinard (1993) meneliti bahwa jamur *B. bassiana* dapat menginfeksi larva 4 dan serangga dewasa kumbang Pecan (*Curculio caryae* (Horn.) dengan konsentrasi 10^5 konidia / ml dengan LT_{50} berturut - turut berkisar antara 3,9 – 5,5 hari dan 5,2 – 7,0.

Dari hasil penelitian Nankinga (1999) di Uganda bahwa kematian kumbang penggerek bonggol pisang di laboratorium akibat infeksi *B. bassiana* yang

diformulasikan dalam minyak sayur, biakan jagung dan suspensi air secara berturut-turut adalah sebesar 97%, 77% dan 17% setelah 14 hari diinokulasi. Harrison *et al.* (1993) menggunakannya dengan konsentrasi 10^7 terhadap larva instar 4 kumbang pecan menyebabkan mortalitas 73%.

Melihat besarnya mortalitas yang diakibatkan jamur *B. bassiana* ini terhadap serangga inang pada pengujian laboratorium dan lapangan, maka peranannya sebagai agens hayati sangat baik untuk dikembangkan.

Untuk aplikasi di lapangan harus diperhatikan faktor-faktor yang mempengaruhi keefektifannya di lapangan seperti dikemukakan oleh Tanada and Kaya (1993) :

- a) Dosis, yaitu sejumlah unit bahan infeksi yang benar-benar diperlukan yang menyebabkan kematian inang. Dalam hal ini jumlah unit yang dimakan atau yang dikenakan pada inang telah diketahui. Dari pemberian dosis ini kita dapat menentukan waktu letal/kematian (lethal time). Agar pengendalian berhasil baik yang penting adalah mengaplikasikan konsentrasi yang diperlukan dan pada waktu yang tepat., pelekatan propagul, keadaan inang sasaran, keadaan ekosistem habitat inang dan kompatibilitasnya terhadap pestisida.
- b) Waktu aplikasi, sangat menentukan keberhasilan pengendalian dengan patogen. Saat yang tepat ialah pada saat tingkat perkembangan populasi hama yang rentan atau saat cuaca yang baik. Sinar cahaya menyebabkan patogen tidak aktif, terutama sinar ultra violet. Untuk menghindarinya, aplikasi dilakukan pada sore hari. Aplikasi jamur patogen menghendaki kelembaban yang cukup tinggi. Suhu yang relatif tinggi di lapangan mungkin akan

mempercepat proses infeksi yang berarti akan mempercepat proses kematian hama sasaran.

- c.) Penyelimutan, agens pengendali yang diaplikasikan harus melekat pada inangnya atau pada tanaman inang hama sasaran agar dapat menempel pada kutikulanya atau tertelan. Jadi aplikasinya harus sepenuhnya menyelimuti populasi hama sasaran.
- d) Hama sasaran, umur dan keadaan hama sasaran juga menentukan keefektifan agens pengendali tersebut. Semakin muda umur hama sasaran maka semakin rentan pula ia terhadap patogen pengendali tersebut. Hama sasaran yang dalam keadaan tertekan seperti kekurangan makanan, mutu makanan yang buruk, kepadatan yang terlalu tinggi atau dibuat lemah oleh patogen lain, akan bertambah rentan terhadap patogen pengendali.
- e) Kompatibilitas, penggunaan patogen sering kompatibel dengan taktik pengendalian lain karena patogen yang digunakan umumnya spesifik.

Untuk aplikasi di lapangan dibutuhkan spora yang banyak, oleh karenanya telah diteliti mengenai substrat biakan jamur yang menghasilkan spora dengan patogenisitas yang tinggi. Biakan pada substrat jagung memperlihatkan jumlah spora yang dihasilkan dan patogenisitasnya cukup tinggi, baik hasil penelitian di luar negeri (Nankinga, 1999) maupun di Indonesia (Sudarmadji, 1997).

Saat ini di Indonesia teknik perbanyakannya telah cukup berhasil, hanya pengemasan atau formulasinya yang efektif belum berhasil ditemukan.

Untuk pengaplikasiannya jamur ini memerlukan kelembaban yang tinggi dengan suhu yang rendah dan tanpa adanya sinar ultra violet yang dapat membunuh spora jamur, hal ini sulit untuk aplikasi di Indonesia. Untuk

penyemprotannya mungkin dapat dilakukan di sore hari atau saat mendung, atau dapat digunakan penambahan bahan protektan untuk mencegah efek negatif ultra violet terhadap spora jamur (English *et al.* 1995).

Pembiakan jamur *B. bassiana* juga sangat mudah dan menggunakan teknologi yang sangat sederhana dengan menggunakan berbagai jenis substrat seperti jagung dan beras yang banyak terdapat di Indonesia. Biakan pada substrat ini dibutuhkan untuk memperoleh konidia jamur *B. bassiana* yang cukup banyak untuk pengaplikasian di lapangan. Pembuatan substrat biakan ini juga tidak membutuhkan teknologi yang tinggi, hanya menggunakan dandang, kantong plastik dan kompor. Hal ini dapat dilakukan oleh petani kita di rumah masing-masing, yang berarti pengembangbiakannya dapat mereka lakukan sendiri. Hal ini berarti penggunaan jamur *B. bassiana* ini dapat digunakan untuk mengendalikan hama pertanian di Indonesia (Sudarmadji, 1997; Azwana, 2003).

Penggunaan carrier dalam aplikasi jamur entomopatogen sangat berguna karena dapat membantu menyebarkan spora lebih luas dan mengurangi jumlah spora jamur yang dibutuhkan untuk setiap aplikasi tanpa mengurangi efektifitas jamur tersebut (Sudarmadji, 1997).

Dunn and Mechelas (1965 *cit* Nankinga, 1999), mengaplikasikan 20 – 38 g spora jamur *B. bassiana* per acre (0,5 ha) dalam tepung gandum dapat mengurangi *Ostrinia nubilalis* (Hbn) sebanyak 41%. Penelitian lainnya menggunakan 10-40 g spora jamur *B. bassiana* dalam 16 lbs (8 kg) tepung gandum per acre dapat mengendalikan larva sebanyak 50 – 60%.

Azwana (2003) dengan menggunakan tepung beras sebagai carrier spora jamur *B. bassiana* ternyata dapat membunuh 50 % dan 27,89% imago

Cosmopolites sordidus di laboratorium dan lapangan dalam waktu 14 hari dan dalam waktu 28 hari kematian imago berturut-turut menjadi 90% dan 53,57% . Azwana (2003) memperoleh mortalitas serangga dewasa *C. sordidus* tertinggi diperoleh pada penggunaan bahan carrier tepung beras (53,57%) dan terendah pada perlakuan bahan carrier minyak (31,92%).

Penggunaan carrier tepung dalam aplikasi jamur *B. bassiana* lebih baik dibanding carrier cairan untuk mengendalikan hama penggerek bonggol pisang (*C. sordidus* (Germar)) . Aplikasi *B. bassiana* dengan semua bahan carrier yang diuji dapat menyebabkan mortalitas serangga dewasa *C. sordidus* berkisar 61,85 % - 90,00 % (di laboratorium) dan 31,92 % - 53,57% (di lapangan) (Azwana, 2003). Imago *C. sordidus* yang terinfeksi jamur *B. bassiana* di lapangan terlihat seperti pada Gambar 4 di bawah ini.



Gambar 4. Serangga dewasa *C. sordidus* yang terinfeksi *B. bassiana* berada di dalam batang semu penutup perangkap setelah aplikasi di lapangan

Watson, Geden, Long dan Rutz (1995) yang menyatakan bahwa formulasi debu (campuran jamur *B. bassiana* dengan tepung terigu sebanyak 1×10^8 konidia/mg) lebih efektif dan menyebabkan kematian serangga uji relatif lebih tinggi daripada formulasi cairan (1×10^8 konidia/ml air) untuk mengendalikan lalat rumah (*Musca domestica* L.) dan *stable fly* (*Stomoxys calcitrans* L.) yang diaplikasikan pada permukaan plywood datar di laboratorium.

Demikian pula Olson dan Oetting (1999) menyatakan bahwa formulasi wettable powder (WP) dan emulsi minyak dapat mengurangi populasi nimfa kutu putih, *Bemisia argentifolii* Belows & Perring di rumah kaca dengan pengurangan populasi nimfa berturut-turut 88% dan 50% setelah 3 minggu aplikasi.

Nankinga (1999) menyatakan bahwa jamur *B. bassiana* yang dibiakkan pada substrat jagung, suspensi *B. bassiana* dalam air dan minyak dan diaplikasikan ke perangkap batang semu di laboratorium diperoleh kematian serangga dewasa *C. sordidus* berturut-turut 56%, 40% dan 50% setelah 10 hari aplikasi.

Hal ini juga diperoleh Godonou *et al.*, *cit.* Nankinga (1999) bahwa aplikasi jamur *B. bassiana* dalam formulasi debu pada anakan tanaman pisang (*succer*) dapat menyebabkan mortalitas kumbang *C. sordidus* sebesar 53 – 81% .

Selanjutnya Gredens, Arends, Rutz dan Steinkraus (1988) mengaplikasikan jamur *B. bassiana* dengan kepadatan $2,5 \times 10^{11}$ konidia/m² menggunakan bahan carrier tepung jagung yang diaplikasikan ke tanah dapat membunuh 100% stadia larva *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera ; Tenebrionidae).

Steinhaus (1963) menyatakan bahwa spora *B. bassiana* yang diformulasikan dalam bentuk debu di Polandia dapat membunuh 75% stadia larva *L. deecemlineata*, sedangkan di Jerman stadia larva instar ke empatnya terbunuh sebanyak 80% dalam waktu 4 hari setelah aplikasi.

Wright dan Chandler (1992) menyatakan bahwa jamur *B. bassiana* dengan konsentrasi 1×10^{10} konidia/g dicampur ke dalam feeding stimulan tidak mengurangi patogenisitas jamur tersebut sehingga menyebabkan kematian penggerek buah kapas (*Anthonomus grandis-grandis* Boheman) (Coleoptera ; Curculionidae) sebesar 92,5%.

Storey , *et al.* (1989 *cit.* Harrison, Gardner dan Kinard, 1993) menyatakan bahwa konidia jamur yang diaplikasikan ke tanah secara penyemprotan (carrier air) dapat bertahan pada bagian atas permukaan tanah (5 cm) sehingga dapat berfungsi sebagai barrier bagi larva *C. caryae* yang menggali tanah.

Selanjutnya English, Goettel dan Johnson (1993) juga menyatakan bahwa setelah 4 hari penyemprotan jamur *B. bassiana* dalam bentuk emulsi air dan minyak, hanya tinggal 0,6% dan 4,9% konidia yang ada pada permukaan daun tanaman alfalfa (*Medicago sativa*) dan wheat grass (*Agropyron cristatum*).

V. KESIMPULAN

1. Jamur entomopatogen *B. bassiana* dapat digunakan untuk mengendalikan berbagai hama tanaman, baik hama tanaman semusim maupun hama tanaman perkebunan.
2. *B. bassiana* masuk ke tubuh serangga inang dapat melalui kutikula, mulut, saluran pernafasan ataupun luka. Jamur mematikan inangnya karena terjadinya dehidrasi atau penurunan nutrisi atau kerusakan pada hemolimp dan toxin beauvericin yang dihasilkannya.
3. Kematian serangga inang biasanya dimulai pada 3 atau 5 hari setelah inokulasi jamur *B. bassiana*
4. Jamur *B. bassiana* menyebabkan kematian pada inang dengan gejala tubuh inang terselimuti oleh miselium dan spora jamur yang berwarna putih, yang diawali dari bagian antar segmen (ruas) tubuh serangga yang terinfeksi.
5. Dari berbagai hasil penelitian terlihat bahwa konsentrasi yang cukup efektif untuk mematikan serangga inang adalah 10^7 konidia/ml.
6. Jamur entomopatogen *B. bassiana* memiliki prospek yang baik di Indonesia, karena telah banyak ditemukan menyerang dan efektif terhadap berbagai serangga hama.
7. Kendala dalam penggunaan jamur entomopatogen *B. bassiana* sebagai biopestisida yaitu : (1) faktor pembatas fisik seperti suhu, kelembabab dan sinar uv, (2) strain tertentu yang inang spesifik dan geografik, (3) tingkat kemapanan atau persistensi yang masih rendah di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Azwana. 2003. Patogenisitas Jamur Entomopatogen, *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin Terhadap Penggerek Bonggol Pisang, *Cosmopolites sordidus* Germar. Thesis Program Pascasarjana Universitas Andalas. Padang. (tidak dipublikasikan)
- Barnett, H.L. and Hunter, B.B. 1989. Illustrated Genera of Imperfect Fungi. Third Edition. Burgess Publishing Comp. Minnesota. 240pp.
- Bilgrami, K.S. and R.N. Verma. 1981. Physiology of Fungi. Vilas Publishing House PVT. New Delhi. 507 p.
- Driesche, R. G. and Below, S.T. 1996. Biological Control. Chapman and Hill. New York. 539 pp.
- Garraway, M.O and R.C. Evans. 1984. Fungal Nutrition and Physiology. John Wiley and Sons. USA. Pp. 212 – 262.
- Groden, E. 1999. Using *Beauveria bassiana* for Insect Management. [http : //www: hort. uconn. edu/ ipm / general / htms / bassiana. htm](http://www.hort.uconn.edu/ipm/general/htmls/bassiana.htm).
- Harrison, R.D., Gardner, A.W., and Kinard, J.D. 1993. Relative Susceptibility of Pecan Weevil Fourth Instar and Adults to Selected Isolated of *Beauveria bassiana* . Biological Control 3 (1); 34 - 38.
- Hoffmann, M. P. and Frodsham, A.C. 1993. Natural Enemies of Vegetable Insect Pest. Cooperative Extension Cornell Univbersity, Ithaca. New York, 63 pp.
- Huffaker, C.B. and Messenger, P.S. 1976. Theory and Practices of Biological Control . Academic Press. New York. 788 pp.
- Humber, R.A. 1997. Fungi : Identification *In* Biological Techniques. Manual of Techniques in Insect Pathology. (Ed. Lacey, L.A). Academic Press. London. 408 pp.
- Inglish, G.D., M.S. Goettel & D.L. Johnson. 1996. Effects of Temperature and thermoregulation on Mycosi by *Beauveria bassiana* in Grasshopper. Biological Control 7 : 131 – 139.
- Lacey, L.A. 1997. Initial Handling and Diagnosis of Diseases Insect *in* Biological Techniques . Manual of Techniques in Insect Pathology.(Ed. Lacey, L.A). Academic Press. London. 488 pp.
- Mahr, S. 1997. Know Your Friends : *Beauveria bassiana* Midwest Biological Control News Online. 4 (10).

- Nankinga, C.M. 1999. Characterization of Entomopathogenic Fungi . Evaluation of Delivery System of *Beauveria bassiana* for The Biological Control of Banana Weevil *Cosmopolites sordidus*. Kawanda Agriculture Research Institute. Uganda. 276 pp.
- Oka, I.N. 1998. Pengendalian Hama Terpadu dan Implementasinya di Indonesia. Gajah Mada University Press. 273 hal.
- Poinar, O.G. and Thomas, M.G. 1984. Laboratory Guide to Insect Pathogens and Parasites. Plenum Press, new York. 392 pp.
- Steinhaus, E.A. 1949. Principles of Insect Pathology. Mc Graw Hill Book Company Inc. New York. 757 pp.
- Steinhaus, E.A. 1963. Insect Pathology an Advanced Theatise. Academic Press. New York. 689 pp.
- Sudarmadji, D. 1997. Optimasi pemanfaatan *Beauveria bassiana* BALS. (VUILL.) untuk pengendalian hama. Pertemuan teknis perlindungan tanaman. Direktorat Bina Perlindungan Tanaman. Direkterot Jenderal Perkebunan. Cipayung.
- Suharto, Trisusilowati, E.B., Purnomo, H. 1998. Kajian Aspek Fisiologik *Beauveria bassiana* dan Virulensinya Terhadap *Helicoverpa armigera*. Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia Vol. 4 (2) : 112 - 119.
- Tanada, Y. and Kaaya, H.K. 1993. Insect pathology. Academic Press, Inc. New York. 666 pp.
- Untung, K. 1993. Pengantar Pengelolaan Hama Terpadu. Gajah Mada University Press. Yogyakarta. 273 pp.
- Utomo, C. dan Dj. Pardede. 1990. Efikasi jamur *B. bassiana* terhadap penggerek batang kakao (*Zeuzera coffeae*). Buletin Perkebunan Pusat Penelitian RISPA. Medan.
- Widayat, N. dan Rayati, D. J. 1993. Hasil Penelitian jamur Entomopatogen Lokal dan Prospek Penggunaannya Sebagai Insektisida Hayati. Prosiding Simposium Patologi Serangga I . Yogyakarta. hal. 61 - 74.
- Zulyusri. 1997. Patogenesis beberapa isolat *Beauveria bassiana* (Bals.)Vuill. terhadap hama kubis *Pluteila xylostella* L. Program Pascasarjana Universitas Andalas. Padang.