

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Kopi Arabika

2.1.1 Klasifikasi

Tanaman kopi arabika termasuk dalam Kingdom *Plantae*, Sub kingdom *Tracheobionta*, Super divisi *Spermatophyta*, Divisi *Magnoliophyta*, Class *Magnoliopsida/Dicotyledons*, Sub class *Asteridae*, Ordo *Rubiales*, Famili *Rubiaceae*, Genus *Coffea*, Spesies *Coffea Arabica* L. (USDA, 2002). Menurut Davis *et al.*, 2006, dari 103 spesies Genus *Coffea* (*Rubiaceae*) namun hanya *C. arabica* L. dan *C. canephora* Piere ex A. Froehner (yang sering disebut dengan “robusta”) yang diperdagangkan secara meluas. Kopi arabika di Indonesia sebagian besar tergolong sebagai kopi spesialti, dengan nama legendaris seperti *Mandheling Coffee*, *Gayo Mountain Coffee*, *Toraja Coffee*, *Java Arabica Coffee* dan *Lintong Coffee*.

Secara habitus, kopi arabika ada dua tipe yaitu kopi berperawakan tinggi dan berperawakan katai. Kopi arabika berperawakan tinggi seperti *Typica* dan *Abessinia* sedangkan kopi berperawakan katai seperti *Kartika 1*, *Kartika 2* dan *Andungsari*. Berdasarkan pupus daun nya kopi arabika terbagi atas dua yaitu yang berwarna hijau dan berwarna coklat kemerahan. Kopi arabika yang pupus daunnya berwarna hijau berasal dari Aceh Tengah atau sering disebut kopi *Ateng* sedangkan kopi arabika pupus daunnya berwarna coklat kemerahan disebut dengan kopi *Sigarar utang* (Tiodor S., 2013).

Buah kopi memiliki dua biji yang posisinya berhadapan satu sama lain disatukan oleh kulit yang berwarna merah ketika masak, mengandung *pulp* yang

rasanya manis. Setiap biji tersebut endospermanya diselubungi oleh kulit tanduk (*parchment*) yang keras (Rothfos, 1980). Ukuran biji tersebut juga dipengaruhi oleh kondisi curah hujan saat pembentukan biji. Pada daerah- daerah yang memiliki tipe curah hujan tinggi ukuran bijinya lebih besar dibanding daerah- daerah kering.

2.1.2 Syarat Tumbuh

Kopi jenis arabika sangat baik ditanam di daerah yang berketinggian 1000-2100 meter dpl. Semakin tinggi lokasi perkebunan kopi, cita rasa yang dihasilkan oleh biji kopi akan semakin baik (Edy Panggabean, 2011). Kopi arabika menghendaki suhu ideal berkisar 13-24⁰C (Mitchell 1988). Pada lokasi pertanaman kopi yang lebih tinggi (>1000 m dpl), serangan *H. hampei* kurang bermasalah (CAB International, 2006). Dan bila kopi arabika ditanam di dataran rendah (<500 m dpl), biasanya produksi dan mutunya rendah serta mudah terserang penyakit karat daun yang disebabkan oleh cendawan *Hemmileia vastatrix* (HV) (AAK, 1988).

Sebaiknya kopi hanya ditanam di daerah dengan curah hujan 1500 – 3500 mm per tahun, dengan bulan kering (curah hujan <60 mm/bulan) maksimum 3 bulan. Tanaman kopi menginginkan struktur tanah yang gembur, berdrainase baik, cukup tersedia air, unsur hara terutama kalium (K), harus cukup tersedia bahan organik (>3 %) dengan derajat kemasaman (pH) yang ideal berkisar antara 5,5 – 6,5 serta kedalaman yang efektif yaitu cukup dalam (> 100 cm).

2.2 Hama Penggerek Buah Kopi (PBKo, *Hypothenemus hampei* Ferr. (Coleoptera: Scolytidae)

Hama Penggerek Buah Kopi termasuk dalam Ordo *Coleoptera*, Famili *Scolytinae*, Genus *Hypothenemus*, Spesies *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Kalshoven, 1981). Kumbang ini memiliki nama umum yang beragam seperti Penggerek Buah Kopi, Coffee berry borer, Broca del fruto del café, Broca do café, atau Scolyte des fruits du caféier. *Hypothenemus hampei* merupakan serangga hama endemik Afrika Tengah yang telah menyebar ke seluruh negara sentra pertanian kopi (Uganda, Colombia, Jamaica, Tanzania, Malaysia, and Mexico). Di Indonesia, *H. hampei* pertama kali ditemukan tahun 1909 di perkebunan Lampegan, Jawa Barat yaitu menyerang tanaman kopi jenis liberika (Cramer, 1957). Penyebaran kemungkinan terbawa melalui pemasukan bahan tanaman yang terinfeksi *Hypothenemus hampei* dari Uganda (CAB International, 2006; Sulistyowati, 1992).

2.2.1 Siklus Hidup dan Tingkah Laku *Hypothenemus hampei* Ferr.

Serangga dewasa *H. hampei* berupa kumbang berbadan bulat dan berwarna hitam dengan kepala berbentuk segitiga yang ditutupi oleh rambut-rambut halus. Kumbang betina *Hypothenemus hampei* memiliki ukuran yang lebih besar dari kumbang jantan. Panjang kumbang betina 1.4-1.6 mm dan lebar 0.7 mm, sedangkan kumbang jantan memiliki panjang 0.5-0.8 mm dan lebar 0.2 mm (Vega, F.E., Benavides, P., Stuart, J. & O'Neill, S. 2002). Kumbang *H. hampei* mampu bertahan lebih dari 5 bulan di dalam buah, baik pada buah yang masih melekat di pohon maupun buah yang sudah gugur (Venkatesha *et al.*, 1998).

Perbandingan populasi antara serangga betina dan jantan rata-rata 10:1. Namun, pada saat akhir panen kopi dan jumlah serangga mulai turun karena terbatasnya makanan, perbandingan serangga betina dan jantan dapat mencapai 500:1. Lama hidup serangga betina rata-rata 282 hari, sedangkan serangga jantan maksimal 103 hari (CAB International, 2006).

Kumbang betina meletakkan telur di dalam buah atau di sekitar biji kopi. Buah kopi yang disukai untuk oviposisi biasanya berumur mulai dari sekitar delapan minggu setelah berbunga hingga panen (>32 minggu) (Baker, 1999). Kumbang betina yang akan bertelur membuat lubang gerakan dengan diameter lebih kurang 1 mm pada buah kopi dan biasanya pada bagian ujung (Gambar 1). *Hypothenemus hampei* betina kemudian menggerek terus ke dalam biji kopi yang telah mengeras dan matang untuk meletakkan sekitar 30-50 telur. Telur tersebut berbentuk oval dan berwarna keputihan, panjangnya bervariasi 0.52-0.69 mm (Barrera J.F, 2011). Telur akan menetas dalam waktu 6 – 8 hari.



Gambar 1. *Hypothenemus hampei* Betina Menggerek Buah Kopi
(Sumber : Photograph by Jherime Kellermann, Anonim, 2010)

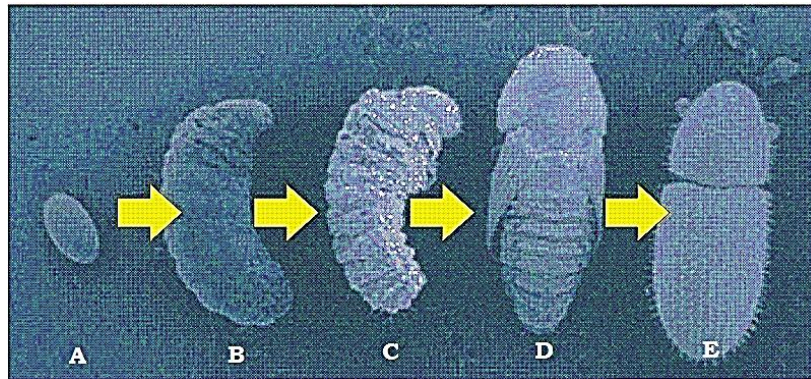
Setelah telur menetas, larva muda segera membuat terowongan pada jaringan tersebut dan bergerak ke arah yang lebih dalam. Larva kemudian akan menggerek jaringan biji kopi, sehingga terdapat terowongan di buah dan biji kopi. Panjang

larva instar terakhir berkisar 1.88-2.30 mm, tidak berkaki, berwarna putih krem, dengan tubuh bagian dalam bentuk “C”, dan terdapat rambut mikroskopis tersebar di tubuh dan kepala (Barrera J.F, 2011). Larva jantan melewati 2 instar dan betina melewati 3 instar sebelum akhirnya menjadi kumbang dewasa dan lamanya fase larva 10-26 hari (CAB International, 2006).

Larva mengalami fase istirahat (pre pupa) selama 2 hari sebelum menjadi pupa. Stadia pupa berlangsung selama 4-9 hari (Yardha dan Izhar, N., 2001). Pupa berwarna putih kekuningan dengan panjang bervariasi antara 1.84-2.00 mm (Barrera J.F, 2011).

Siklus hidup *Hypothenemus hampei* di dalam buah sangat dipengaruhi oleh suhu. Periode perkembangan serangga dari bertelur sampai dewasa membutuhkan waktu 21 hari pada suhu 27⁰C, 32 hari pada suhu 22⁰C, 63 hari pada suhu 19.2⁰C. Serangga betina dapat hidup selama 157 hari sedangkan jantan selama 20-87 hari pada suhu 24.5⁰C (Damon 2000, Jaramillo *et al.* 2006, Barrera 2008, Vega 2008, Vega *et al.* 2009). Periode perkembangan serangga dari bertelur sampai dewasa membutuhkan waktu antara 25 dan 35 hari.

Suhu optimal untuk perkembangan telur antara 30⁰C-32⁰C dan untuk larva, pupa dan dewasa antara 27⁰C-30⁰C. Serangga betina dapat menggerek buah kopi antara suhu 20⁰C-33⁰C, pada suhu 15⁰C dan 35⁰C serangga betina gagal menggerek buah kopi atau mampu menggerek buah kopi tapi tidak bertelur (Jaramillo *et al.*, 2009). Siklus hidup dan bentuk dari setiap stadia *Hypothenemus hampei* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. A. Telur berumur 6 hari ; B. Larva berumur 14 hari ; C. Prapupa berumur 3 hari ; D. Pupa berumur 6 hari ; Serangga dewasa *Hypothenemus hampei* Ferr. (Sumber : Juan F. Barrera, 2011)

Untuk memulai generasi berikutnya, jantan dan betina akan kawin di dalam buah kopi. Ketika sumber makanan di dalam buah telah habis, serangga betina dewasa akan terbang (umumnya sore hari dari pukul 16.00 sampai 18.00) kemudian masuk ke buah lain lalu bertelur lagi. Proporsi kumbang betina yang telah kawin keluar dari dalam biji mencapai 62% (Damon, 2000; Prakasan *et al.*, 2001). Namun, serangga betina akan menunggu indikator lingkungan yaitu hujan dan suhu yang terlalu tinggi sebelum meninggalkan buah. Buah yang basah karena hujan akan menyebabkan serangga betina terbang meninggalkan buah. Jantan tidak bisa terbang sehingga tetap di dalam buah tempat lahirnya sepanjang hidupnya.

Dinamika populasi, dan pola infestasi *H. hampei* sangat tergantung pada curah hujan dan kelembaban relatif (Baker *et al.*, 1992), serta fisiologi tanaman kopi tersebut (Ruiz, 1995). Menurut Renwick & Chew (1994), persepsi kumbang *H. hampei* terhadap inangnya ditentukan berdasarkan warna dan aroma biji kopi. Hasil uji tingkat kesukaan (*preference*) bahwa kumbang *H. hampei* lebih menyukai biji-biji kopi yang berwarna merah (masak) dibanding biji kopi yang hijau (muda) meskipun pada buah muda juga ditemukan adanya infestasi kumbang *H. hampei*

(Giordanengo *et al.*, 1993). Kandungan kadar bahan kering endosperm buah juga merupakan faktor yang paling penting menentukan serangan *H. hampei* dan kecepatan penetrasi ke dalam buah kopi. Benih dengan kadar bahan kering <20% akan ditinggalkan terlebih dahulu, atau serangga betina akan menunggu di bekas gerekkan hingga kandungan bahan kering buah cukup untuk pengembangan keturunannya.

2.2.2 Gejala Serangan

Dari 850 jenis serangga hama yang menyerang tanaman kopi di seluruh dunia namun hanya Penggerek Buah Kopi (*Hypothenemus hampei* Ferrari) yang beradaptasi menjadikan biji *Coffea arabica* dan *Coffea canephora (robusta)* sebagai sumber makanan utamanya (Vega, F.E. 2002). Serangga Penggerek Buah Kopi masuk ke dalam buah kopi dengan cara membuat lubang gerkkan di sekitar diskus hingga tembus ke dalam endosperm buah kopi (Gambar 3). Kumbang *H. hampei* lebih menyukai biji-biji kopi yang endospermanya sudah menggeras (Cramer, 1957; Venkatesha *et al.*, 1998; Prakasan *et al.*, 2001). Hal ini diduga terkait dengan aktivitas peletakan telur sebab kumbang *H. hampei* juga dapat memanfaatkan buah-buah muda yang endospermanya masih lunak sebagai sumber pakannya (Cramer, 1957; Prakasan *et al.*, 2001). Apabila infestasi dilakukan pada buah yang endospermanya masih lunak, kumbang *H. hampei* tidak akan melanjutkan proses berbiak di dalam buah tersebut melainkan akan pindah mencari buah-buah lain yang endospermanya sudah menggeras (Prakasan *et al.*, 2001). Serangan pada stadia buah muda dapat menyebabkan keguguran buah sebelum buah masak, sedangkan serangan pada stadia buah masak (tua) menyebabkan biji

berlubang sehingga terjadi penurunan berat dan kualitas biji (Sulistyowati, 1992). Biji matang yang telah rusak menunjukkan warna biru-hijau yang khas.

Kehilangan hasil akibat serangan *H. hampei* bervariasi tergantung kondisi pengelolaan tanaman. Pada pertanaman yang tidak dilakukan tindakan pengendalian serangan hama *H. hampei* dapat mencapai 100% (Prakasan *et al.*, 2001). Kisaran kehilangan hasil akibat *H. hampei* yang dilaporkan mencapai 5 - 80% (Prakasan *et al.*, 2001), 30 - 80% (Sulistyowati, 1992). *H. hampei* mengarahkan serangan pertamanya pada areal kebun kopi yang bernaungan, lebih lembab atau di perbatasan kebun. Jika tidak dikendalikan, serangan dapat menyebar ke seluruh kebun. Dalam buah tua dan kering yang tertinggal setelah panen, dapat ditemukan lebih dari 100 *H. hampei* (Direktorat Perlindungan Perkebunan, 2004). Kasus serangan hama Penggerek Buah Kopi lebih banyak dijumpai pada pertanaman kopi Robusta dibandingkan pada pertanaman kopi Arabika disebabkan fenologi pembuahan kopi Robusta yang terus menerus dan kondisi lingkungan tumbuh kopi Robusta yang lebih sesuai untuk mendukung perkembangan *H. hampei* (Damon, 2000).

Ketinggian tempat juga mempengaruhi tingkat serangan *H. hampei*. Semakin tinggi letak ketinggian tempat dari permukaan laut, makin rendah pula kerusakan yang disebabkan oleh hama penggerek buah kopi atau sebaliknya (CAB International, 2006). Serangan hama *H. hampei* dijumpai lebih tinggi pada kisaran ketinggian tempat 500-1000 m dpl daripada pada ketinggian tempat 1000 m dpl. (Venkatesha *et al.*, 1998; Prakasan *et al.*, 2001).

2.2.3 Pengendalian

1. Pengendalian Secara Kultur Teknis

a. Memutus daur hidup Penggerek Buah Kopi (*Hypothenemus hampei* Ferr.)

Memutus daur hidup *H. hampei*, meliputi tindakan petik buah yaitu dengan memetik semua buah masak yang terserang *H. hampei* maupun tidak 15 - 30 hari menjelang panen besar. Lelesan, yaitu pemungutan semua buah kopi yang jatuh di tanah baik terhadap buah terserang maupun buah tidak terserang. Racutan atau rampasan, yaitu memetik semua buah yang ada di pohon pada akhir panen yang dipraktekkan pada suatu perkebunan pada tahun 1922 mampu menurunkan intensitas serangan *H. hampei* dari 40-90% menjadi 0,5-3%. Semua bahan hasil petik bubuk, lelesan, dan racutan direndam dalam air panas kurang lebih 5 menit (Puslitkoka, 2006). Pengendalian dengan sanitasi juga sangat efektif untuk menurunkan intensitas serangan hama *H. hampei*. Di Brazil, tindakan sanitasi dilaporkan juga sangat efektif untuk mengendalikan hama *H. hampei* (Wiryadiputra, 2007).

b. Pemangkasan

Pemangkasan dilakukan baik pada tanaman kopi maupun terhadap tanaman penaung dengan tujuan untuk menghindari kelembaban yang tinggi, menghindari kondisi pertanaman terlalu gelap yang sesuai bagi perkembangan *H. hampei*.

2. Penggunaan tanaman yang masak serentak seperti USDA 762 untuk arabika dan BP 234 dan BP 409 (Puslitkoka, 2006).

3. Pengendalian Secara Biologi

a. Pengendalian dengan Serangga Predator dan Parasitoid

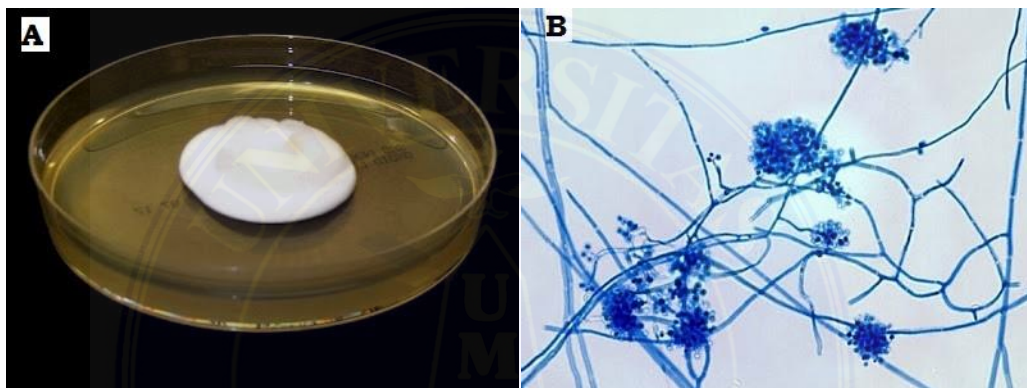
H. hampei memiliki musuh alami dari kelompok predator : *Dindymus rubiginous*, kelompok parasitoid : *Cephalonomia stephanoderis*, *Prorops nasuta* (Hymenoptera: Bethyilidae), *Phymastichus coffea* (Hymenoptera: Eulophidae), dan *Heterospilus coffeicola* (Hymenoptera: Braconidae), kelompok nematoda : *Heterorhabditis* sp., *Penagrolaimus* sp., kelompok bakteri : *Bacillus thuringiensis*, dan kelompok jamur : *Beuveria bassiana*, *Paecilomyces fumosoroseus* (Prakasan *et al.*, 2001).

b. Penggunaan Jamur Entomopatogen

Nasir (2009:18) menyatakan bahwa di laboratorium, aplikasi jamur *Beauveria bassiana* yang diperbanyak pada media beras dengan kerapatan spora 5×10^7 spora per mili liter mengakibatkan mortalitas Hama Penggerek Buah Kopi sebesar 100% dengan waktu 9 hari setelah aplikasi. Sedangkan di lapangan aplikasi jamur *Beauveria bassiana* dengan kerapatan spora 5×10^6 spora per mili liter mengakibatkan mortalitas hama Penggerek Buah Kopi sebesar 25,65%. Menurut Pest Cab Web (2002) bahwa penggunaan jamur entomopatogen *Beauveria bassiana* berhasil menyebabkan kematian *H. hampei* sebesar 80% di Kolombia.

2.3 Jamur Entomopatogen *Beauveria bassiana* Balsamo

B. bassiana merupakan jamur entomopatogen yang termasuk dalam Divisi *Eumycotina*, Subdivisi *Deuteromycotina*, Kelas *Deuteromycetes*, Ordo *Moniliales*, Famili *Moniliaceae*, Genus *Beauveria* (Humber, 1997). Menurut Alcan Carreno, 2003, genus *Beauveria* terdiri dari beberapa spesies: *B. bassiana*, atau *B. brongniartii* Tenella, dan *B. amorpha* Velata, namun yang paling sering diteliti adalah *B. bassiana* dan *B. brongniartii*.



Gambar 3. A. Morfologi makroskopik (Sumber: Echeverría, 2006) ; B. Morfologi mikroskopis (Sumber: Luque, 2011) *Beauveria bassiana* Balsm.

Mycelium *B. bassiana* berwarna putih atau kuning krem dengan benang-benang yang sangat halus, sering terdapat/menutupi exoskeleton inang. Hifanya hyalin, bersekat, dengan tipe pertumbuhan sympodial sehingga terlihat percabangan yang zig zag. Konidianya bergaris tengah 2 - 3 μ m, berwarna pucat/hyalin. Bentuknya bulat tanpa sekat dan tumbuh satu persatu. Sel konidiogenusnya memiliki bagian ujung yang membengkak dan tumbuh berulang-ulang membentuk konidia sehingga terlihat seperti rangkaian (Humber, 1997; Nankinga, 1999).

Jamur ini sebenarnya sudah sejak lama diketahui memiliki potensi sebagai agensi hayati yang dapat mengendalikan populasi serangga. Pemanfaatannya semakin luas, lebih dari spesies hama sasaran meliputi beberapa ordo termasuk

Coleoptera (Hasyim & Azwana 2003; Neves & Edson 2005), Lepidoptera, Thysanoptera, Hemiptera, Homoptera, Orthoptera dan Diptera. Selain itu *Beauveria bassiana* Bals. ternyata aman bagi serangga bukan sasaran, terutama serangga berguna dan musuh alami (Soetopo & Indrayani, 2007; Thungrabeab & Tongma, 2007).

Beauveria bassiana Bals. dapat mempenetrasi tubuh inang dengan adanya tekanan mekanik dan bantuan toksin Beauvericin yang dikeluarkan oleh jamur. Serangga dapat terinfeksi konidia melalui kutikula, atau melalui celah diantara segmen-segmen tubuhnya, kemudian berkecambah dengan membentuk tabung kecambah sehingga jamur dapat masuk ke tubuh inang dan menyebar ke jaringan haemocoel. Kemudian jamur menginfeksi saluran makanan dan sistem pernafasan sehingga serangga mati. Konidia jamur yang infeksiif segera terbentuk pada bagian luar tubuh inang dan siap untuk disebarkan angin, air dan serangga (Lacey, 1997; Ferron, P. 1981).

Gejala awal serangga yang terserang jamur yaitu : tidak mau makan, tubuh menjadi lemah dan kurang orientasi, lama kelamaan diam dan mati (Riyanto dan Santoso, 1991). Pada kutikula serangga terlihat becak hitam sebagai tempat penetrasi jamur. Larva yang terserang biasanya mengeluarkan cairan kemerahan dari mulutnya secara terus menerus. Setelah mati, mula-mula tubuhnya lunak dan dalam waktu 5 jam menjadi kaku (mummi), sehari kemudian tubuhnya ditutupi miselia (Steinhaus, 1963; Lacey, 1997). Jumlah konidia yang dapat dihasilkan oleh satu serangga ditentukan oleh besar kecilnya ukuran serangga tersebut. Setiap serangga terinfeksi *B. bassiana* akan efektif menjadi sumber infeksi bagi serangga sehat di sekitarnya.

Keberhasilan aplikasi jamur *Beauveria bassiana* sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain patogenitas, inang dan lingkungan seperti suhu, substrat, kelembaban, pH, radiasi sinar matahari, dan zat kimia seperti pestisida (Neves, 2004). Faktor lingkungan, terutama kelembaban dan temperatur serta sedikit cahaya sangat penting perannya dalam proses infeksi dan sporulasi cendawan entomopatogen (McCoy *et al.*, 1988). Temperatur optimum untuk perkembangan, patogenitas, dan kelulusan hidup cendawan umumnya antara 20-30°C (McCoy *et al.*, 1988). Untuk perkecambahan konidia dan sporulasi pada permukaan tubuh serangga dibutuhkan kelembaban sangat tinggi (> 90% RH), terutama kelembaban di lingkungan mikro sekitar konidia sangat penting perannya dalam proses perkecambahan dan produksi konidia (Millstein *et al.*, 1983; Nordin *et al.*, 1983). Tetapi sebaliknya untuk melepaskan konidia *B. bassiana* dari konidifor hanya dibutuhkan kelembaban sekitar 50% (Gottwald dan Tedders, 1982).

2.4 Optimalisasi Pemanfaatan Jamur *B. bassiana* sebagai Biopestisida

Jamur *B. bassiana* memiliki kisaran inang yang luas dan persisten pada habitat inang, sehingga pemanfaatannya sebagai biopestisida tidak diragukan lagi. *B. bassiana* aman bagi serangga bukan sasaran, terutama serangga berguna dan musuh alami. Mekanisme infeksi yang secara kontak melalui kutikula dan tidak perlu tertelan oleh serangga menyebabkan *B. bassiana* menjadi kandidat utama untuk digunakan sebagai agen pengendalian berbagai spesies serangga hama, baik yang hidup pada kanopi tanaman maupun yang di dalam tanah. Konidia *B. bassiana* dapat diaplikasikan dengan cara disemprotkan pada kanopi tanaman, ditaburkan pada permukaan tanah, atau dicampur dengan tanah atau kompos.

Beberapa senyawa metabolit sekunder diproduksi oleh *B. bassiana*, seperti beauvericin, bassianin, bassiacridin, bassianolide, beauverolides, tenellin, dan oosporein (Vey *et al.*, 2001; Quesada-Moraga dan Vey, 2004). Senyawa metabolit sekunder ini dapat dihasilkan oleh *B. bassiana* pada epizootik di alam (tanah) maupun pada epizootik buatan (di laboratorium). Meskipun demikian, hingga saat ini belum ada laporan tentang tercemarnya rantai makanan oleh senyawa metabolit sekunder, atau terakumulasi di alam sebagai limbah epizootik *B. bassiana* (Vey *et al.*, 2001). Penggunaan *B. bassiana* dalam pengendalian hama telah diuji secara luas di berbagai negara. Hasil uji toksikologi terhadap salah satu produk *B. bassiana*, Botanigard, menunjukkan bahwa produk tersebut tidak menimbulkan dampak negatif yang berhubungan dengan patogenisitas dan toksisitasnya, sehingga produk tersebut digunakan secara aman selama lebih dari 10 tahun di Amerika Serikat dan juga di beberapa negara lain (US EPA, 2006).

Perbanyakkan *B. bassiana* dalam skala kecil dan untuk masa penyimpanan berdurasi singkat (< 1 tahun) cukup dilakukan dengan menggunakan media Sabouroud Dextrose Agar (SDA). Media ini dapat menjaga viabilitas konidia *B. bassiana* hingga 6 minggu sebelum digunakan sebagai sumber inokulum dalam perbanyakkan massal. Untuk mempertahankan virulensi, pemurnian pada media buatan sebaiknya cukup dilakukan empat kali (Wright *et al.*, 2001), selanjutnya dilakukan pemurnian dengan serangga inang (*insect passage*) (Brownbridge *et al.*, 2001).

Formulasi dibutuhkan untuk kestabilan produk, efikasinya di lapangan dan persiapan secara ekonomis serta memudahkan bentuk bahan aktifnya yang tahan lama. Jamur ini 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). Konidium merupakan unit *B. bassiana* yang paling infeksiif dan stabil untuk aplikasi di lapangan dibandingkan dengan hifa maupun blastosporanya (Soper dan Ward, 1981; Feng *et al.*, 1994). Konidium yang diaplikasikan dapat berupa suspensi (tidak diformulasi), formulasi butiran, dan bentuk pellet, dan ketiganya memperlihatkan hasil pengendalian yang cukup nyata.

