

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Ekologi Tanah Gambut sebagai Habitat Patogen Serangga

Gambut adalah jenis tanah yang terdiri atas timbunan bahan organik berasal dari sisa-sisa tumbuhan yang sedang atau sudah mengalami proses dekomposisi. Bahan penyusun gambut terdiri atas empat komponen yaitu bahan organik, bahan mineral, air dan udara. Soekardi dan Hidayat (1988) menyatakan penyebaran gambut di Indonesia meliputi areal seluas 18.480 ribu hektar, tersebar pada pulau-pulau besar Kalimantan, Sumatera, Papua serta beberapa pulau kecil.

Tingkat dekomposisi tanah gambut dibedakan menjadi tiga yaitu gambut kasar (*fibrist*) yaitu gambut dengan lebih dari 2/3 bahan organik kasar, gambut sedang (*hemist*) yaitu gambut dengan lebih dari 1/3 sampai 2/3 bahan organik kasar dan gambut halus (*saprist*) yaitu gambut dengan bahan organik kasar kurang dari 1/3 (Noor, 1996). Sifat kimia tanah gambut sangat dipengaruhi oleh jenis vegetasi penyusunnya dan tingkat dekomposisinya. Gambut tropik berasal dari pohon sehingga banyak mengandung lignin dan relatif tidak subur. Alwi *et al.* (2005) menyatakan kesuburan tanah gambut sangat tergantung pada ketebalan gambut, gambut tipis memiliki kesuburan yang lebih baik dari gambut tebal. Kalimantan Tengah memiliki tiga jenis gambut yaitu saprik, fibrik dan hemik (Akbar *et al.*, 2012; Widyati, 2011).

Gambut juga sebagai tempat tinggal mikroorganisme lainnya seperti bakteri dan jamur. Given dan Dickinson (1975) menyatakan genus bakteri yang dapat bertahan hidup pada tanah gambut di Virginia yaitu genus *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Azotobacter*, *Achromabacter*, *Arthrobacter*, *Clostridium*, *Cytophaga*, *Actinomyces*, *Streptomyces* dan *Nocardia*. Famili Arthiorhodaceae juga ditemukan pada tanah gambut, famili ini mampu berfotosintesis dan melakukan perombakan sulfur dan metan. Genus jamur yang ditemukan yaitu golongan *Penicillum*, *Cladosporium*, *Trichoderma*, *Mucor*, *Mortierella*, *Cephalosporium*, *Geotrichum* dan *Fusarium* (Wiliam, 1980). Pada tanah gambut Kanada golongan yang paling banyak ditemukan yaitu Ascomycetes, Basidiomycetes, Chytridiomycetes dan Zigomycetes (Markus dan Adrienne, 2007).

Tabel 1. Golongan Jamur yang ditemukan di Tanah Gambut dari Alberta Tengah, Saskatchewan Timur, Canada, Siberia Barat, dan Rusia yang diidentifikasi berdasarkan Taksomi dan Perbandingan Literatur (Markus dan Adrienne, 2007)

Mikroorganisme	Tipe
Ascomycetes	<i>Acromonium</i>
	<i>Aspergillus</i>
	<i>Oidiodendron</i>
	<i>Penicilium</i>
	<i>Trichoderma</i>
Basidiomycetes	<i>Cryptococcus</i>
	<i>Galerina</i>
	<i>Lactarius</i>
	<i>Mycena</i>
	<i>Omphalina</i>
	<i>Chytridium</i>
	<i>Chytriomycetes</i>
Chytridiomycetes	<i>Phlyctochytrium</i>
	<i>Rhizophydium</i>
	<i>Septosperma</i>
Zygomycetes	<i>Absidia</i>
	<i>Mortierella</i>
	<i>Mucor</i>
	<i>Syncephalis</i>
	<i>Umbeopsis</i>

2.2 Patogen Serangga

Patogen serangga ialah patogen yang berpotensi untuk membuat luka atau membunuh inangnya dan menyebabkan penyakit pada serangga. Patogen masuk ke dalam tubuh serangga melalui dua jalan 1) ketika inang menelan individual patogen selama proses makan (*passive entry*), 2) ketika patogen masuk melalui penetrasi langsung ke kutikula serangga (*active entry*). Perpindahan (*transmission*) penyakit serangga dapat terjadi dari serangga yang sakit ke serangga yang sehat (*horizontal transmission*), dan biasanya juga perpindahan penyakit terjadi dari serangga kepada keturunannya yang dikenal sebagai *vertical transmission*. Seperti mikroorganisme infeksius lainnya, patogen serangga mempunyai perilaku spesifik di udara, air, dan di tempat lain. Karakteristik spesifik dari stadia infeksiif patogen sangat dipengaruhi oleh patogen dan cara menginfeksi inangnya (Atmadja *et al.*, 2009).

Beberapa mikroorganisme yang dapat digunakan sebagai patogen serangga dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Mikroorganisme Patogen Serangga dari Golongan Virus, Bakteri, Jamur, Nematoda dan Protozoa (Flint dan Dreistadt, 1998)

Mikroorganisme	Tipe	Inang
<i>Autographa californica NPV</i>	V	Alfafa looper larvae
<i>Bacillus lentimorbus</i>	B	Japanese beetle larvae, turf grubs, white grubs
<i>Bacillus popilliae</i>	B	Japanese beetle larvae, turf grubs, white grubs
<i>Bacillus sphaericus</i>	B	Mosquito larvae
<i>B. thuringiensis ssp. aizawai</i>	B	Greater wax moth caterpillar in beehives
<i>B. thuringiensis ssp. Kurstaki</i>	B	Caterpillar of butterflies and moths
<i>B. thuringiensis ssp. israelensis</i>	B	Mosquito, blackfly
<i>B.t.ssp sandiego or tenebrio</i>	B	Leaf beetle larvae
<i>Beauveria bassiana</i>	F	Aphids, cricket, grasshoppers, locusts, thrips, whiteflies
<i>Beet armyworm NPV</i>	V	Beet armyworm larvae
<i>Codling moth granulosis virus</i>	V	Codling moth larvae
<i>Douglas fir tussock moth NPV</i>	V	Douglas fir tussock moth larvae
<i>Gypsy moth NPV</i>	V	Gypsy moth larvae
<i>Heliothis moth NPV</i>	V	Bollworm, tobacco budworm
<i>Heterorhabditis bacteriophora</i>	N	Flea beetle, Japanese beetle larvae, root maggots, tuff grubs, weevils, whitw grubs, and soil dwelling insect
<i>Hirsutella thompsonii</i>	F	Citrus rust mite
<i>Lagenidium giganteum</i>	F	Mosquito larvae
<i>Metarhizium anisopliae</i>	F	Cockroaches, flies
<i>Nosema locustae</i>	P	Grasshoppers, crickets. Locusts
<i>Paecilomyces fumosoroseus</i>	F	Aphids, whiteflies
<i>Sawfy NPV</i>	V	Pine sawfy larvae
<i>Steinernema carpocapsae</i>	N	Carpenterworm, clearwing moth larvae, flea beetle, Japanese beetle larvae, root maggots, tuff grubs, weevils, whitw grubs, and soil dwelling
<i>S. feltiae</i>	N	Fungus gnat larvae, and soil dwelling insect

Ket. B: Bacterium, F: Fungus, N: Nematoda, P: Protozoa, V: Virus

1.2.1 Morfologi Bakteri Patogen Serangga

Kemampuan bakteri patogen serangga menginfeksi serangga dipengaruhi oleh toksin yang dihasilkan. Terdapat dua bentuk toksin bakteri. Jenis yang pertama adalah endotoksin. Endotoksin merupakan komponen lipopolisakarida

(LPS) membran luar bakteri Gram negatif berikatan dengan dinding sel bakteri sehingga bentuk protein toksin ini tidak disekresikan ke lingkungan ekstraseluler. Jenis protein toksin yang kedua adalah eksotoksin. Eksotoksin merupakan protein toksin yang disekresikan oleh bakteri Gram negatif ataupun bakteri Gram positif. Protein toksin pada umumnya merupakan bentuk eksotoksin yang dapat dilepaskan atau disekresikan ke lingkungan ekstraseluler dari sel bakteri penghasilnya. Gen penyandi protein toksik biasanya terdapat pada plasmid bakteri. Protein toksin jenis eksotoksin terdiri atas dua subunit. Unit yang pertama merupakan unit yang berikatan pada membran sel dan akan masuk ke dalam sel, sementara unit yang kedua merupakan unit yang memiliki aktivitas toksik. Eksotoksin termasuk ke dalam substansi yang paling toksik dan berperan dalam patogenesis penyakit yang ditimbulkan oleh bakteri patogen (Muliawan, 2009).

Salah satu sub kelas dari eksotoksin adalah enterotoksin, yaitu protein toksin ekstraseluler bakteri yang umumnya memberikan efek toksik pada saluran pencernaan (Akhdia *et al.*, 2007). Bakteri patogen serangga terdapat jenis patogen oportunistik atau fakultatif karena tidak virulen ketika berada dalam saluran pencernaan, tetapi menjadi sangat virulen ketika masuk ke dalam haemolim akibat serangga terluka atau dalam keadaan stres (Mohan *et al.*, 2011).

Bacillus thuringiensis. *B.thuringiensis* (Firmicutes: Bacilli) ialah salah satu agensia patogen yang berpotensi sebagai pengendali hayati. Bakteri ini mempunyai inang yang spesifik, tidak berbahaya bagi musuh alami hama dan organisme non target lainnya, mudah terbiodegradasi oleh lingkungan, serta dapat dinaikkan patogenitasnya dengan teknik rekayasa genetik. *B.thuringiensis* memiliki koloni berwarna putih pucat dan spora berbentuk batang (*basil*) (Gambar 1).



Gambar 1. Makroskopis (Warna Koloni Putih Keruh) dan Mikroskopis (Koloni *Basil* pada Perbesaran 1000 x) *B. thuringiensis* (Salaki, 1995)

B. thuringiensis tergolong dalam bakteri Gram positif yang terdapat di permukaan tanah, berbentuk batang berspora, bersifat anaerob, menghasilkan δ -endotoksin yang merupakan kristal protein bersifat toksik selama masa sporulasi terhadap larva serangga dan mempunyai suhu pertumbuhan minimum 10-15 °C, suhu maksimum 40-45 °C dan suhu optimum 28-30 °C (Khetan, 2001).

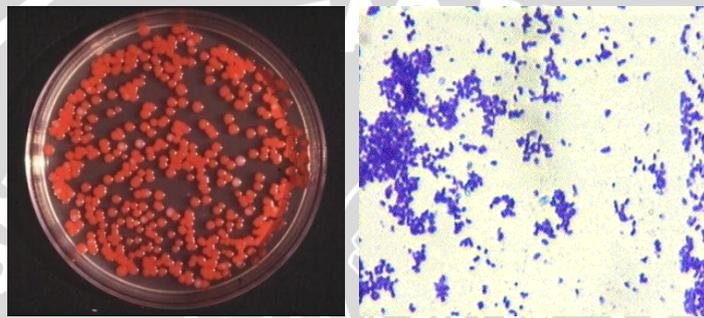
Bakteri *B. thuringiensis* dapat diisolasi dari berbagai sumber yaitu tanah, perairan dan serangga yang telah terinfeksi di lapangan. Salaki (1995) mengisolasi *B. thuringiensis* dari tanah asal Manado dan diujicobakan terhadap larva *S. litura* dan hama pada tanaman padi *Cnaphalocrosis medinalis*. Diperkirakan bahwa strain-strain *B. thuringiensis* dan bakteri patogen serangga lainnya dapat diisolasi dari berbagai tempat di seluruh kepulauan Indonesia. *B. thuringiensis* memiliki bentuk bulat terkadang oval dan berspora. Bakteri ini memiliki tepian datar dan menyambung dengan elevasi timbul, tekstur lembut dan penampakan kusam. Pigmen *B. thuringiensis* ialah hijau kebiruan ketika diamati dalam mikroskop dengan panjang 3-5 mm dan lebar 1,0-1,2 mm (Flint dan Dreistadt, 1998).

***Serratia marcescens*.** *S. marcescens* (Proteobacteria: Gamma Proteobacteria) merupakan bakteri Gram negatif dari keluarga Enterobacteriaceae. Bakteri ini telah lama dikenal dalam dunia penelitian, terutama pada bidang kesehatan karena pernah menjadi penyebab terjadinya infeksi pencernaan pada manusia. Bakteri merah ini dikenal juga dengan nama *Chromobacterium prodigiosum*, karena memiliki kemampuan menghasilkan pigmen merah yang disebut prodigiosin (Grimont dan Patrick, 2006).

Habitat *S. marcescens* berada di air, tanah, permukaan daun, dalam tubuh serangga, hewan, dan manusia (Khanafari *et al.*, 2006). Bakteri ini dapat tumbuh dalam keadaan anaerob. Berdasarkan penelitian yang pernah dilakukan, *S. marcescens* mengalami pertumbuhan yang tinggi pada keadaan anaerob. Bakteri ini memiliki kemampuan hidup pada keadaan ekstrim misalnya pada lingkungan yang terpapar antiseptik, desinfektan, dan pada air destilasi (Mame dan Costerton 1998).

Sel bakteri *S. marcescens* berbentuk basil (bulat lonjong) (Gambar 2) dan beberapa galur membentuk kapsul, bakteri ini juga termasuk organisme yang

bergerak dengan cepat (motil) karena memiliki flagela peritrik. Bakteri *S. marcescens* dapat tumbuh dalam kisaran suhu 5°C sampai dengan 40°C dan dalam kisaran pH antara 5 hingga 9. Salah satu karakteristik dari bakteri ini dapat menghasilkan pigmen merah yang disebut prodigiosin. Warna prodigiosin yang dihasilkan bergantung pada umur biakan, mulai dari warna merah muda hingga merah tua. Berdasarkan penelitian, pigmen biologis yang dihasilkan oleh bakteri ini ternyata memiliki aktivitas antifungal, immunosupresi, dan antiproliferasi (Lauzon *et al.*, 2003).



Gambar 2. Makroskopis (Warna Koloni Merah) dan Mikroskopis (Koloni *Coccus* pada Perbesaran 1000x) *Serratia* sp. (Heiazi dan Falkiner, 1997)

S. marcescens merupakan bakteri yang patogen terhadap serangga karena dapat menghasilkan beberapa enzim hidrolitik seperti protease, kitinase, nuclease, dan lipase yang bersifat toksin (Flyg dan Xanthopoulos, 1983). Bakteri ini juga dapat menghasilkan serrawetin, senyawa surfaktan yang membantu dalam proses kolonisasi. Penelitian mengenai efek virulensi strain *Serratia* terhadap larva *Costelytra zealandica* (ulat rumput New Zealand) juga membuktikan bahwa strain *Serratia* memiliki efek toksik yang tinggi terhadap serangga hama ketika protein toksiknya diinjeksikan ke tubuh serangga (Binglin *et al.*, 2006).

2.2.2 Morfologi Jamur Patogen Serangga

Jamur patogen serangga merupakan salah satu jenis agens hayati yang dapat digunakan untuk mengendalikan hama tanaman. Beberapa kelebihan pemanfaatan jamur patogen serangga dalam mengendalikan hama antara lain mempunyai kapasitas reproduksi yang tinggi, siklus hidupnya pendek, dapat membentuk spora walaupun dalam kondisi yang tidak menguntungkan, relatif

aman, bersifat selektif, relatif mudah diproduksi, dan kemungkinan sangat kecil menyebabkan resistensi pada serangga target (Hall, 1973).

Jamur patogen serangga pada umumnya termasuk dalam kelas Hyphomycetes, famili Moniliaceae. Jamur patogen serangga dicirikan oleh kemampuannya untuk menempel dan menembus kutikula inang dan dapat tumbuh ke bagian internal inang (haemocoel) dan mengkonsumsinya sehingga nutrisi dalam haemolimfa habis oleh pertumbuhan jamur yang begitu cepat. Selain itu, jamur juga dapat menghancurkan jaringan lainnya atau dengan melepaskan toksin yang mengganggu perkembangan inang secara normal (Boucias dan Pendlan, 1998).

Mekanisme jamur patogen serangga dalam menyebabkan kematian inang diawali dengan penempelan dan perkecambahan. Penempelan konidia biasanya terjadi secara pasif dengan bantuan angin atau air, sehingga terjadi kontak antara konidia dengan permukaan integumen serangga dalam waktu yang cukup lama untuk bisa berkecambah dan menginfeksi. Perkecambahan konidia tergantung kelembaban, suhu, cahaya, dan nutrisi. Konidia yang telah berkecambah membentuk tabung kecambah, selanjutnya menembus integumen serangga untuk terus masuk ke dalam haemosel. Proses penetrasi integumen oleh hifa merupakan proses mekanis dan kimiawi dengan mengeluarkan enzim seperti protease, lipase, kitinase, esterase, yang membantu menghancurkan kutikula serangga. Setelah masuk ke dalam haemosel, jamur membentuk tubuh hifa yang kemudian ikut beredar dalam haemolimfa dan membentuk hifa sekunder untuk menyerang jaringan lain seperti jaringan lemak, trakhea, dan saluran pencernaan. Namun sebelum jamur membentuk hifa (poliferasi) dalam haemosel. Adanya perubahan biokimia dalam haemolimfa terutama kandungan protein, defisiensi nutrisi, adanya toksin yang dikeluarkan oleh jamur, dan terjadinya kerusakan jaringan dalam tubuh serangga akan menyebabkan paralisis dan kematian pada serangga. Pada kondisi yang sesuai, jamur tumbuh terus dan akhirnya miselia jamur kembali menembus kutikula ke arah luar tubuh serangga untuk kemudian membentuk konidia (Inglis *et al.*, 2001). Apabila keadaan kurang mendukung, perkembangan saprofit hanya berlangsung dalam jasad serangga tanpa keluar menyeberangi integumen (Santoso, 1993). Tingkat virulensi jamur patogen serangga cenderung

lebih tinggi pada serangga inang utamanya (serangga asal mula jamur pertama kali diisolasi) dibandingkan dengan yang bukan inang utamanya (Martins *et al.*, 2005).

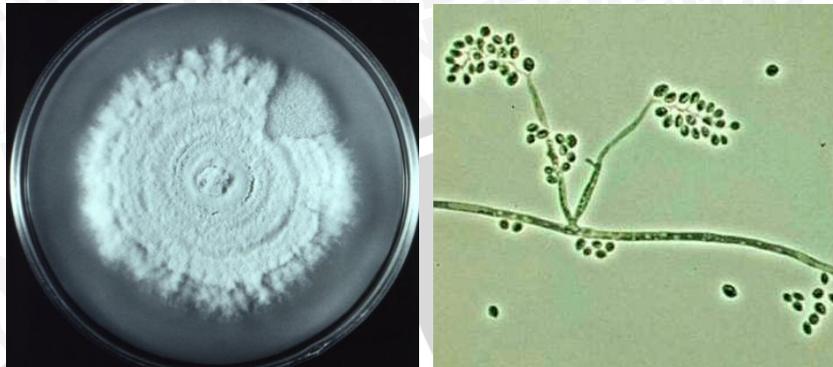
Beauveria bassiana. Menurut klasifikasinya, *B. bassiana* termasuk kelas Hypomycetes, ordo Hypocreales dari famili Clavicipitaceae. Jamur patogen serangga penyebab penyakit pada serangga ini pertama kali ditemukan oleh Agostino bassi di Beauce, Perancis, kemudian mengujinya pada ulat sutera (*Bombyx mori*) (Steinhaus, 1975). Penelitian tersebut bukan saja sebagai penemuan penyakit pertama pada serangga, tetapi juga yang pertama untuk binatang. Sebagai penghormatan kepada Agostino Bassi, jamur ini kemudian diberi nama *B. bassiana* (Kucera dan Samsinakova, 1968).

Jamur *B. bassiana* juga dikenal sebagai penyakit *white muscardine* karena miselia dan konidia (spora) yang dihasilkan berwarna putih, bentuknya oval, dan tumbuh secara zig zag pada konidiopornya. Jamur ini memiliki kisaran inang serangga yang sangat luas, meliputi ordo Lepidoptera, Coleoptera, Hemiptera, Diptera dan Hymenoptera (McCoy *et al.*, 1988).

Mekanisme infeksi dimulai dari melekatnya konidia pada kutikula serangga, kemudian berkecambah dan tumbuh di dalam tubuh inangnya (Effendy *et al.*, 2010). Perkecambahan konidia jamur baik pada integumen serangga maupun pada media buatan umumnya membutuhkan nutrisi tertentu, seperti glukosa, glukosamin, khitin, tepung, dan nitrogen, terutama untuk pertumbuhan hifa (Thomas *et al.*, 1987).

B. bassiana memproduksi toksin yang disebut *beauvericin* (Kucera dan Samsinakova, 1968). Antibiotik ini dapat menyebabkan gangguan pada fungsi hemolimfa dan nukleus serangga, sehingga mengakibatkan pembengkakan yang disertai pengerasan pada serangga yang terinfeksi. Selain secara kontak, *B. bassiana* juga dapat menginfeksi serangga melalui inokulasi atau kontaminasi pakan. Broome *et al.* (1976) menyatakan bahwa 37% dari konidia *B. bassiana* yang dicampurkan ke dalam pakan semut api, *Solenopsis richteri*, berkecambah di dalam saluran pencernaan inangnya dalam waktu 72 jam, sedangkan hifanya mampu menembus dinding usus antara 60-72 jam. Di dalam tubuh inangnya

jamur ini dengan cepat memperbanyak diri hingga seluruh jaringan serangga terinfeksi.



Gambar 3. Makroskopis (Koloni berwarna Putih seperti Kapas) dan Mikroskopis (Konidia bulat kelereng) *B. bassiana* (Liu, 2012)

Serangga yang telah terinfeksi *B. bassiana* akan berhenti makan, sehingga menjadi lemah, dan kematiannya bisa lebih cepat. Serangga yang mati tidak selalu disertai gejala pertumbuhan spora. Kematian serangga biasanya disebabkan oleh kerusakan jaringan secara menyeluruh, akibat toksin yang diproduksi oleh jamur. Serangga yang terbunuh tubuhnya akan berwarna putih karena ditumbuhi konidia *B. bassiana*. 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.

***Metarhizium anisopliae*.** *M. anisopliae* adalah salah satu jamur patogen serangga yang termasuk dalam kelas Pyrenomycetes. Jamur ini biasa disebut dengan *green muscardine fungus* dan tersebar luas di seluruh dunia (Strack 2003). Jamur *M. anisopliae* telah lama digunakan sebagai agen hayati dan dapat menginfeksi beberapa jenis serangga, antara lain dari ordo Coleoptera, Lepidoptera, Homoptera, Hemiptera, dan Isoptera (Gabriel dan Riyanto 1989).

Pada awal pertumbuhan, koloni jamur berwarna putih, kemudian berubah menjadi hijau gelap dengan bertambahnya umur. Koloni dapat tumbuh dengan cepat pada beberapa media seperti *potato dextrose agar* (PDA), jagung, dan beras (Prayogo dan Tengkan, 2002). Miselium bersekat, diameter 1,98–2,97 μm , konidiofor tersusun tegak, berlapis, dan bercabang yang dipenuhi dengan konidia. Konidia bersel satu berwarna hialin, berbentuk bulat silinder dengan ukuran 9,94

x 3,96 μm (Gambar 4). Jamur ini bersifat parasit pada beberapa jenis serangga dan bersifat saprofit di dalam tanah dengan bertahan pada sisa-sisa tanaman (Barnett dan Hunter 1998).

Temperatur optimum untuk pertumbuhan *M. anisopliae* berkisar 22– 27°C (Roddam dan Rath, 1997), walaupun beberapa laporan menyebutkan bahwa jamur masih dapat tumbuh pada temperatur yang lebih dingin. Konidia akan membentuk kecambah pada kelembapan di atas 90% (Millstein *et al.* 1983), namun demikian Milner *et al.* (1997) melaporkan bahwa konidia akan berkecambah dengan baik dan patogenisitasnya meningkat bila kelembapan udara sangat tinggi hingga 100%. Patogenisitas jamur *M. anisopliae* akan menurun apabila kelembapan udara di bawah 86%.

Perubahan morfologi imago ditandai dengan tumbuhnya miselium jamur *M. anisopliae* pada seluruh bagian tubuh yang awalnya berwarna putih dan selanjutnya akan berubah menjadi hijau gelap. Sebelum munculnya miselium, imago mengalami beberapa perubahan warna yaitu dimulai dari warna hijau yang sangat cerah kemudian akan berubah menjadi hijau pucat kemudian berubah lagi menjadi warna kecoklatan dan akhirnya menjadi warna kehitaman dan mengeras. Hal ini sesuai dengan penelitian Boucias dan Pendland (1998) yaitu perubahan warna hitam yang terjadi pada tubuh serangga disebabkan oleh proses melanisasi yang merupakan suatu bentuk pertahanan tubuh serangga melawan patogen.



Gambar 4. Makroskopis (Koloni berwarna Hijau Kekuningan) dan Mikroskopis (Konidia berbentuk Rantai Panjang) *M. anisopliae* (Zhang dan Xia, 2008)

2.3 *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae)

S. litura merupakan hama yang penting pada tanaman pangan maupun pada tanaman perkebunan, karena larva hama ini bersifat polifag. Larva hama ini

sering menyebabkan kerusakan daun pada tanaman kacang-kacangan, jagung, padi, bawang, selada, kapas, tembakau, tebu, dan sawi (Noma *et al.*, 2010).

Telur. Telur berbentuk hampir bulat dengan bagian datar melekat pada daun (kadang tersusun dua lapis), warna coklat kekuning-kuningan, berkelompok (masing-masing berisi 25 – 500 butir) tertutup bulu seperti beludru (Gambar 5). Stadia telur berlangsung selama 3 hari (Noma *et al.*, 2010).



Gambar 5. Telur *S. litura* (Noma *et al.*, 2010)

Larva. Larva yang baru keluar dari kelompok telur pada mulanya bergerombol sampai instar ketiga. Larva berwarna hijau kelabu hitam. Larva terdiri 5-6 instar (Balai Penelitian Tembakau Deli, 2004). Lama stadia larva 17 - 26 hari, yang terdiri dari larva instar 1 antara 5 - 6 hari, instar 2 antara 3 - 5 hari, instar 3 antara 3 - 6 hari, instar 4 antara 2 - 4 hari, dan instar 5 antara 3 - 5 hari. Larva mempunyai warna yang bervariasi, memiliki kalung (bulan sabit) berwarna hitam pada segmen abdomen keempat dan kesepuluh (Gambar 6). Pada sisi lateral dorsal terdapat garis kuning (Noma *et al.*, 2010).



Gambar 6. Larva *S. litura* (Noma *et al.*, 2010)

Ulat yang baru menetas berwarna hijau muda, bagian sisi coklat tua atau hitam kecoklatan, dan hidup berkelompok. Beberapa hari setelah makan, larva menyebar dengan menggunakan benang sutera dari mulutnya. Pada siang hari,

larva bersembunyi di dalam tanah atau tempat yang lembab dan menyerang tanaman pada malam hari atau pada intensitas cahaya matahari yang rendah. Biasanya ulat berpindah ke tanaman lain secara bergerombol dalam jumlah besar (Marwoto dan Suharsono, 2008).

Pupa. Pupa berada di dalam tanah atau pasir. Pupa berbentuk oval memanjang dan berwarna cokelat mengkilat (Gambar 7). Lama stadia pupa 9-14 hari. Ulat berkepompong dalam tanah, membentuk pupa tanpa rumah pupa (kokon) berwarna coklat kemerahan dengan panjang sekitar 1,6 cm. Siklus hidup berkisar antara 30 - 60 hari (lama stadium telur 2 - 4 hari, larva yang terdiri dari lima instar 20 - 46 hari, pupa 8 - 11 hari (Marwoto dan Suharsono, 2008).



Gambar 7. Pupa *S. litura* (Noma *et al.*, 2010)

Imago. Sayap ngengat bagian depan berwarna coklat atau keperakan, dan sayap belakang berwarna keputihan dengan bercak hitam (Gambar 8). Kemampuan terbang ngengat pada malam hari mencapai 5 km.



Gambar 8. Imago *S. litura* (Noma *et al.*, 2010)

Ngengat aktif pada malam hari dan serangga betina bila meletakkan telur dalam bentuk paket dan satu paket bisa mencapai 200-300 butir. Seekor betina bisa meletakkan telur mencapai 800-1000 butir. Dan lama masa hidup imago 5-9 hari. Lama siklus dari hama ini adalah 24 - 41 hari (Marwoto dan Suharsono, 2008).

1.4 Isolasi Bakteri dan Jamur Patogen Serangga

Proses untuk mengetahui jenis mikroorganisme pada suatu ekosistem dilakukan dengan isolasi. Isolasi merupakan proses pemisahan sesuatu, terutama senyawa atau mikroorganisme. Isolasi patogen serangga merupakan proses pemisahan patogen serangga dari tanah maupun serangga sakit sehingga mendapatkan isolat virulen (Goldman dan Green, 2009). Proses isolasi patogen serangga dari tanah menurut Meyling (2007) dapat dilakukan dengan menggunakan metode media selektif dan umpan serangga (*bait method*). Penggunaan media selektif dilakukan dengan penambahan antibiotik seperti kloramfenikol, tetrasiklin atau streptomisin yang berguna untuk menghambat bakteri yang bersifat saprofit oportunistis.

Metode yang digunakan untuk mendapatkan isolat patogen serangga dilakukan dengan menggunakan metode umpan serangga (*bait method*). Metode ini dilakukan dengan menggunakan serangga umpan yaitu ulat hongkong (*Tenebrio molitor*) instar tiga seperti yang dilakukan Hasyim dan Azwana (2003). Dari hasil penelitian yang dilakukan oleh Nuraida dan Hasyim (2009) mengenai eksplorasi jamur patogen serangga pada tanah kubis dengan metode umpan serangga didapatkan beberapa patogen serangga. Patogen serangga yang didapatkan meliputi *Fusarium* sp., *Beauveria* sp., *Metarhizium* sp., *Nomuraea* sp., *Paecilomyces* sp., dan *Ashersonia* sp.

Wibowo *et al.* (2010) telah mengisolasi bakteri dari golongan *Azotobacter*, *Bacillus*, dan *Pseudomonas* dari tanah gambut Kalimantan Timur. Jami'a (2013) melaporkan telah mengisolasi golongan jamur yaitu *Trichoderma* sp., *Monocilium* sp., dan *Penicilium* sp dari tanah gambut di tanah percobaan UIN Suska Riau. Bakteri dan jamur patogen serangga telah dilaporkan terdapat pada tanah gambut Kalimantan Barat, yaitu *B. bassiana*, *M. anisopliae* dan *B. thuringiensis* (Ramadhan dan Kuku, 2012). Setelah didapatkan isolat patogen serangga maka tahapan selanjutnya ialah identifikasi (Goldman dan Green, 2009).

Identifikasi ialah kegiatan memberikan tanda pada golongan barang atau sesuatu. Hal ini dilakukan dengan membedakan komponen yang satu dengan yang lainnya, sehingga suatu komponen dapat dikenal dan masuk dalam golongan tertentu. Identifikasi patogen serangga dapat dilakukan secara makroskopis dan

mikroskopis, serta molekuler. Identifikasi makroskopis pada jamur dan bakteri patogen serangga dilakukan dengan pengamatan warna, bentuk, tepian dan keadaan koloni. Pengamatan secara mikroskopis untuk bakteri dan jamur patogen serangga berdasarkan pengamatan dibawah mikroskop. Pada bakteri mikroskopis selain secara fisiologis juga dengan pengamatan biokimia (Meyling, 2007).

