

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Hama-Hama Tanaman Kubis

Hama-hama yang menyerang tanaman kubis dapat dibagi menjadi dua kelompok, yaitu hama utama dan hama sekunder. Hama utama adalah hama yang selalu menimbulkan kerugian, sehingga selalu perlu dilakukan tindakan pengendalian. Hama sekunder adalah hama yang kadang-kadang penting sehingga tidak perlu selalu dilakukan tindakan pengendalian (Sastrosiswoyo dan Setiawati, 1993).

Hama-hama utama pada tanaman kubis adalah ulat daun kubis (*P. xylostella*) dan ulat "crop" kubis (*Crociodolomia binotalis*), sedangkan hama sekunder pada tanaman kubis diantaranya adalah ulat tanah (*Agrotis ipsilon*), ulat jengkal kubis (*Chrysodeixis orichalcea*), ulat bawang (*Spodoptera exigua*), ulat grayak (*Spodoptera litura*) dan ulat buah tomat (*Helicoverpa armigera*) (Sastrosiswojo dan Setiawati, 1993; Sudarmo, 1991).

Selain hama-hama yang berasal dari ordo Lepidoptera, tanaman kubis juga diserang oleh hama-hama yang berasal dari ordo Orthoptera, yaitu: gangsir (*Brachytrypes portentosus* Licht.), cengkerik (*Gryllus mitratus* Burm.) dan anjing tanah/orong-orong (*Gryllotalpa africana*). Hama-hama tanaman ini juga berasal dari ordo Homoptera, yaitu: aphid kubis (*Brevicoryne brassicae* L.) dan aphid buah hijau (*Myzus persicae*). Selain dari golongan serangga, hama tanaman kubis juga ada yang berasal dari golongan mollusca, yaitu : *Vaginula bleekeri* Keferst. dan *Parmarion pupillaris* Humb. (Pracaya, 1996).

B. Serangga *Plutella xylostella*

Ulat *P. xylostella* atau disebut juga dengan ulat teritip tersebar luas di seluruh dunia, di dataran rendah maupun di dataran tinggi. Walaupun ukurannya sangat kecil (± 1 cm), tetapi sangat merugikan tanaman kubis dan tanaman yang termasuk di dalam keluarga Cruciferae. Larva *P. xylostella* menyerang kubis yang masih kecil di persemaian, maupun kubis yang sudah dewasa di lapangan. Ulat *P. xylostella* ini senang bersembunyi di bawah permukaan daun. Bekas gigitan pada daun biasanya ditandai dengan noda-noda yang berwarna putih, sehingga sering disebut dengan hama bodas (putih). Apabila terjadi serangan yang hebat, maka akan tinggal tulang-tulang daun yang menyerupai wayang, sehingga disebut pula dengan hama wayang (Pracaya, 1996).

Menurut Borror, Triplehorn, and Johnson (1992) dan Kalshoven (1981), taksonomi dari *P. xylostella* adalah sebagai berikut :

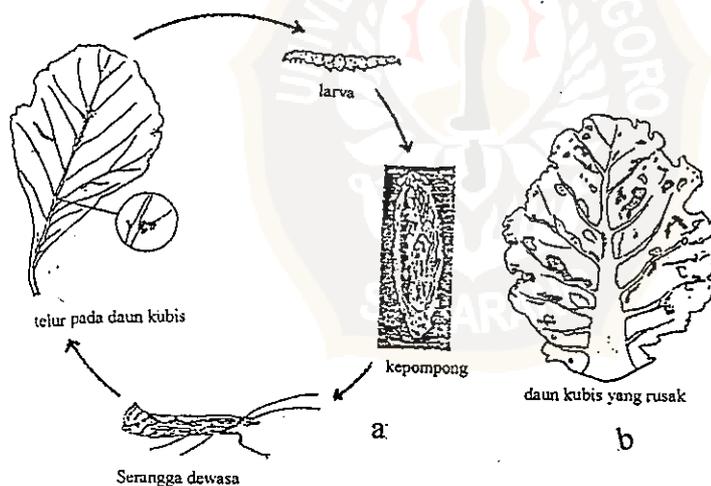
- Filum : Arthropoda
- Kelas : Insecta
- Sub Kelas : Metabola
- Ordo : Lepidoptera
- Famili : Plutellidae
- Genus : *Plutella*
- Spesies : *Plutella xylostella* L.

Serangga *P. xylostella* dewasa merupakan ngengat kecil berwarna coklat kelabu dengan panjang mencapai ukuran 8,5 mm. Ngengat jantan berukuran lebih kecil daripada ngengat betina, demikian pula warnanya lebih cerah. Pada sayap

ngengat jantan terdapat deretan titik-titik kuning yang berbentuk berlian, sehingga dikenal dengan nama “Diamondback Moth” atau disingkat dengan DBM. Pada sayap belakangnya mempunyai rambut-rambut tepi yang relatif panjang. Telur *P. xylostella* berbentuk oval pipih, berwarna putih kekuningan, menempel pada daun sebanyak satu, dua atau tiga buah telur pada suatu tempat, atau membentuk kelompok (10-20 butir). Ukuran diameter telur 0,25 mm dengan panjang 0,5 mm. Masa penetasan telur antara 3-5 hari. Larva yang baru menetas berukuran panjang 1,2 mm, berwarna hijau cerah dengan kepala berwarna hitam. Larva dewasa dapat mencapai panjang 8-11 mm (Lampiran 01. Gambar 09.) dengan diameter 1,2-1,5 mm, berwarna kehijauan atau hijau cerah. Pada tubuh ulat terdapat rambut-rambut halus yang tersebar merata di seluruh tubuhnya. Lama stadia ulat adalah 7-11 hari dengan 4 kali instar. Larva *P. xylostella* dapat dibedakan dengan hama tanaman kubis yang lain, karena kebiasaannya menjatuhkan diri bila tersentuh atau terganggu. Bungkus kepompong *P. xylostella* mempunyai panjang 9,5 mm, tetapi sangat tipis dan pintalannya sangat longgar sehingga hampir tidak menutupi pupa (Metcalf dan Metcalf, 1993; Sastrosiswojo dan Setiawati, 1993; Sudarmo, 1991; Hill, 1983; Davidson and Lyon, 1979).

Gejala serangan *P. xylostella* pada tanaman kubis adalah khas dan tergantung pada instar larva yang menyerang. Instar larva yang pertama yaitu larva yang baru menetas, akan memakan daun kubis dengan jalan membuat lubang pada permukaan bawah daun. Kemudian larva membuat liang-liang dalam jaringan parenkim sambil makan daun. Larva instar kedua akan keluar dari liang-liang yang transparan dan akan memakan jaringan pada permukaan bawah daun. Demikian juga halnya, pada larva

ketiga dan keempat. Sejalan dengan perkembangan jaringan daun, bekas gigitan ulat akan pecah dan menimbulkan lubang besar pada daun kubis. Apabila tingkat populasi larva tinggi, merusakkan berat pada daun sering terjadi. Hampir seluruh daun dimakan larva dan hanya tulang daun saja yang ditinggalkannya. Biasanya *P. xylostella* menyerang tanaman kubis yang masih muda, yaitu sebelum membentuk “crop”, namun demikian bila populasi *P. xylostella* sangat tinggi dan hama pesaingnya (*Crocidolomia binotalis*) tidak ada, *P. xylostella* akan menyerang “crop” kubis (Sastrosiswojo dan Setiawati, 1993; McKinlay, 1992). Daur hidup *P. xylostella* dan kerusakan daun yang disebabkan oleh larva *P. xylostella*, disajikan pada Gambar 01.



Gambar 01. (a). Daur hidup *P. xylostella*; (b). daun kubis yang terserang hama *P. xylostella* (Hill, 1983).

C. Pengendalian *Plutella xylostella*

Penggunaan insektisida kimiawi adalah cara yang biasa digunakan oleh petani-petani di Indonesia untuk mengendalikan hama-hama yang menyerang tanaman pertanian. Sebelum masuknya insektisida organik sintetik, arsenat banyak digunakan untuk mengendalikan serangga *P. xylostella*. Kemudian arsenat diganti dengan bubuk Derris, yang memberi hasil efektif pada hama ini (Van der Vecht, 1936 dalam Sastrodiharjo, 1986). Setelah perang dunia II, DDT merupakan bahan kimia yang sering digunakan oleh petani untuk memberantas hama ulat kubis. Sampai adanya laporan pertama dari Jawa bahwa, beberapa hama pertanian termasuk *P. xylostella* menjadi resisten terhadap insektisida organik dan DDT (Angkersmit, 1953 dalam Sastrodiharjo, 1986). Sejak laporan tersebut resistensi *P. xylostella* terhadap insektisida kimia menjadi fenomena yang rutin.

Pada awal tahun 1980 pyrethroid sintetik diintroduksi dan menjadi populer karena kecepatan daya bunuhnya, tetapi *P. xylostella* membentuk resistensi pada bahan kimia ini lebih cepat daripada yang diperkirakan (Sastrodiharjo, 1986).

Di negara-negara belahan bumi utara penggunaan insektisida diatur sedemikian rupa, sehingga untuk pengendalian *P. xylostella* hanya direkomendasikan satu jenis insektisida saja, tetapi biasanya penggunaan jenis insektisida yang lain diijinkan apabila imigrasi serangga ini terjadi dalam periode yang panjang. Pada daerah-daerah panas di negara yang mempunyai iklim sedang, contohnya: Italia, Spanyol dan Amerika Utara bagian selatan, perlakuan dengan menggunakan insektisida dilakukan secara mingguan atau lebih untuk menekan pertumbuhan *P. xylostella* yang menghasilkan 15 generasi serangga setiap tahun. Penggunaan

insektisida dengan cara tersebut akhirnya juga menimbulkan resistensi pada *P. xylostella* (McKinlay, 1992).

D. Pengendalian Hayati

Pengendalian hayati pada dasarnya adalah pemanfaatan dan penggunaan musuh alami untuk mengendalikan populasi hama. Pada tahun-tahun terakhir ini pengendalian hayati sering digunakan untuk menekan populasi hama. Musuh alami bisa berupa invertebrata ataupun vertebrata yang terdiri dari parasitoid, predator dan patogen, merupakan pengendali utama hama yang bekerja tergantung kepadatan, sehingga tidak dapat dilepaskan dari kehidupan dan perkembangbiakan hama (Kumar, 1984; Emden, 1984; Hill, 1983; Samways, 1981; Reay, 1969). Menurut Untung (1996), adanya peningkatan populasi hama akan mengakibatkan kerugian ekonomi bagi petani, disebabkan karena lingkungan yang kurang memberi kesempatan bagi musuh alami untuk menjalankan fungsi alaminya. Apabila musuh alami diberi kesempatan untuk berfungsi, antara lain melalui rekayasa lingkungan, misalnya introduksi musuh alami, memperbanyak, dan melepaskannya, serta mengurangi berbagai dampak negatif terhadap musuh alami, maka musuh alami akan melaksanakan fungsinya dengan baik.

Selain dengan memanfaatkan musuh alami, pengendalian serangga hama dapat juga dilakukan dengan cara sterilisasi (teknik jantan mandul), manipulasi genetik, penggunaan feromon, dan penggunaan varietas tanaman tahan hama (Hill, 1983).

Stehr (1982 dalam Untung, 1996) mencatat disamping kegagalan yang terjadi, ternyata ada 327 usaha pengendalian hayati yang berhasil mengendalikan berbagai

jenis hama di banyak negara. Banyak hama di Indonesia berhasil dikendalikan dengan memasukkan musuh alami, terutama sebelum tahun 1950-an saat insektisida belum banyak digunakan oleh petani. Salah satu jenis hama adalah *P. xylostella* di Jawa Barat berhasil dikendalikan oleh parasitoid *Diadegma eucerophaga* (Hymenoptera)(Untung, 1996).

E. Kapang Entomopatogenik

Kapang entomopatogenik adalah kelompok kapang yang dapat menginfeksi serangga (Untung, 1996). Ada lebih dari 400 spesies kapang entomopatogenik yang dapat menyerang serangga dari 100 genera (Lisansky and Hall, 1983). Spesies tersebut berasal dari kelas Deuteromycetes (Fungi imperfecti), Zygomycetes, Oomycetes, Chytridiomycetes dan Trichomycetes. Dari ke 5 kelas tersebut, yang mempunyai kapang entomopatogenik terbanyak adalah kelas Zygomycetes dan Deuteromycetes (Dent, 1991). Spesies yang biasanya banyak digunakan dalam program pengendalian biologi adalah *B. bassiana*, *M. anisopliae*, *Nomuraea rileyi*, dan *Paecilomyces farinosus* (Untung, 1996; Possee and King, 1994; Croft, 1990; Cooke, 1978).

Peranan kapang entomopatogenik pertama kali diperkenalkan pada abad ke-19 berdasarkan penelitian pada ulat sutera. Metschnikoff (1879 dalam Possee and King, 1994) dan Krassilstchik (1888 dalam Possee and King, 1994) menemukan kapang *M. anisopliae* untuk pengendalian hama tanaman gandum *Anisoplia austriacea* dan hama tanaman bit *Cleonus punctiventria*. Kapang entomopatogenik adalah faktor penting dalam pengendalian serangga secara alami di seluruh dunia.

Semua kelompok taksonomik kapang entomopatogenik terdiri dari spesies yang menycrang artropoda (Croft, 1990).

F. Kapang *Beauveria bassiana*

Menurut Fassatiova (1986) dan Alexopoulos and Mims (1979) kedudukan kapang *B. bassiana* dalam taksonomi adalah sebagai berikut :

Divisio : Deuteromycotina

Kelas : Deuteromycetes

Ordo : Moniliales

Famili : Moniliaceae

Genus : Beauveria

Spesies : *Beauveria bassiana* (Bals.)Vuill.

Pada media agar, miselium kapang ini berwarna putih atau berwarna terang (kekuningan atau merah muda terang). Konidiofor terbentuk oleh fialid tunggal atau berkelompok (Gambar 02.) Konidianya uniseluler, hyalin, globose, oval, atau elipsoidal, dengan diameter 2-3 μm dan berdinding tipis. Koloni kapang ini mencapai diameter 0,6-2,3 cm dalam waktu 8 hari. Terlihat seperti wol dengan konidia yang berlimpah sehingga seperti tepung, kadang-kadang membentuk synnemata yang mencapai panjang 5 mm (Fassatiova, 1986; Domsch, Gams, and Anderson , 1980). Gambar *B. bassiana* secara mikroskopis tersaji pada Lampiran 01. Gambar 06.

Pada media agar, konidiogenesis dimulai setelah 6 hari, sedangkan pada kultur cair hanya memakan waktu 3-4 hari. Pada kultur cair yang diaduk untuk perbanyakkan kapang ini, terbentuk blastospora yang berdinding tipis, berukuran 3-5 x 2-3 μm dan kurang resisten bila dibandingkan dengan konidia. Blastospora akan

berkecambah pada umur 6-10 jam pada suhu 18-24°C, sedangkan konidia memerlukan waktu 15-20 jam. Perkecambahan konidia memerlukan suhu yang optimal, untuk pertumbuhan memerlukan kisaran suhu 25-30°C, dengan suhu minimum 10°C dan maksimum 32°C. Konidia tidak dapat berkecambah bila suhu kurang dari 10°C atau lebih dari 32°C. Derajat keasaman (pH) untuk pertumbuhan adalah berkisar antara 5,7-5,9 sedangkan pH yang dibutuhkan untuk pembentukan konidia adalah 7-8 (Domsch *et al.*, 1980).



Gambar 02. Skema *Beauveria bassiana*. (a) hifa dengan fialid tunggal
(b) hifa dengan fialid berkelompok (Fassatiova, 1986).

B. bassiana terkenal sebagai penyebab penyakit “muscardine” pada ulat sutera. Kapang ini biasanya menyerang serangga dari kelas Coleoptera, Lepidoptera, Diptera dan serangga lain di daerah dingin maupun tropis (Steinhaus, 1970). Kapang ini sensitif terhadap faktor-faktor penghambat pertumbuhan jamur di tanah. Pada suhu 8°C dan kelembaban kurang dari 90% *B. bassiana* dapat bertahan lebih dari 21 bulan. Pada media “silica gel” dapat bertahan lebih dari 36 bulan dengan penyimpanan pada suhu -20°C. Pada tanah yang teradiasi kronis, kapang ini dapat tetap bertahan (Domsch *et al.*, 1980). Zimmermann (1986 dalam Possee and King,

1994) mengatakan, bahwa sinar ultra violet juga berpengaruh pada konidia *B. bassiana*. Sinar ultra violet tersebut mempunyai peranan penting dalam menentukan waktu paruh penularan konidia kapang akan tetapi konidia kapang *B. bassiana* paling resisten terhadap sinar ultra violet.

Kapang *B. bassiana* juga dapat menyesuaikan diri pada keadaan lingkungan yang ekstrim dan mempunyai virulensi yang luas terhadap serangga, sehingga kapang ini sangat berpotensi digunakan sebagai pengendali serangga (Domsch *et al.*, 1980).

B. bassiana menghasilkan beauvericin, racun ini merupakan senyawa heksadepsipeptida yang terdiri dari ulangan 3 unit asam D-2-hidroksisovalerik yang berhubungan dengan N-metil fenilalanin. Spesies kapang ini banyak digunakan di Cina dan Rusia, dan diproduksi dalam skala besar untuk mengendalikan bermacam-macam serangga termasuk *Leptinotarsa decemlineata*, *Cydia pomonella*, *Ostrinia nubilalis*, ulat bulu cemara dan kutu loncat. Di Cina kapang ini sering digunakan bersama-sama dengan insektisida dosis rendah. Di Eropa, *B. brongniartii* digunakan untuk mengendalikan *Melolontha melolontha* (Possee and King, 1994). Ferron (1978) dan Keller (1986 dalam Klein, 1992) mengendalikan larva *M. melolontha* dengan jumlah konidia sebanyak 20×10^9 untuk setiap lahan seluas 1 m^2 , dan tingkat mortalitas larva *M. melolontha* yang didapat mencapai 38-80%.

G. Proses Infeksi Kapang *Beauveria bassiana*

Kapang entomogenous bisa menyerang serangga pada tingkat telur, larva, ataupun dewasa (Cooke, 1978). Infeksi biasanya disebabkan oleh konidia dan ada 4 kemungkinan cara infeksi yaitu melalui integumen luar, melalui trakhea, melalui

saluran pencernaan, dan melalui luka (Posse and King, 1994; Croft, 1990; Cooke, 1978).

Untuk perkecambahan konidia yang menempati permukaan integumen diperlukan kelembaban yang tinggi, biasanya lebih dari 80% dan pada populasi alami penyakit yang terjadi sering terkait dengan tingkat kelembaban relatif. Perkecambahan mungkin saja terjadi pada tingkat kelembaban rendah, apabila kelembaban udara pada lingkungan mikro permukaan tubuh serangga lebih tinggi dari pada lingkungan disekitarnya (Roberts and Humber, 1981). Konidia yang menempel pada serangga dan mengalami kontak dengan integumen ini kemudian akan berkecambah (Posse and King, 1994; Cooke, 1978). Kekuatan hidrofobik yang tidak spesifik mungkin mempunyai peranan penting dalam proses perlekatan konidia pada integumen serangga, disamping kemungkinan adanya peran glikoprotein dan enzim yang terlibat dalam proses perlekatan konidia ini (Possee and King, 1994). Menurut Roberts and Humber (1981), karakteristik fisik dan kimia dari konidia dan kutikula yang bertanggung jawab terhadap proses ini masih belum diketahui.

Perkecambahan konidia akan menghasilkan tabung kecambah dan setelah beberapa lama ujungnya membengkak membentuk appressoria yang berbentuk oval atau lonjong. Appressoria tunggal dapat membentuk kelompok sel yang membentuk ujung infeksi yang kompleks. Appressoria atau ujung infeksi kemudian mensekresikan lapisan berlendir yang menancap pada integumen. Masing-masing sel appressoria membentuk beberapa titik tekanan pada epikutikula, sehingga menjadi berlekuk. Histolisis epikutikula pada titik tekanan tersebut akan menghasilkan rongga di bawah masing-masing titik. Dinding appressoria di bawah masing-masing rongga kemudian pecah, dan tahap penetrasi terus berlanjut tumbuh ke dalam tubuh

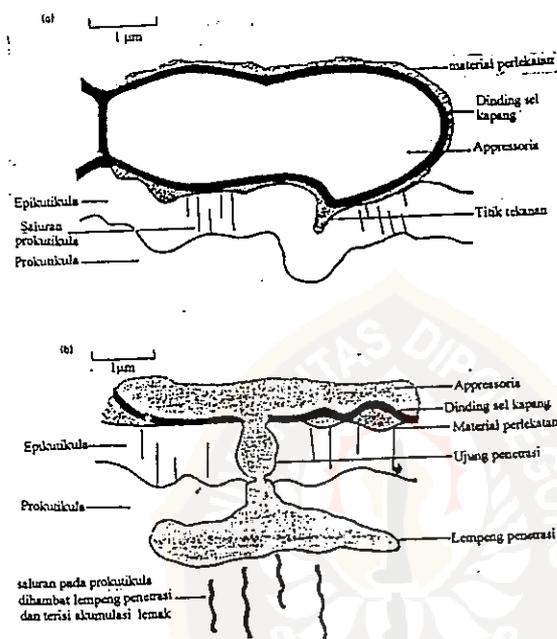
serangga. Penetrasi pada lapisan kutikula, akan diikuti oleh penetrasi pada lapisan prokutikula, pada lapisan ini ujung infeksi akan meluas sejajar lapisan prokutikula membentuk lempengan pipih yang berbentuk cakram. Lempeng cakram ini akan menghambat saluran-saluran prokutikula sehingga terjadi akumulasi lemak di dalamnya (Gambar 03). Histolisis juga terjadi pada lapisan luar prokutikula yang mengelilingi lempeng penetrasi (Cooke, 1978).

Menurut Charnley and St. Leger (1991 dalam Possee and King, 1994), proses penetrasi tersebut melibatkan enzim-enzim yang mendegradasi kutikula dan dibantu juga oleh kekuatan mekanik. Enzim-enzim yang dihasilkan untuk membantu proses ini adalah protease, kitinase, dan lipase.

Terdapat banyak bukti, bahwa kapang entomogenous Deuteromycetes, dalam hal ini adalah *B. bassiana*, menghasilkan lipase, protease, dan kitinase (Possee and King, 1994; Roberts and Humber, 1981; Cooke, 1978). Enzim kitinase merupakan enzim yang dapat beradaptasi pada sejumlah kecil spesies. Aksi protease dan lipase pertama kali terjadi pada lemak dan komponen yang mengandung protein pada integumen, aktivitas kitinolitik akan muncul setelah aksi dari enzim-enzim tersebut sudah dimulai. Polisakarida pada kutikula kemungkinan terpecah dan menghasilkan galaktosa dan glukosa. Reaksi enzim ini akan menghasilkan senyawa kaya energi dan asam amino yang dimanfaatkan oleh kapang selama penetrasi (Cooke, 1978).

Penetrasi hifa lateral muncul dari lempeng dan membentuk rantai-rantai atau lembaran-lembaran sel yang terletak diantara lapisan prokutikula luar. Dari lembaran-lembaran sel ini, hifa vertikal tumbuh ke arah prokutikula interior dan pembentukan lembaran-lembaran atau rantai-rantai sel akan terus berlanjut. Proses ini terjadi berulang kali, sehingga akhirnya beberapa hifa terlepas dari prokutikula

dan masuk ke dalam rongga badan. Selama penetrasi hifa pada prokutikula, terjadi histolisis yang prosesnya tidak jelas, yang mengakibatkan pemisahan lapisan secara mekanik pada lamina dan fibril-fibril kutikula (Cooke, 1978).



Gambar 03. Penetrasi konidia kapang pada integumen serangga

- (a) appressoria muncul dari tabung kecambah
- (b) pembentukkan ujung penetrasi dan lempeng penetrasi (Cooke, 1978).

Ketika hifa mencapai rongga tubuh, terbentuk koloni stellata dan digitata. Jamur kemudian menginvasi jaringan yang lebih dalam, biasanya dengan melepaskan sel-sel bebas atau fragmen-fragmen hifa dari koloni-koloni tersebut, tetapi kadang juga dengan melanjutkan pertumbuhan hifa yang tidak berfragmen. Pada *B. bassiana*

sel-sel bebas dapat memperbanyak diri dengan membentuk tunas khas yang mirip khamir pada awal kolonisasi (Roberts and Humber, 1981; Cooke, 1978). Fase yang mirip khamir ini menghambat aliran darah, tetapi tidak menembus organ-organ internal (Cooke, 1978). Croft (1990) menyatakan, bahwa agregasi fagosit akan mengelilingi dan membungkus sel-sel kapang sehingga seakan-akan mengapung di dalam hemolimfe.

Selama tahap kolonisasi, fase yang mirip khamir ini terlepas atau terasosiasi dengan fase filamentous. Pada awalnya hifa relatif pendek, tetapi berangsur-angsur menjadi lebih panjang sebagaimana perkembangan penyakit dan mempunyai kemampuan untuk mengkolonisasi jaringan dan organ-organ internal inang. Setelah proses infeksi, biasanya dalam 4-5 hari akan terbentuk gejala perubahan tingkah laku pada inang. Gejala pertama, umumnya mereka kehilangan nafsu makan dan kehilangan respon mekanik, kemudian terjadi kelesuan dan kehilangan kemampuan untuk berdiri dengan sempurna, akhirnya fungsi-fungsi tubuh hilang dan gerakan menjadi tidak teratur sebelum terjadi paralisis (Roberts and Humber, 1980; Cooke, 1978; Steinhaus, 1970).

Serangga yang telah terinfeksi kapang *B. bassiana* akan mengalami kematian dalam waktu kurang lebih 3 hari (Steinhaus, 1970). Setelah serangga mengalami kematian, pertumbuhan hifa akan terus berlanjut sampai akhirnya tubuh serangga akan terisi dengan miselia (Possee and King, 1994; Croft, 1990; Roberts and Humber, 1981). Menurut Steinhaus (1970), setelah tubuh serangga terisi dengan miselia, maka tubuhnya akan menjadi kaku dan menjadi 'mummi' yang berwarna putih dan seperti berkapur. Miselia yang mengisi dan menutupi tubuh serangga mampu bertahan selama 128 minggu pada temperatur 4°C dan mampu bertahan

selama 7 minggu pada temperatur 23-38°C. Roberts and Humber (1981) menyatakan, bila 'mummi' berada dalam kondisi kelembaban relatif sedang atau rendah, kapang akan tetap berada pada bangkai serangga, tetapi bila terletak pada tempat yang lembab, membran intersegmen akan memberi sedikit kelembaban untuk penetrasi dan ini adalah daerah untuk pemunculan kapang.

Proses terakhir adalah penyebaran unit infeksi yaitu konidia, dimana konidia akan menemukan serangga yang rentan untuk memulai proses pembentukan penyakit lagi. Proses penyebaran unit infeksi ini biasanya dilakukan oleh angin atau air, dan juga dengan kontak yang terjadi antara serangga yang telah terinfeksi dengan serangga yang sehat (Roberts and Humber, 1981).

H. Produksi Kapang

Kapang *B. bassiana* dapat dikulturkan dengan mudah pada media padat yang memberikan hasil sebanyak 6×10^9 spora per gram. Spesies ini juga dapat menghasilkan blastospora, tetapi jenis propagul ini tidak tahan disimpan dalam jangka waktu lama (Lisansky and Hall, 1983). Blachere *et al.* (1973 dalam Lisansky and Hall, 1983) memanen blastospora dengan cara sentrifugasi, kemudian mengeringkannya pada suhu rendah setelah dicampur dengan bubuk silika, material osmotik aktif seperti sukrosa atau sodium glutamat, agen anti oksidasi sodium askorbat dan campuran parafin cair polioksietilen gliserol oleat. Campuran ini disimpan dalam ruang hampa udara dan dapat bertahan selama 9 bulan. Konidia *B. bassiana* juga dapat dikulturkan dalam media cair, tetapi cara ini belum diusahakan dengan maksimal.

Kapang *B. bassiana* diproduksi di Rusia secara besar-besaran dengan nama komersial Boverin. Insektisida ini digunakan untuk mengendalikan kumbang Colorado (Possee and King, 1994), sedangkan di Cina *B. bassiana* diproduksi dalam jumlah banyak pada substrat padat seperti kulit padi, campuran kompos dan bubuk beras, humus dan jagung. Hasil terbesar mencapai $0,8-1,1 \times 10^8$ konidia per gram dan diaplikasikan dalam bentuk serbuk, seringkali konidia yang dihasilkan dari inokulasi kapang pada media kulit padi dicampur dengan serbuk kulit padi halus dengan perbandingan 1:10 (Lisansky and Hall, 1983).

I. Keuntungan Pemakaian Insektisida Kapang

Keuntungan pemakaian kapang sebagai insektisida adalah karena jumlah spesies kapang yang bisa dijadikan agen pengendalian sangat banyak dan tersebar luas, selain itu kapang mudah dikulturkan secara massal dan mempunyai kapasitas reproduksi yang sangat tinggi baik di alam maupun di dalam kultur buatan (Freeman, 1981)

Kapang sebagai agen pengendalian hayati pada umumnya aman digunakan, karena kapang ini dapat menimbulkan epizootik, dan tidak menyerang serangga bukan sasaran. Flexner *et al.* (1986 dalam Goettel, Poprawski, Vandenberg, Li, and Robert, 1990) telah melakukan pengujian *B. bassiana* pada serangga bukan sasaran dan ternyata kematian sedang atau tinggi terjadi apabila serangga tersebut menelan kapang, tetapi kematian tidak terjadi bila serangga hanya mengalami kontak dengan kapang.

Insektisida kapang mempunyai biaya yang lebih murah dibandingkan dengan insektisida kimia, selain itu insektisida kapang tidak membahayakan serangga

penting lain dan juga mammalia, khususnya manusia. Insektisida kapang juga mempunyai kelangsungan hidup yang lebih lama dan tidak menyebabkan pencemaran (Lisansky and Hall, 1983). Emden (1984) menyatakan bahwa insektisida kapang tidak meninggalkan residu seperti halnya insektisida kimia, selain itu insektisida kapang bersifat kompatibel yaitu dapat dikombinasikan dengan insektisida kimia. Kombinasi ini akan menurunkan penggunaan dosis insektisida kimia sehingga resistensi yang mungkin terbentuk pada serangga hama tidak terjadi.

