

I. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Rizosfir adalah daerah sekitar perakaran di mana biologi dan kimia tanah dipengaruhi langsung oleh akar tanaman tingkat tinggi. Tebal daerah rizosfir antar tanaman berbeda. Selama musim tanam, rizosfir memperluas daerah aktivitas biologis. Rizosfir mendukung kehidupan populasi kelompok mikroorganisme tanah karena terdapat senyawa kimia yang dihasilkan akar tanaman (Nietko dan Frankenberg, 1989 dalam Sule dan Oyeyiola, 2012; Kelly, 2005). Rizosfir berperan sebagai habitat jamur patogen serangga. Rizosfir pada ekosistem hutan alami, hutan tropis, lahan pertanian, dan kebun ditemukan jamur patogen serangga yang melimpah (Evans, 1982). Mengingat bahwa rizosfir terlindung dari paparan sinar UV, sering ditemukan jamur patogen serangga dari genus *Beauveria*, *Conidiobolus*, *Metarhizium* dan *Paecilomyces* (Domsch *et al.*, 1980 dalam Sánchez-Peña *et al.*, 2011). Faktor abiotik dan biotik rizosfir dapat mempengaruhi kemampuan bertahan hidup jamur patogen serangga (Asensio *et al.*, 2003).

Rizosfir dengan bahan organik yang tinggi menyediakan sumber nutrisi, oksigen dan air sehingga dapat mendukung kehidupan berbagai kelompok mikroorganisme tanah (Pitojo, 2003; Sánchez-Peña *et al.*, 2011). Jamur yang berhasil diisolasi dari rizosfir di Cina dikelompokkan menjadi tiga, yaitu jamur patogen serangga, jamur patogen oportunistik dan jamur saprofit (Sun dan Liu, 2008). Jamur *Beauveria* sp. dan *Metarhizium* sp. berhasil diisolasi dari rizosfir pakis (Ramadhan dan Hernowo, 2012). Patogen serangga tersebut menyebabkan mortalitas *Spodoptera litura* Fabricius (Lepidoptera: Noctuidae) antara 20 – 30%. Isolasi contoh tanah dari rizosfir kubis diperoleh isolat *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin (Hypocreales: Clavicipitaceae) yang virulen terhadap *Plutella xylostella* Linneaus (Lepidoptera: Plutellidae) dengan menyebabkan mortalitas antara 76,7 – 100% (Utami *et al.*, 2014). Jamur patogen oportunistik *Fusarium* sp. dan *Penicillium* sp., serta jamur patogen serangga *Metarhizium* sp., *Verticillium* sp., *Paecilomyces* sp., dan *Beauveria* sp. diperoleh dari rizosfir

kedelai yang dapat menyebabkan kematian pada *Riptortus linearis* Fabricius (Hemiptera: Alydidae) 5 – 30% (Prayogo, 2006).

Faktor ketinggian tempat dan aplikasi pestisida dapat mempengaruhi keberadaan jamur patogen serangga di rizosfir. Jamur patogen serangga banyak ditemukan pada ketinggian 5 – 1608 m dpl di Spanyol (Quesada-Moraga *et al.*, 2007). Jamur patogen serangga 14,8 % ditemukan di lahan organik sedangkan di lahan konvensional hanya 4,3%. Populasi jamur patogen serangga lebih tinggi di lahan organik, karena tidak adanya aplikasi pestisida kimia sintetis (Klingen *et al.*, 2002). Pestisida, terutama fungisida dapat membunuh inokulum jamur patogen serangga yang bertahan di rizosfir (Todorva *et al.*, 1998 dalam Klingen *et al.*, 2002).

Keberadaan *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin (Hypocreales: Moniliaceae) melimpah di lahan pertanian walaupun mungkin ditemukan *B. bassiana* (Bidochka *et al.*, 1998). Jamur patogen serangga *M. anisopliae* lebih toleran terhadap pestisida daripada *B. bassiana* pada lahan pertanian (Quesada-Moraga *et al.*, 2007). Jamur *Metarhizium* sp. adalah patogen serangga yang berpotensi mengendalikan beberapa serangga hama seperti *S. litura*, *Crocidolomia pavonana* Fabricius (Lepidoptera: Crambidae) dan *P. xylostella* (Prayogo *et al.*, 2005; Rustama *et al.*, 2008; Simamora *et al.*, 2013). Isolat *M. anisopliae* dengan konsentrasi di atas 10^6 konidia/ml dapat menginfeksi telur *S. litura* 67,29 – 71,56% (Asi *et al.*, 2013). Aplikasi jamur patogen serangga *Metarhizium* sp. konsentrasi 10^7 konidia/ml dapat menyebabkan mortalitas nimfa II *R. linearis* mencapai 20% (Prayogo, 2006).

Pada rizosfir cabai ditemukan larva kelompok ulat grayak *S. litura* yang menyerang pada fase vegetatif dan generatif tanaman. Ketika larva *S. litura* yang akan membentuk pupa jatuh ke tanah (Marwoto dan Suharsono, 2008), dapat dikendalikan oleh jamur patogen serangga yang bertahan di rizosfir cabai. Jamur patogen serangga yang berhasil diisolasi dari rizosfir cabai adalah genus *Fusarium*, *Aspergillus*, *Metarhizium* dan *Trichoderma* dari wilayah ketinggian tempat berbeda di Sumatera Barat (Trizelia *et al.*, 2010).

Penelitian eksplorasi jamur patogen serangga di rizosfir dan pengujian patogenisitasnya perlu dilakukan, terutama dari wilayah ketinggian tempat 42 – 1520 m dpl. Pemanfaatan jamur patogen serangga sebagai agens pengendali *S. litura* memerlukan isolat virulen yang berasal dari rizosfir cabai (Trizelia *et al.*, 2010). Penelitian ini menggunakan contoh tanah yang diambil di rizosfir cabai dari berbagai wilayah ketinggian tempat dengan aplikasi pestisida berbeda, untuk meningkatkan peluang diperoleh jenis jamur patogen serangga yang virulen bagi *S. litura*.

Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan jamur patogen serangga dari rizosfir cabai menggunakan metode umpan serangga pada ketinggian tempat 648, 905, 921 dan 1072 m dpl dengan empat intensitas aplikasi pestisida berbeda di Kota Malang dan Batu.

Hipotesis

Hipotesis yang diajukan pada penelitian ini adalah

1. Jamur patogen serangga ditemukan di rizosfir cabai dengan intensitas aplikasi pestisida yang rendah pada ketinggian 921 – 1072 m dpl.
2. Intensitas aplikasi pestisida yang tinggi dapat menekan kehadiran jamur patogen serangga di rizosfir cabai.

Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi pengetahuan tentang jamur patogen serangga yang ada di rizosfir cabai sebagai sarana penyediaan isolat lokal yang virulen bagi larva *S. litura*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Habitat Jamur Patogen Serangga

Rizosfir

Rizosfir berperan sebagai pusat rantai makanan mikroorganisme yang meliputi jamur, bakteri, protozoa, nematoda dan collembola (Kelly, 2005; Widyati, 2013). Kelompok mikroorganisme ini bersifat pengurai atau saprofit menguntungkan yang dapat membantu terjadinya siklus energi dan nutrisi di dalam tanah (Gini *et al.*, 2005 *dalam* Bruck, 2010). Selain itu, pertumbuhan akar tanaman di rizosfir dapat menyediakan air dan berbagai sumber nutrisi bagi mikroorganisme. Sifat kimia dan pH tanah dapat mempengaruhi adaptasi mikroorganisme di rizosfir, sehingga terbentuk berbagai interaksi antara mikroorganisme dengan tanaman seperti patogen, simbiosis dan saprofit (Kelly, 2005).

Senyawa metabolit sekunder yang dihasilkan oleh akar berupa eksudat, sekresi, musigel dan lisat (Sylvia, 2005 *dalam* Widyati, 2013). Eksudat akar mengandung bahan organik yang meliputi asam amino, asam organik, karbohidrat, gula, vitamin, lendir dan protein yang dikeluarkan oleh sel ke ruang antar sel dan tanah sekitarnya (Kelly, 2005). Sekresi akar yaitu bahan organik yang keluar dari akar hasil dari aktivitas metabolit tanaman. Lisat adalah bahan organik yang dihasilkan oleh sel epidermis akar yang telah lisis. Musigel adalah bahan organik yang mengandung selulosa, pektin, pati dan lignin dihasilkan dari degradasi sel ujung akar (Sylvia, 2005 *dalam* Widyati, 2013).

Keberadaan Jamur Patogen Serangga di Rizosfir

Jamur patogen serangga dapat diisolasi dari berbagai rizosfir di seluruh wilayah dengan jenis tanah berbeda. Keberadaannya di rizosfir dipengaruhi interaksi yang terjadi antara jamur, tanaman, serangga dan sumber nutrisi lain di lingkungan. Proses infeksi jamur patogen serangga melalui kontak langsung dengan serangga yang lemah, berbeda dengan patogen lain yang mulai menginfeksi setelah dicerna oleh inang (Cory dan Ericsson, 2010). Jamur patogen serangga mempunyai karakteristik yang spesifik, yang dapat dibedakan menjadi

patogen obligat, saprofit maupun endofit yang mampu mendapatkan sumber nutrisi selain dari serangga (Vega *et al.*, 2009 *dalam* Cory dan Ericsson, 2010).

Kelimpahan jamur patogen serangga obligat di rizosfir berhubungan dengan jumlah spesies serangga inang yang dipengaruhi oleh epizootik. Sedangkan jamur saprofit dan endofit fakultatif tidak memerlukan serangga inang untuk membentuk enzootik, tetapi kehadirannya di alam akan meningkatkan kemungkinan kontak langsung dengan serangga yang lemah (Hajek, 1997 *dalam* Cory dan Ericsson, 2010). Jamur patogen serangga fakultatif dapat mengenali inang yang sesuai dari struktur dan senyawa kimia pada kutikula serangga (Wang dan St. Leger, 2006 *dalam* Cory dan Ericsson, 2010). Jamur patogen serangga biasanya ditemukan dalam bentuk konidia, mudah terkena paparan radiasi ultraviolet dan perubahan iklim mikro sekitar. Ketika konidia melekat pada inang, terjadi perkecambahan membentuk miselium, appressorium dan tabung kecambah yang secara enzimatis merusak kutikula serangga (Hajek, 1997 *dalam* Cory dan Ericsson, 2010).

Jamur patogen serangga peka terhadap iklim mikro. Eksudat tanaman, perubahan tanaman akibat herbivora, topologi dan permukaan daun serta perubahan iklim mikro dapat mempengaruhi jumlah konidia yang menempel pada inang, sporulasi dan perkecambahan jamur patogen serangga. Perilaku inang, kualitas kutikula, ketahanan tubuh inang dan faktor lingkungan lain dapat mempengaruhi efektifitas jamur patogen serangga (Cory dan Ericsson, 2010).

Keberadaan jamur patogen serangga di rizosfir tumbuh sebagai saprofit pada eksudat akar yang menggantikan inang yang lemah (Hu dan St. Leger, 2002 *dalam* Cory dan Ericsson, 2010). Jamur patogen serangga dapat berasosiasi dan mampu bertahan hidup di rizosfir. Dalam eksudat akar tanaman terkandung nutrisi penting meliputi karbohidrat, asam organik, asam amino dan vitamin yang mendukung pertumbuhan miselium, sporulasi dan perkecambahan konidia jamur di tanah (Rovira dan Wildermuth, 1981 *dalam* Talwar, 2005).

Semakin tinggi bahan organik tanah, dapat menarik kehadiran serangga inang sehingga populasi jamur patogen serangga meningkat. Hal ini dapat menciptakan kompetisi dengan mikroorganisme antagonis dan meningkatkan kesesuaian lingkungan bagi fauna mikofagus. Meskipun demikian, konidia jamur

patogen serangga dapat menempel pada kutikula fauna mikofagus dan ditularkan ke serangga inang melalui kontak fisik (Dromph, 2001 dalam Clifton, 2013). Ketika inang rentan muncul, jamur patogen serangga mampu melawan kompetitor saprofit dengan mengeluarkan toksin antibiotik dan mempertahankan nutrisi yang diperoleh dari inang terinfeksi untuk reproduksi konidianya (Hughes *et al.*, 2004 dalam Clifton, 2013).

Kelompok Jamur Patogen Serangga

Sebagian besar spesies jamur patogen serangga tergolong Hyphomycetes, Zygomycetes (ordo Entomophthorales) dan Ascomycetes (genus *Cordyceps* dan *Torribiella*). Patogen ini menyebabkan mikosis pada beberapa serangga anggota Arthropoda dan hampir semua ordo serangga (Bell, 1974 dalam Shahid *et al.*, 2012). Kelompok jamur yang dapat memparasit serangga terdapat lebih dari 500 spesies, misalnya genus *Metarhizium*, *Beauveria*, *Verticillium*, *Nomuraea*, *Entomophthora* dan *Neozygites* (Desphande, 1999 dalam Shahid *et al.*, 2012). Potensi jamur sebagai agens hayati menjanjikan, dapat menginfeksi melalui kontak langsung, mudah diproduksi secara massal dan memiliki inang spesifik (Shahid *et al.*, 2012).

Metarhizium anisopliae ditemukan pada habitat lahan pertanian sedangkan *B. bassiana* berhasil diisolasi dari habitat hutan (Bidochka *et al.*, 1998). *Verticillium lecanii* (Zimmerman) Viegas (Hypocreales: Clavicipitaceae) berpotensi menyerang berbagai serangga tipe mulut pengisap di berbagai ekosistem (Talwar, 2005). Jamur genus *Cordyceps* ditemukan berasosiasi dengan arthropod di hutan tropis, sedangkan *Entomophthora* ditemukan menyerang ordo Diptera di tanaman obat hutan Amazon dan hutan tropis (Evans, 1982). Jamur *Paecilomyces tenuipes* (Peck) Samson (Eurotiales: Trichocomaceae) menyerang larva dan pupa serangga di seresah hutan (Samson dan Evans, 1977 dalam Evans, 1982).

Jamur patogen serangga antara lain *M. anisopliae* diketahui dapat mengendalikan lebih dari 200 spesies serangga dari ordo Coleoptera, Dermoptera, Homoptera, Lepidoptera dan Orthoptera (Moore *et al.*, 1996 dalam Talwar, 2005). *V. lecanii* diketahui dapat menyebabkan mikosis pada serangga ordo Homoptera,

Coleoptera dan Lepidoptera. *B. bassiana* memiliki kisaran inang yang luas meliputi serangga ordo Lepidoptera, Coleoptera, Hemiptera, Diptera maupun Hymenoptera (Talwar, 2005).

Paecilomyces fumosoroseus Bainier (Eurotiales: Trichocomaceae) telah diklasifikasi ulang mempunyai konidiofor yang lurus dalam bentuk tunggal atau bercabang. Terdapat fialid dalam bentuk tunggal, pasangan atau berkelompok pada ujung konidiofor. Konidia terdiri atas satu set yang membentuk suatu rantai, tidak berwarna (hialin) atau hialin agak gelap. Konidia berbentuk bulat sampai lonjong dengan ukuran $\pm 8 \mu\text{m}$ (Malloch, 1997 dalam Susniahti *et al.*, 2005).

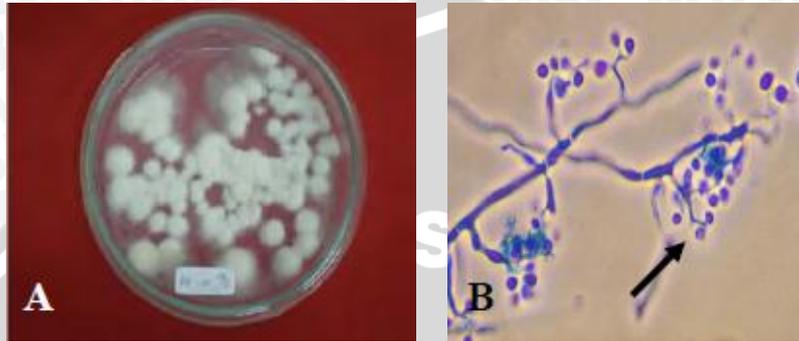
Metarhizium anisopliae (Gambar 1) mempunyai konidiofor berbentuk tongkat, tegak dan bercabang, bersatu membentuk kumpulan kompak atau tidak, membentuk selaput spora. Koloni berbentuk bulat silindris dengan ujung yang bundar. *M. anisopliae* disebut jamur “green muscardine” karena memparasit serangga dengan membentuk massa hijau olive (Barnet dan Hunter, 1998). Jamur *M. anisopliae* menghasilkan cyclopeptida, destruxin dan desmethyldestrusin yang menyebabkan kelainan fungsi lambung tengah, tubulus malphigi, haemocyt dan jaringan otot (Widiyanti dan Mulyadihardja, 2004).



Gambar 1. Jamur *Metarhizium* sp. bentuk koloni *Metarhizium* pada media SDAY (A), mikroskopis isolat *Metarhizium* (B) (Trizelia *et al.*, 2010)

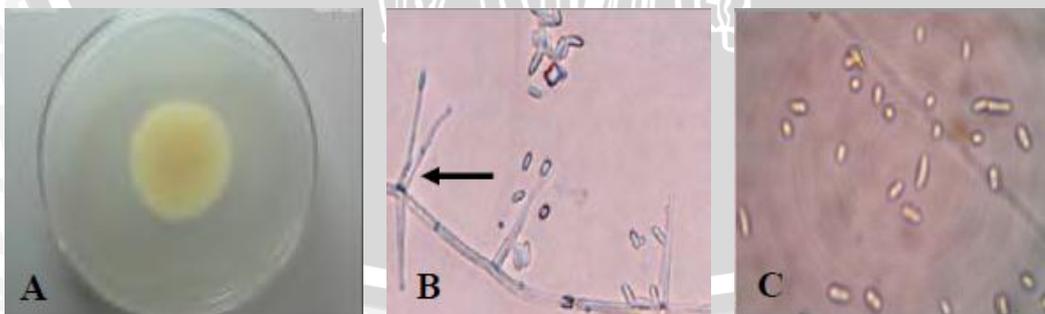
Beauveria bassiana (Gambar 2) mempunyai hifa bersekat, konidia bersel satu dan berbentuk oval agak bulat, tidak berwarna (hialin). *B. bassiana* disebut jamur “white muscardine” karena secara morfologis massa jamur ini berwarna putih (Steinhaus, 1963 dalam Ladja, 2009). Ciri khas *B. bassiana* konidiofor yang bercabang-cabang dan berbentuk zig-zag. Konidia akan tumbuh dan berkembang

setelah 3-7 hari dalam media (Steinhaus, 1963 dalam Talwar, 2005). Beberapa toksin yang dihasilkan oleh *B. bassiana* adalah beauvericin, bassianolide, cyclosporin A dan oosporein (Vey *et al.*, 2001 dalam Talwar, 2005).



Gambar 2. Jamur *B. bassiana*, koloni *B. bassiana* pada media PDA (A), konidiofor *B. bassiana* bercabang-cabang dan berbentuk zig-zag yang ditunjukkan tanda panah (B) (Ladja, 2009)

Verticillium lecanii (Gambar 3) dikenal sebagai jamur “white halo” karena mempunyai massa berwarna putih atau krem menyerupai kapas tipis seperti tidak berwarna pada media PDA maupun media gandum. Ciri khas dari *V. lecanii* konidiofor yang berbentuk fialid seperti huruf V (Alexopoulos dan Mims, 1979 dalam Ladja, 2009). Beberapa toksin yang dihasilkan oleh *V. lecanii* adalah cyclosporin A, dipcolonic acid dan hydroxycarboxylic acid (Vey *et al.*, 2001 dalam Ladja, 2009).



Gambar 3. Jamur *V. lecanii*, koloni *V. lecanii* pada media PDA (A), konidiofor berbentuk fialid yang ditunjukkan tanda panah (B), bentuk konidia *V. lecanii* (C) (Ladja, 2009)

Patogenisitas Jamur Patogen Serangga

Jamur patogen serangga biasanya tumbuh pada tubuh serangga yang mati. Jamur patogen serangga dimanfaatkan sebagai agens pengendali hayati serangga. Keunggulan potensinya berperan sebagai strategi konservasi dan pengendalian hama terpadu (Butt *et al.*, 2001 *dalam* Shahid *et al.*, 2012). Jamur patogen serangga menginfeksi serangga inang dengan berpenetrasi melalui kutikula atau lubang tubuh (Tanada and Kaya, 1993 *dalam* Shahid *et al.*, 2012). Jamur patogen serangga membentuk mekanisme degradasi enzim pada integumen serangga dan melemahkan senyawa pertahanan tubuh serangga (Spatafora *et al.*, 2007 *dalam* Shahid *et al.*, 2012).

Semua jamur patogen serangga memiliki mekanisme yang sama ketika menginfeksi serangga inang yaitu melalui kutikula (Goettel, 1995 *dalam* Goble, 2009). Konidia melakukan kontak langsung dengan inang dengan cara menempel pada kutikula serangga. Apabila kondisi lingkungan mendukung, konidia akan berkecambah dan selanjutnya membentuk appresorium (struktur peg penetrasi) (Inglis *et al.*, 2001 *dalam* Goble, 2009). Kutikula inang adalah baris pertahanan pertama terhadap infeksi jamur dan memiliki peran dalam menentukan spesifisitas jamur. Jika jamur memecah kutikula, keberhasilan infeksi hanya dapat terjadi ketika jamur merespon imun bawaan dari serangga (Hoffman *et al.*, 1999 *dalam* Goble, 2009). Serangga merespon baik seluler maupun humoral terhadap infeksi jamur, dengan aktivasi kekebalan yang terjadi segera setelah kutikula terdegradasi selama tahap penetrasi (Gillespie *et al.*, 2000 *dalam* Goble, 2009). Jamur mengalahkan respon pertahanan inang dengan mengembangkan bentuk-bentuk pertumbuhan samar yang efektif menutupi respon pertahanan serangga, atau dengan produksi zat kekebalan yang menekan sistem pertahanan inang. Appresorium menembus kutikula serangga secara enzimatik akibat degradasi oleh tripsin, metalloprotease dan aminopeptidase (Bidochka dan Small, 2005 *dalam* Goble, 2009). Jamur tumbuh secara vegetatif dalam haemocoel inang dan setelah inang mati, hifa keluar melalui kutikula yang lunak untuk menyebarkan konidia (Inglis *et al.*, 2001 *dalam* Goble, 2009).

Beberapa spesies jamur patogen serangga, seperti *Metarhizium* dan *Beauveria* menghasilkan insektisida peptida siklik yang disebut destruksin dan metabolit beracun yang disebut oosporein (Inglis *et al.*, 2001 dalam Goble, 2009). Strain jamur yang memproduksi racun ini banyak dicari untuk dikomersialkan karena meskipun jamur jarang tumbuh di haemocoel serangga, jamur tersebut membunuh serangga relatif cepat. Strain yang tidak menghasilkan racun ini tumbuh pesat di haemocoel serangga tetapi memakan waktu lebih lama untuk membunuh inang (Bidochka dan Small, 2005 dalam Goble, 2009). Misalnya, perkecambahan *M. anisopliae* akan meningkat pada daun yang memiliki lapisan lilin daripada daun utuh dari berbagai crucifer, eksudat daun dapat meningkatkan perkecambahan dan virulensinya pada *Phaedon cochleariae* Fabricius (Coleoptera: Chrysomelidae) (Inyang *et al.*, 1999 dalam Cory dan Ericsson, 2010). Tanaman inang juga dapat mengubah morfologi serangga. Jika kualitas inhibitor protease tanaman rendah, kutikula akan lebih tipis dan mudah diserang oleh jamur patogen serangga (Cory dan Ericsson, 2010). Ketebalan kutikula kumbang pemakan daun lebih tipis daripada serangga karnivora (Rees, 1986 dalam Cory dan Ericsson, 2010). Hal ini ditunjukkan oleh *Manduca sexta* Linneaus (Lepidoptera: Sphingidae) perbedaan protein dari kutikula asal dapat ditransportasi dari haemolimfa yang berarti bahwa kandungan kutikula dipengaruhi sistem organ (Csikos *et al.*, 1999 dalam Cory dan Ericsson, 2010).

Tingkat kematian *R. linearis* yang diaplikasi enam genus jamur patogen serangga yang diisolasi dari serangga mati, umpan serangga, dan contoh tanah beragam antara 5-30%. Kematian *R. linearis* akibat aplikasi *Paecilomyces* sp. asal Lebak Batang Baru mencapai 25%, *Beauveria* sp. asal Pulung Kencana mencapai 25%, *Verticillium* sp. asal Kaliungu mencapai 20%, *Metarhizium* sp. asal Terbanggi Subing mencapai 20% dan *Verticillium* sp. asal Lebak Batang Baru mencapai 20% (Prayogo, 2006).

Metode aplikasi tetes langsung konidia jamur *M. anisopliae* ke atas permukaan kutikula larva *C. pavonana* menunjukkan bahwa infeksi konidia jamur 10^9 konidia/ml menyebabkan mortalitas larva mencapai 95% dengan waktu kematian tercepat yaitu 4,66 hari (Rustama *et al.*, 2008). Aplikasi jamur patogen

serangga *B. bassiana* dengan media pembawa substrat beras pada media campuran pasir dapat menginfeksi dan menimbulkan kematian pada stadium pupa lalat buah hingga 42,13 % (Ihsan dan Octriana, 2009).

***Spodoptera litura* Fabricius**

Tanaman Inang dan Daerah Penyebaran

Spodoptera litura adalah satu di antara hama bersifat polifag yang termasuk dalam kelas Insecta, ordo Lepidoptera dan famili Noctuidae. *S. litura* menyerang beberapa tanaman pangan maupun tanaman perkebunan di daerah tropis, yaitu kapas, kacang tanah, jagung, padi, kedelai, teh, tembakau, tanaman hortikultura (cabai, kubis, kentang, ubi jalar, mentimun dan lain-lain). Tanaman inang lainnya meliputi tanaman hias, tanaman liar, gulma dan tanaman pohon (misalnya lamtoro) (EPPO, 2005).

Pada perdagangan internasional, telur atau larva terbawa di bahan tanam, bunga potong maupun sayuran. Masuknya *S. litura* di Inggris melalui tanaman air yang diimpor dari Singapura (Aitkenhead *et al.*, 1974 dalam EPPO, 2005).

Morfologi dan Biologi

Spodoptera litura mengalami metamorfosis sempurna karena memiliki 4 stadia hidup, yaitu telur, larva, pupa dan imago (EPPO, 2005). Telur berbentuk hampir bulat berdiameter 0,6 mm dengan dasar melekat pada bagian daun dan dilindungi oleh bulu yang berasal dari bagian ujung abdomen ngengat betina. Biasanya telur berwarna kuning kecoklatan (EPPO, 2005).

Panjang larva mencapai 40 – 45 mm, tidak berbulu dan warnanya bervariasi (abu-abu kehitaman hingga hijau gelap menjadi coklat kemerahan atau kuning pucat). Sisi tubuh membujur warna gelap dan terang, bagian dorsal terdapat dua bintik berbentuk bulan sabit ke arah samping pada setiap segmen, kecuali bagian prothorax. Bintik pada abdomen segmen pertama dan kedelapan lebih besar daripada segmen lainnya, memotong garis lateral pada segmen pertama. Meskipun warna bervariasi, ciri khas larva *S. litura* adalah terdapat garis kuning terang sepanjang permukaan tubuh bagian dorsal (EPPO, 2005). Lama stadia larva

17 – 26 hari yang terdiri dari lima instar (Departemen Pertanian, 1981 *dalam* Laoh *et al.*, 2003).

Pupa *S. litura* berukuran 15 – 20 mm dan berwarna coklat kemerahan. Pupa berbentuk oval memanjang pada ujung abdomen dilengkapi dua tulang punggung kecil. Lama stadia pupa 9 – 14 hari dan berada di dalam tanah atau pasir (EPPO, 2005).

Imago berwarna abu-abu kecoklatan dengan panjang 15 – 20 mm, lebar sayap 30 – 38 mm. Sayap depan berwarna abu-abu hingga coklat kemerahan dengan pola bervariasi dan membujur sepanjang garis pembuluh darah (pada jantan, bercak terjadi pada sayap sisi samping dan ujung); sayap belakang berwarna putih keabu-abuan dan biasanya terdapat garis gelap pada pembuluh darah. Lama masa hidup imago adalah 5 – 9 hari (EPPO, 2005).

Spodoptera litura tergolong hama yang merugikan bagi petani karena memakan daun tanaman yang muda dan buah menjadi robek sehingga dapat menurunkan produksi bahkan gagal panen (EPPO, 2005). Serangan *S. litura* instar I dan II pada tanaman cabai menyebabkan daun-daun berlubang dan terlihat bercak putih transparan karena meninggalkan bagian epidermis atas sehingga fotosintesis terhambat (Nurfalach, 2010).



III. METODOLOGI

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Hama Tumbuhan, Jurusan HPT, FP, UB. Pengambilan contoh tanah dari rizosfir cabai dilakukan di Desa Merjosari, Kecamatan Lowokwaru, Kota Malang, Desa Sumberejo dan Songgokerto, Kecamatan Batu, Kota Batu serta Desa Sumber Gondo, Kecamatan Bumiaji, Kota Batu. Penelitian dilaksanakan mulai bulan Februari sampai dengan Juli 2014.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian yaitu sekop kecil, penggaris, kantong plastik, kotak kedap udara untuk pengambilan contoh tanah. Silinder plastik (d= 9,5 cm dan t= 6 cm) sebagai wadah tanah, kain kassa hitam sebagai penutup silinder plastik. Autoklaf untuk sterilisasi alat dan media tumbuh jamur, *spatula* sebagai pengaduk media tumbuh, *beaker glass* sebagai wadah untuk pembuatan media tumbuh. *Laminar air flow cabinet* (LAFC), cawan Petri (d= 9 cm), pinset, jarum ose dan api bunsen untuk isolasi jamur dari serangga umpan. Kaca preparat untuk pengamatan jamur secara mikroskopis dan perhitungan viabilitas, kamera digital untuk dokumentasi pengamatan makroskopis jamur, termohigrometer untuk mengukur suhu dan kelembaban udara, mikropipet untuk pengambilan suspensi konidia, alat pengocok (*shaker*) untuk perbanyakan konidia, *haemocytometer* untuk perhitungan kerapatan konidia jamur serangga, alat penghitung tangan untuk menghitung jumlah konidia, silinder plastik (d= 12 cm, t= 9 cm) sebagai wadah perbanyakan imago *S. litura*, silinder plastik (d= 5,5 cm dan t= 5 cm) sebagai wadah pakan dan *S. litura* selama pengujian patogenisitas, mikroskop binokuler sebagai alat bantu pengamatan.

Bahan yang digunakan yaitu contoh tanah untuk isolasi jamur patogen serangga, larva *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae) instar III sebagai serangga umpan, alkohol 70% dan natrium hipoklorit (NaOCl) 2% untuk sterilisasi serangga terinfeksi, akuades sebagai bahan pelarut dalam pembuatan media tumbuh. Media *Sabouraud Dextrose Agar Yeast* (SDAY): dekstrosa 40 g,

pepton 10 g, agar 15 g, ekstrak khamir 2,5 g, kloramfenikol 0,5 g dan akuades 1 l. Media ekstrak kentang dekstrose pepton (EKDP): kentang 250 g, dekstrose 20 g, pepton 10 g, chloramphenicol 0,5 g, akuades steril 1 l. Daun bayam sebagai pakan serangga uji, 0,02% minyak Tween 80 sebagai bahan perekat dan larva *S. litura* instar II sebagai serangga uji.

Metode Penelitian

Isolasi Jamur Patogen Serangga

Penentuan lokasi pengambilan contoh tanah. Pengambilan contoh tanah dilakukan dengan metode survei lokasi (Tabel 1) pada rizosfir cabai di Kota Batu di Desa Sumber Gondo ($7^{\circ}49'43.41''S$ $112^{\circ}31'52.21''T$), Desa Songgokerto ($7^{\circ}51'45.03''S$ $112^{\circ}30'35.29''T$), Desa Sumberejo ($7^{\circ}51'25.16''S$ $112^{\circ}30'50.23''T$), dan di Kota Malang di Desa Merjosari ($7^{\circ}56'19.75''S$ $112^{\circ}34'40.95''T$).

Tabel 1. Lokasi pengambilan contoh tanah pada ketinggian dan aplikasi pestisida berbeda oleh petani di rizosfir cabai

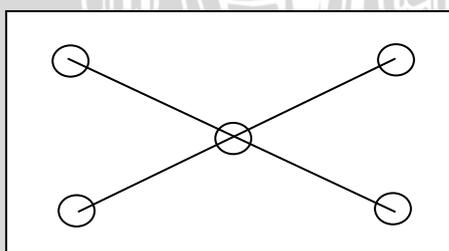
Lokasi	Ketinggian (m dpl)	Intensitas Aplikasi Pestisida
Desa Sumber Gondo, Kec. Bumiaji, Kota Batu	1072	++ (Jika ada serangan)
Desa Songgokerto, Kec. Batu, Kota Batu	921	+ (Tanpa aplikasi)
Desa Sumberejo, Kec. Batu, Kota Batu	905	+++++ (2x setiap minggu)
Desa Merjosari, Kec. Lowokwaru, Kota Malang	648	++++ (1x setiap minggu)

Keterangan: tanda + menunjukkan intensitas aplikasi pestisida yang dilakukan oleh petani, semakin banyak jumlah tanda + artinya semakin tinggi intensitas aplikasi pestisida

Deskripsi teknik budidaya cabai pada masing-masing lokasi pengambilan contoh tanah diperoleh dari wawancara dengan petani pemilik lahan. Di Desa Merjosari ditanam cabai merah varietas Panastik dengan menggunakan jarak tanam 45 x 45 cm dan dipupuk NPK pada umur 20 hari setelah tanam (HST). Pestisida yang digunakan mengandung bahan aktif klorotalonil, mankozeb, propineb, alkil arilalkoksilat dan asam oleat (Suliyono, komunikasi pribadi). Di

Desa Sumberejo ditanam cabai merah varietas Flash dengan menggunakan jarak tanam 40 x 40 cm dan dipupuk NPK pada umur 7 dan 20 HST. Pestisida yang digunakan mengandung bahan aktif difenokonazol, klorotalonil, mankozeb, propineb, alkil arilalkoksilat dan asam oleat (Rohmat, komunikasi pribadi). Di Desa Songgokerto ditanam cabai rawit varietas Jalapeno-antohi rumanian dengan menggunakan jarak tanam 100 x 100 cm dan dipupuk dengan campuran pupuk kandang serta pupuk kompos dan dolomit bila diperlukan. Pemupukan dilakukan sebelum tanam bersama dengan pembuatan bedengan (Supadi, komunikasi pribadi). Di Desa Sumber Gondo ditanam cabai rawit varietas Cakra dengan menggunakan jarak tanam 50 x 50 cm dan dipupuk ZA dan TS pada umur 7 dan 20 HST, sedangkan pupuk kandang diberikan sebelum tanam. Selain itu juga diberikan zat pengatur tumbuh yang mengandung natrium orto nitrofenol, natrium para nitrofenol, natrium 2,4 dinetrofenol dan natrium 5 nitroguaiakol; serta nitrogen, P_2O_5 , K_2O dan $MgSO_4$. Pestisida yang digunakan mengandung bahan aktif propineb dan klorantraniliprol (Tatik, komunikasi pribadi).

Isolasi jamur patogen serangga. Jamur patogen serangga yang digunakan dalam penelitian ini diisolasi dari 5 contoh tanah yang diambil dengan cara menarik garis transek petak diagonal (Gambar 4) pada lahan tanaman cabai pada masing-masing lokasi. Contoh tanah diambil dari titik pengambilan yang terlindung dari paparan sinar matahari.



Keterangan: tanda O adalah titik pengambilan contoh tanah

Gambar 4. Denah Pengambilan Contoh Tanah

Pengambilan contoh tanah dilakukan dengan cara memodifikasi metode Effendy *et al.* (2010). Contoh tanah sebanyak 400 g diambil pada setiap titik pengambilan dengan cara menggali rizosfir cabai pada kedalaman 10 – 15 cm

menggunakan sekop kecil. Tanah dimasukkan ke dalam kantung plastik yang sudah diberi label dan disimpan dalam kotak kedap udara. Contoh tanah hasil survei sebanyak 20 kantung dibawa ke laboratorium.

Jamur patogen serangga dari rizosfir cabai diisolasi dengan metode umpan serangga *T. molitor* yang baru ganti kulit. Larva *T. molitor* yang digunakan untuk metode umpan serangga diperoleh dari koleksi laboratorium hama, Jurusan HPT, FP, UB. Contoh tanah dimasukkan ke silinder plastik kemudian pada masing-masing silinder plastik ditanamkan 20 – 30 ekor *T. molitor* hingga kedalaman 0,5 cm. Tanah dilembabkan dengan akuades steril dan ditutup dengan kain kasa hitam (Effendy *et al.*, 2010). Setiap silinder plastik diberi label sesuai lokasi dan diinkubasi pada suhu kamar yaitu 25 °C. Pengamatan *T. molitor* mulai hari ketiga hingga 14 hari setelah ditanamkan dengan memeriksa setiap silinder plastik apakah ada *T. molitor* yang terinfeksi. *T. molitor* yang permukaan tubuhnya ditumbuhi jamur dibiakkan, kegiatan ini dilaksanakan dalam LAFC yang telah disterilkan dengan alkohol dan disinari UV selama 10 menit. Permukaan *T. molitor* terinfeksi disterilkan dengan NaOCl dan alkohol masing-masing selama 1 menit. Kemudian dibilas dengan akuades dan ditiriskan di atas tisu kering. *T. molitor* diisolasi pada cawan Petri berisi media SDAY dan diinkubasikan selama 20 hari di laboratorium (Effendy *et al.*, 2010). Apabila terdapat lebih dari satu koloni jamur yang tumbuh pada satu cawan Petri, maka dilakukan purifikasi untuk memisahkan setiap koloni yang berbeda secara makroskopis. Purifikasi dilakukan dengan mengambil koloni yang berbeda menggunakan jarum ose dan dibiakkan lagi pada cawan Petri yang berisi media SDAY. Jamur yang telah tumbuh membentuk miselium diambil dengan jarum ose kemudian diletakkan pada kaca obyek dan ditutup dengan kaca penutup. Preparat diinkubasi selama 2 – 3 hari pada nampan yang diberi alas tisu lembab dan ditutup dengan plastik wrap. Kemudian diamati morfologi mikroskopis menggunakan mikroskop dengan perbesaran 400x (Utami *et al.*, 2014).

Variabel yang diamati yaitu ciri makroskopis dan mikroskopis jamur. Ciri makroskopis yang diamati adalah warna jamur dan koloni jamur. Pengamatan mikroskopis jamur meliputi bentuk morfologi hifa, konidia, sporangium dan

konidiofor serta ciri khusus yang akan menentukan jenis jamur (Rosmini dan Lasmini, 2011).

Data hasil isolasi dianalisis dengan identifikasi menggunakan buku acuan Barnett dan Hunter (1998) dan ditampilkan melalui gambar pengamatan yang diambil menggunakan spesifikasi mikroskop (Arif *et al.*, 2009).

Pengujian Patogenisitas Jamur Patogen Serangga

Penyiapan suspensi konidia. Konidia jamur diperbanyak sebelum perlakuan uji patogenisitas dengan cara mengkulturkan isolat yang diperoleh dari rizosfir cabai pada media SDAY dalam cawan Petri pada suhu 25 °C selama 15 hari. Setelah 15 hari, jamur sudah membentuk konidia dan memenuhi cawan Petri. Pemanenan konidia jamur dilakukan dengan memodifikasi metode Trizelia *et al.* (2011) yaitu dengan menambahkan 20 ml akuades steril dan 0,02% Tween 80 sebagai bahan perata ke dalam cawan Petri dan konidia dikocok perlahan selama 3 menit serta diluruhkan dengan L stik. Hasil pemanenan konidia berbentuk suspensi jamur disaring menggunakan kertas saring steril. Suspensi dimasukkan dalam tabung erlenmeyer kemudian kerapatan dan viabilitas konidia dihitung dengan menggunakan *haemocytometer*.

Perhitungan kerapatan konidia mengacu pada metode yang dilakukan Effendy *et al.* (2010) yang dimodifikasi yaitu dengan cara suspensi diambil sebanyak 0,1 ml menggunakan mikropipet dan diteteskan pada *haemocytometer*. Kerapatan konidia dihitung di bawah mikroskop binokuler perbesaran 400x, dengan menggunakan rumus Gabriel dan Riyatno (1989) dalam Herlinda *et al.* (2006) sebagai berikut:

$$C = \frac{t}{(n \cdot x)} \times 10^6$$

yang C adalah kerapatan spora per ml larutan, t adalah jumlah total spora dalam kotak sampel yang diamati, n adalah jumlah kotak sampel (5 kotak besar x 16 kotak kecil), x adalah 0,25 faktor koreksi penggunaan kotak sampel skala kecil pada *haemocytometer*.

Viabilitas konidia dihitung setelah 24 jam inkubasi menggunakan metode Salim *et al.* (2008) yang dilakukan dengan cara mengambil 1 ml suspensi konidia dan ditetaskan pada kaca obyek kemudian ditutup dengan kaca penutup. Jumlah konidia berkecambah dan tidak berkecambah dihitung pada bidang pandang di bawah mikroskop dengan perbesaran 400x. Perhitungan viabilitas konidia menggunakan rumus Gabriel dan Riyatno (1989):

$$V = \frac{g}{(g + u)} \times 100\%$$

yang V adalah viabilitas konidia, g adalah jumlah konidia yang berkecambah, u adalah jumlah konidia tidak berkecambah.

Pemilihan isolat untuk uji patogenesis pada *S. litura* berdasarkan viabilitas konidia tertinggi. Apabila kerapatan konidia suspensi isolat yang akan digunakan untuk uji patogenesis masih belum mencapai kerapatan yang diinginkan, maka suspensi isolat diperbanyak pada media EDKP. Suspensi isolat dimasukkan ke dalam media EKDP dengan perbandingan 1:10, kemudian dikocok selama 48 jam dengan kecepatan 125 rpm. Setelah 48 jam, suspensi diletakkan pada kondisi statis selama 7 hari. Kerapatan konidia dihitung kembali setelah 7 hari inkubasi.

Jamur patogen serangga yang digunakan untuk uji patogenesis adalah empat isolat *Metarhizium* sp. yang berbeda secara makroskopis. Pada umur biakan yang sama, terdapat perbedaan warna dan bentuk koloni, sehingga diperoleh isolat *Metarhizium* sp. 1, *Metarhizium* sp. 2, *Metarhizium* sp. 3, dan *Metarhizium* sp. 4.

Penyiapan serangga uji. Perbanyak *S. litura* dilakukan dengan cara memodifikasi metode Fitriani *et al.* (2011). Larva *S. litura* yang akan dibiakkan diambil dari pertanaman cabai. Kemudian larva yang terkumpul dipelihara dalam silinder plastik, setiap silinder plastik diisi satu ekor larva. Larva diberi pakan berupa daun bayam hingga larva berubah menjadi pupa. Selanjutnya pupa dipindahkan dan dikumpulkan pada silinder plastik yang baru hingga menjadi imago.

Imago *S. litura* dipindahkan ke silinder plastik yang diberi alas daun kubis sebagai tempat peletakan telur. Madu disediakan di dalam silinder plastik sebagai

pakan imago *S. litura*. Penyajian madu untuk pakan dilakukan dengan cara membasahi kapas ke dalam cairan madu. Kapas kemudian diikat dengan karet gelang dan digantung di bagian tutup silinder plastik. Setelah imago bertelur dan menetas, larva yang baru menetas dipindahkan pada silinder plastik sebagai tempat pembiakan. Larva diberi pakan daun bayam yang sudah dibersihkan dengan akuades steril. Larva dipelihara hingga jumlahnya mencukupi untuk digunakan sebagai serangga uji.

Uji patogenisitas jamur patogen serangga. Pelaksanaan uji patogenisitas merujuk pada metode Asi *et al.* (2013). Penelitian dirancang dengan Rancangan Acak Lengkap. Perlakuan terdiri dari 4 isolat jamur patogen serangga yang diisolasi pada setiap contoh tanah yang diambil dari rizosfir cabai. Inokulasi dilakukan dengan cara mencelupkan 20 ekor larva *S. litura* instar II ke dalam suspensi isolat jamur yang mengandung 10^6 konidia/ml selama 30 detik. Inokulasi dilakukan pada sore hari. Perlakuan kontrol adalah larva *S. litura* yang dicelupkan ke dalam akuades steril. Kemudian larva *S. litura* dipindahkan ke silinder plastik yang sudah berisi pakan. Pakan untuk larva *S. litura* menggunakan 3 – 5 helai daun bayam yang sudah disterilkan dengan 0,1% NaOCl dan akuades steril sebanyak dua kali. Setelah 24 jam, pakan diganti setiap hari dengan daun yang tidak diberi perlakuan. Perlakuan tersebut adalah

- 1 = diperlakukan dengan akuades steril (kontrol)
- 2 = diinokulasi suspensi isolat *Metarhizium* sp. 1
- 3 = diinokulasi suspensi isolat *Metarhizium* sp. 2
- 4 = diinokulasi suspensi isolat *Metarhizium* sp. 3
- 5 = diinokulasi suspensi isolat *Metarhizium* sp. 4

Setiap perlakuan diulang sebanyak lima kali, sehingga terdapat 25 satuan percobaan.

Variabel pengamatan meliputi waktu kematian, persentase mortalitas larva uji dan gejala infeksi isolat jamur serangga yang dibandingkan dengan kontrol. Pengamatan dilakukan setiap hari selama 10 hari setelah inokulasi.

Waktu kematian adalah lama waktu yang dibutuhkan oleh jamur hingga menyebabkan kematian pada serangga uji. Waktu kematian diamati dengan cara menghitung jumlah larva yang mati setiap hari pengamatan. Perhitungan lama waktu kematian menggunakan rumus (Edde dan Amatobi, 2003 *dalam* El-Hawary dan El-Salam, 2009):

$$\text{Waktu kematian} = \frac{X_1Y_1 + X_2Y_2 + X_nY_n}{\text{Jumlah kematian } X}$$

yang X adalah jumlah larva yang mati pada satu hari pengamatan, Y adalah hari pengamatan ke-, n adalah banyaknya hari pengamatan.

Mortalitas larva uji adalah parameter pengukuran terhadap banyaknya larva *S. litura* yang mati akibat infeksi oleh jamur. Larva yang mati terinfeksi jamur ditandai dengan tubuh larva yang mengeras, mengalami penyusutan ukuran dan di permukaannya ditumbuhi hifa jamur berwarna putih. Pengamatan persentase mortalitas larva *S. litura* yang diberi perlakuan dihitung dengan menggunakan rumus Abbott:

$$\% \text{ Mortalitas larva} = \frac{\text{Jumlah larva yang mati}}{\text{Jumlah larva uji}} \times 100 \%$$

Gejala infeksi jamur meliputi perubahan aktivitas gerak dan aktivitas makan serta ukuran tubuh dari larva *S. litura* yang didiskripsikan sejak muncul gejala sampai dengan pengamatan hari ke 10 dan ditampilkan melalui foto dokumentasi.

Data lama waktu kematian dan persentase mortalitas larva *S. litura* II dianalisis dengan uji F pada taraf nyata 5%. Bila terdapat pengaruh yang nyata pada perlakuan, maka dilanjutkan dengan uji BNT pada taraf nyata 5%.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Jenis Jamur Patogen Serangga di Rizosfir Cabai

Jenis jamur patogen serangga yang berhasil diisolasi dari contoh tanah rizosfir cabai pada lokasi eksplorasi di Kota Malang dan Batu adalah empat genus, yaitu *Penicillium*, *Aspergillus*, *Metarhizium* dan *Fusarium* (Tabel 2).

Tabel 2. Jenis isolat jamur yang berhasil diisolasi dari berbagai contoh tanah di rizosfir cabai

Nama Desa	Ketinggian (m dpl)	Aplikasi pestisida	Genus Jamur	Isolat
Sumber Gondo	1072	++	<i>Aspergillus</i> <i>Metarhizium</i>	Sg- Asp ₁ ; Sg- Asp ₂ ; Sg- Asp ₃ ; Sg- Asp ₄ Sg- Met ₁ ; Sg- Met ₂ ; Sg- Met ₃ ; Sg- Met ₄
Songgokerto	921	+	<i>Fusarium</i> <i>Aspergillus</i>	Sk- Fus ₁ ; Sk- Fus ₂ Sk- Asp ₁
Sumberejo	905	+++++	<i>Aspergillus</i>	Sr- Asp ₁ ; Sr- Asp ₂
Merjosari	648	++++	<i>Penicillium</i>	Mj- Pen ₁ ; Mj- Pen ₂
Keterangan:	Mj = Merjosari, Sg = Sumber Gondo, Sr = Sumberejo, Sk = Songgokerto Pen = <i>Penicillium</i> , Asp = <i>Aspergillus</i> , Met = <i>Metarhizium</i> , Fus = <i>Fusarium</i>			

Dari Desa Sumber Gondo dan Songgokerto ditemukan 2 jenis jamur, sedangkan di Desa Merjosari dan Sumberejo hanya 1 jenis jamur. *Aspergillus* sp. ditemukan pada tiga rizosfir cabai, sedangkan *Metarhizium* sp. hanya ditemukan pada satu lokasi yaitu di Sumber Gondo. Hasil penelitian Trizelia *et al.* (2010) menyatakan bahwa *Metarhizium* sp. hanya ditemukan pada satu lokasi di Solok, sementara *Aspergillus* sp. ditemukan menyebar pada tiga lokasi rizosfir cabai di Sumatera Barat.

Pada ketinggian 921 – 1072 m dpl ditemukan 11 isolat jamur dari 4 genus jamur patogen serangga, sedangkan pada ketinggian 648 – 905 m dpl hanya ditemukan 4 isolat jamur dari 2 genus. Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya bahwa di dataran tinggi lebih banyak ditemukan isolat jamur dengan jumlah 18 isolat, sementara di dataran rendah hanya ditemukan 8 isolat jamur (Trizelia *et al.*, 2010). Hal ini diperkuat oleh Quesada-Moraga *et al.* (2007) bahwa

keberadaan dan distribusi jamur patogen serangga di dalam tanah dipengaruhi oleh ketinggian, suhu dan jenis tanah.

Perbedaan jumlah dan jenis jamur patogen serangga yang diperoleh pada penelitian ini tampaknya juga disebabkan oleh faktor intensitas aplikasi pestisida. Semakin tinggi intensitas aplikasi pestisida, semakin rendah populasi jamur patogen serangga di rizosfir. Hasil wawancara dengan petani pada lokasi dengan intensitas aplikasi pestisida tinggi, pestisida yang digunakan mengandung bahan aktif mankozeb dan propineb yang tergolong fungisida. Pada lokasi tersebut masih ditemukan satu jenis jamur, yaitu isolat jamur *Penicillium* sp. di Merjosari dan *Aspergillus* sp. di Sumberejo. Tampaknya jamur *Penicillium* dan *Aspergillus* sudah beradaptasi dengan fungisida yang sering diaplikasikan, sehingga masih ditemukan di rizosfir cabai dengan intensitas aplikasi pestisida tinggi. Menurut Meyling dan Eilenberg (2007), kehidupan jamur patogen serangga di rizosfir dipengaruhi oleh penggunaan pestisida kimia sintetik, tekstur tanah, pengolahan tanah, radiasi UV sinar matahari, suhu, kelembaban dan pH tanah. Penelitian sebelumnya juga dilaporkan bahwa di agroekosistem lahan pertanian, aplikasi pestisida pada tanaman budidaya dapat menekan jamur *B. bassiana* dan *M. anisopliae* (Meyling dan Eilenberg, 2007).

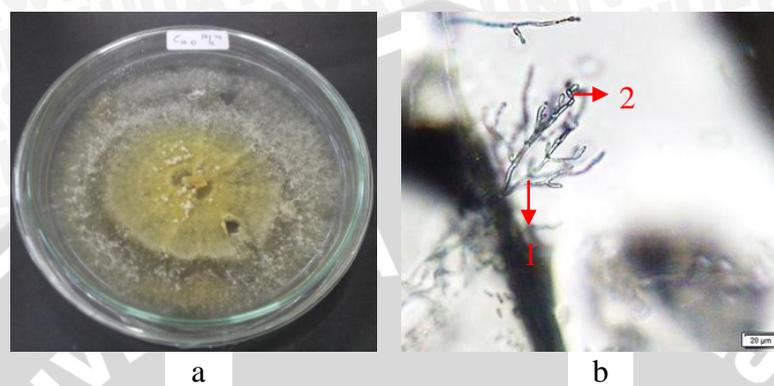
Berdasarkan pengamatan isolasi dan identifikasi diperoleh diskripsi karakteristik makroskopis dan mikroskopis jenis jamur patogen serangga dari rizosfir cabai pada media biakan SDAY adalah sebagai berikut.

1. Jamur *Metarhizium* sp.

Karakteristik makroskopis. Warna koloni pada umur empat belas hari kuning kehijauan. Bentuk koloni membulat dan memusat, koloni tidak membentuk lingkaran konsentris. Tekstur permukaan kasar seperti bergaris dan koloni rapat (Gambar 5a). Menurut Trizelia *et al.* (2010), koloni *Metarhizium* sp. mula-mula berwarna putih, kemudian berubah menjadi hijau gelap dengan bertambahnya umur (Gambar 6a).

Karakteristik mikroskopis. Hifa bersekat berwarna hialin dan tidak rapat. Konidiofor tegak dan bercabang yang dipenuhi dengan konidia. Konidia berbentuk bulat silindris. Ciri khusus jamur *Metarhizium* yaitu konidiofor tegak berwarna hialin dan bercabang (Gambar 5b). Miselium *Metarhizium* sp. bersekat,

konidiofor tersusun tegak, dan bercabang dipenuhi dengan konidia (Gambar 6b). Konidiana bersel satu berwarna hialin, berbentuk silinder ukuran $9,9 \times 3,9 \mu\text{m}$ (Effendy *et al.*, 2010).



Gambar 5. Jamur *Metarhizium* sp. yang berumur 14 hari pada media SDAY, a: karakteristik makroskopis koloni isolat Sg-Met₄, b: karakteristik mikroskopis isolat Sg-Met₄ (1) konidiofor, (2) konidia (perbesaran 400x)

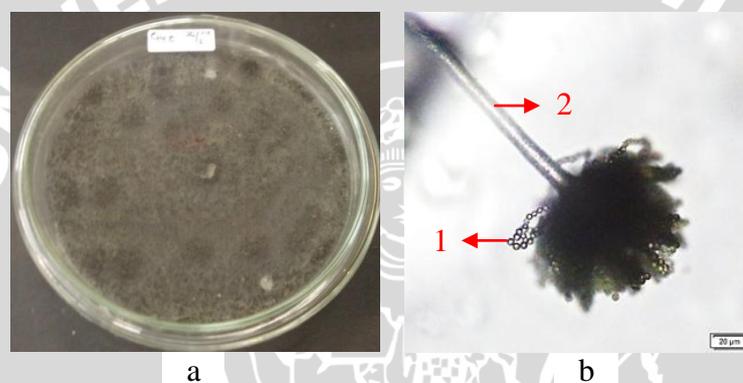


Gambar 6. Jamur *Metarhizium* sp. a: karakteristik makroskopis koloni pada media SDAY, b: karakteristik mikroskopis isolat *Metarhizium* sp. (Trizelia *et al.*, 2010)

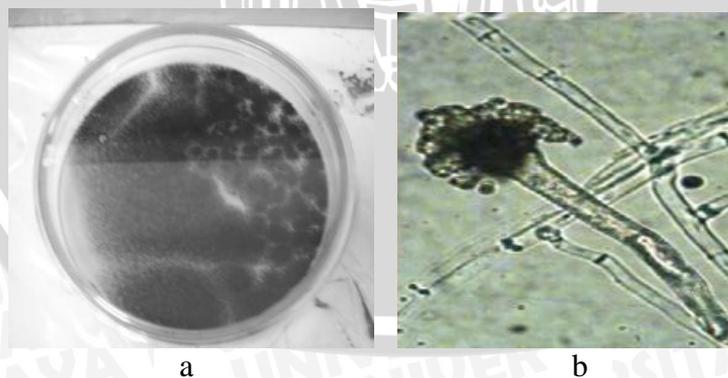
2. Jamur *Aspergillus* sp.

Karakteristik makroskopis. Warna koloni pada umur empat belas hari putih kehitaman. Bentuk koloni membulat tidak beraturan, koloni menyebar seluruh petri dan tidak membentuk lingkaran konsentris. Tekstur permukaan kasar dan koloni rapat (Gambar 7a). Hal ini berbeda dengan hasil penelitian Rosmini dan Lasmini (2010) yang melaporkan bahwa koloni jamur *Aspergillus* berwarna putih kehijauan.

Karakteristik mikroskopis. Hifa bersekat berwarna hialin dan tidak rapat. Konidia berwarna gelap, berbentuk bulat, konidia berantai dan bergerombol bentuknya membulat di ujung fialid. Konidiofor tidak bersekat, tidak bercabang dan panjang. Ciri khusus jamur *Aspergillus* yaitu konidiofor panjang hialin dan ujungnya menggebung bernama vesikel (Gambar 7b). Pada penelitian Soewarno *et al.* (2012) *Aspergillus* mempunyai ciri khas yakni konidiofor panjang dan tegak bertumbuh ke arah udara (Gambar 8a), dan di ujung konidiofor tampak suatu struktur bulat atau bulat tapi bagian bawah seperti agak datar (rantai konidia yang tumbuh dari vesikel) (Gambar 8b).



Gambar 7. Jamur *Aspergillus* sp. yang berumur 14 hari pada media SDAY, a: karakteristik makroskopis koloni isolat Sr-Asp₂, b: karakteristik mikroskopis isolat Sr-Asp₂ (1) konidia, (2) konidiofor (perbesaran 400x)



Gambar 8. Jamur *Aspergillus* sp. a: karakteristik makroskopis koloni pada media PDA (Rosmini dan Lasmini, 2010), b: karakteristik mikroskopis isolat *Aspergillus* sp. (Trizelia *et al.*, 2010)

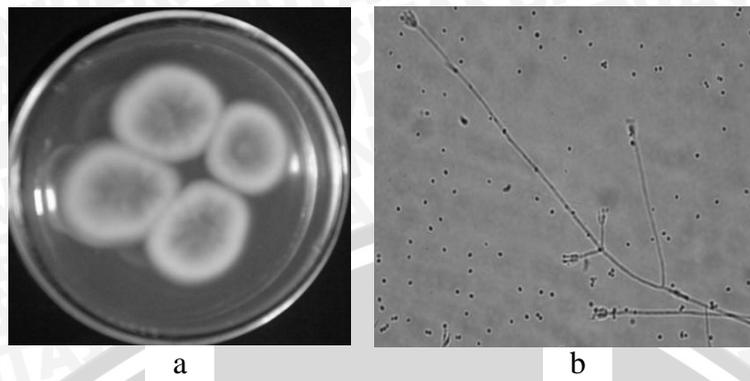
3. Jamur *Penicillium* sp.

Karakteristik makroskopis. Warna koloni pada umur empat belas hari hijau kecoklatan. Bentuk koloni membulat dan agak menggunung, koloni menyebar seluruh petri dan tidak membentuk lingkaran konsentris. Tekstur permukaan kasar seperti bertepung dan koloni rapat (Gambar 9a). Koloni *Penicillium* sp. biasanya berwarna hijau, terkadang putih (Gambar 10a), sebagian besar memiliki konidiofor (Gams *et al.*, 1987 dalam Purwantisari dan Hastuti, 2009).

Karakteristik mikroskopis. Hifa bersekat berwarna hialin. Konidia berwarna hialin, berbentuk bulat. Konidiofor tegak, ramping, pada ujung konidiofor terdapat fialid, tidak bersekat, konidiofor bercabang dan jumlah fialid 3 – 4. Ciri khusus jamur *Penicillium* yaitu tekstur koloni menggunung, konidiofor tunggal/bercabang, terdapat 3 – 6 fialid di ujung konidiofor (Gambar 9b). Pada penelitian Soewarno *et al.* (2012) karakteristik *Penicillium* sp. konidia di ujung fialid membentuk rantai panjang. Konidiofor bisa secara tunggal atau bercabang kemudian di ujung konidiofor dapat terbentuk metula (Gambar 10b).



Gambar 9. Jamur *Penicillium* sp. yang berumur 14 hari pada media SDAY, a: karakteristik makroskopis koloni isolat Gt-Pen₁, b: karakteristik mikroskopis isolat Gt-Pen₁ (1) fialid, (2) konidiofor, (3) konidia (perbesaran 400x)

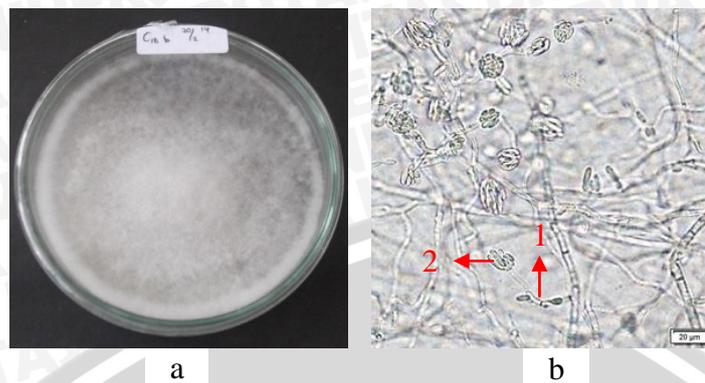


Gambar 10. Jamur *Penicillium* sp. a: karakteristik makroskopis koloni pada media SDAY, b: karakteristik mikroskopis isolat *Penicillium* sp. (Purwantisari dan Hastuti, 2009)

4. Jamur *Fusarium* sp.

Karakteristik makroskopis. Warna koloni pada umur empat belas hari putih. Bentuk koloni bulat dan memusat. Koloni membentuk lingkaran konsentris. Tekstur permukaan kasar, agak tebal dan koloni rapat (Gambar 11a). Koloni jamur *Fusarium* berwarna putih, selanjutnya berubah menjadi putih kekuningan dan merah muda (Gambar 12 a). Jamur ini mempunyai miselium yang cukup banyak sehingga menyerupai kapas (Trizelia *et al.*, 2010).

Karakteristik mikroskopis. Hifa bersekat berwarna hialin dan tidak rapat. Konidiofor tegak, bersekat dan tunggal, konidia bergerombol di ujung konidiofor. Konidia berwarna hialin berbentuk oval. Ciri khusus jamur *Fusarium* yaitu konidiofor tegak berwarna hialin. Konidia berbentuk oval dan bergerombol sekitar konidiofor (Gambar 11b). Pada penelitian Soewarno *et al.* (2012) Jamur ini mempunyai makrokonidia berbentuk seperti bulan sabit, kano, atau agak berbelok dan ujungnya meruncing. Makrokonidia bervariasi jumlah septanya dan hialin (Gambar 12b).



Gambar 11. Jamur *Fusarium* sp. yang berumur 14 hari pada media SDAY, a: karakteristik makroskopis koloni isolat Sk-Fus₂, b: karakteristik mikroskopis isolat Sk-Fus₂ (1) konidiofor, (2) konidia (perbesaran 400x)



Gambar 12. Jamur *Fusarium* sp. a: karakteristik makroskopis koloni pada media SDAY, b: karakteristik mikroskopis isolat *Fusarium* sp. (Trizelia *et al.*, 2010)

Patogenisitas Isolat Jamur *Metarhizium* sp. pada *S. litura*

Aplikasi suspensi konidia jamur *Metarhizium* sp. berpengaruh terhadap perubahan perilaku larva *S. litura* instar II. Larva yang terinfeksi jamur ditandai dengan turunnya nafsu makan, pergerakan tubuh lambat, apabila diberi sentuhan dengan kuas akan menghindar. Pada awal infeksi, larva tampak berwarna coklat kehitaman, tubuh kaku (Gambar 13b). Tahap selanjutnya ukuran tubuh larva menyusut, mengkerdil. Kemudian muncul miselia yang tumbuh di permukaan kutikula larva terutama pada bagian ekor. Akan tetapi tidak semua larva terinfeksi akan muncul hifa yang tumbuh keluar dari kutikula. Pada penelitian Simamora *et al.* (2013) aplikasi jamur *M. anisopliae* terhadap larva *P. xylostella* menunjukkan gejala infeksi yang ditandai dengan perubahan warna kutikula serangga yang telah

mati menjadi gelap. Tubuh larva tampak mengeras seperti mumi dan kering, kemudian jamur akan membentuk koloni di sekitar tubuh larva. Setelah serangga mati, jamur akan terus melanjutkan siklus fase saprofitik, yaitu jamur akan membentuk koloni di sekitar tubuh inang.



Gambar 13. Larva *S. litura* instar II, a: morfologi larva sehat, berwarna hijau, b: morfologi larva terinfeksi isolat Sg-Met₄ berwarna coklat kehitaman, tubuh kaku dan mengkerdil serta miselium tumbuh keluar dari kutikula

Mortalitas Larva *S. litura* Instar II

Hasil analisis statistika menunjukkan bahwa uji empat isolat *Metarhizium* sp. berpengaruh secara nyata terhadap tingkat mortalitas larva *S. litura* instar II (Tabel Lampiran 7). Tingkat kematian *S. litura* antar isolat sama akan tetapi berbeda dengan perlakuan kontrol (Tabel 3).

Tabel 3. Rata-rata persentase mortalitas larva *S. litura* instar II setelah diinokulasi dengan berbagai isolat jamur *Metarhizium* sp. pada konsentrasi 10⁶ konidia/ml

Isolat Jamur <i>Metarhizium</i> sp. dan Kontrol	Pengamatan Pada (HSI)								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Kontrol	1 a	2 a	2 a	2 a	2 a	2 a	2 a	2 a	2 a
Sg- Met ₁	2 a	3 a	15 b	33 b	37 b				
Sg- Met ₂	0 a	0 a	7 ab	29 b	30 b				
Sg- Met ₃	0 a	1 a	6 ab	16 ab	22 ab				
Sg- Met ₄	0 a	10 a	32 ab	46 b	47 b				

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata dengan uji BNT ($p > 0,05$); data ditransformasi menggunakan arcsin $\sqrt{x+0,5}$

Isolat yang paling virulen untuk mematikan larva *S. litura* yaitu isolat *Metarhizium* sp. 4, karena menyebabkan mortalitas tertinggi, 47%. Meskipun viabilitas konidia masing-masing isolat rendah, karena kurang dari 80% (Tabel Lampiran 2), konidia masih mampu mempenetrasi *S. litura*. Berdasarkan penelitian ini, isolat *Metarhizium* sp. 4 lebih virulen daripada isolat *Metarhizium* sp. pada penelitian Prayogo (2006), yang menyebabkan mortalitas nimfa II *R. linearis* 20%. Faktor lain yang menyebabkan mortalitas berbeda tampaknya adalah ketahanan tubuh serangga. Serangga uji yang digunakan pada penelitian ini yaitu larva *S. litura* instar II yang kutikulanya masih lunak, sehingga konidia dapat menembus dan berkecambah. Hal ini diperkuat oleh Prayogo *et al.* (2005), bahwa umur instar serangga dapat mempengaruhi keberhasilan infeksi jamur patogen serangga. Karena pada lapisan integumen yang masih tipis, jamur dapat melakukan penetrasi dengan mudah. Menurut Sapdi (1999), konidia yang mengalami pembentukan tabung kecambah sebelum larva mengalami pergantian kulit, maka jumlah konidia yang menempel saat kontak dengan tubuh serangga berperan sebagai unit infeksi.

Waktu Kematian Larva *S. litura* Instar II

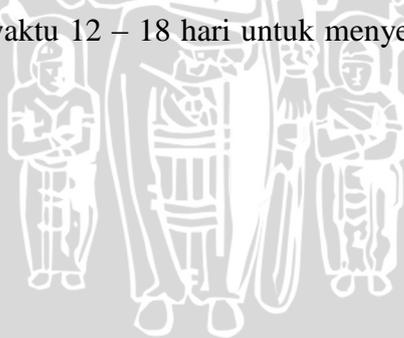
Berdasarkan hasil analisis sidik ragam bahwa inokulasi empat isolat jamur *Metarhizium* sp. berpengaruh sama terhadap lama waktu kematian larva *S. litura* yaitu sekitar 4 hari (Tabel 4).

Tabel 4. Rata-rata waktu kematian larva *S. litura* instar II setelah diinokulasi dengan berbagai isolat jamur *Metarhizium* sp. yang ditemukan di rizosfir cabai pada ketinggian 1072 m dpl

Isolat Jamur <i>Metarhizium</i> sp.	Rata-rata Waktu Kematian (Hari)
Sg- Met ₁	4,6
Sg- Met ₂	4,7
Sg- Met ₃	5,3
Sg- Met ₄	4,5

Rata-rata waktu kematian larva *S. litura* yang relatif sama disebabkan oleh viabilitas yang relatif sama (Tabel Lampiran 2). Berdasarkan pengamatan, waktu yang dibutuhkan konidia untuk berkecambah pada masing-masing isolat jamur

Metarhizium sp. adalah 24 jam atau 1 hari. Waktu kematian larva *S. litura* lebih lama daripada penelitian Prayogo *et al.* (2005), yang hanya membutuhkan waktu 3 hari setelah inokulasi untuk mematikan larva. Tampaknya lamanya waktu kematian disebabkan oleh rendahnya viabilitas konidia yaitu 11,48 – 15,80% (Tabel Lampiran 2). Menurut Prayogo *et al.* (2005), bahwa viabilitas suatu isolat dikatakan tinggi apabila lebih dari 80% konidia berkecambah setelah inkubasi. Faktor lain yang mempengaruhi lamanya waktu kematian larva *S. litura* yaitu karena jamur melalui beberapa tahap untuk menempel dan berkecambah di kutikula serangga. Hal ini sejalan dengan penelitian Rustama *et al.* (2008), bahwa jamur *M. anisopliae* dapat membunuh larva *C. pavonana* berkisar antara 4 – 6 hari setelah inokulasi. Hal ini sejalan dengan penelitian Effendy *et al.* (2010), bahwa jamur membutuhkan waktu lebih dari 2 hari untuk mematikan serangga inang. Konidia memerlukan waktu untuk berkecambah selama 1 – 2 hari setelah kontak. Miselium masuk ke haemocoel memerlukan waktu 2-5 hari. Hal ini juga diperkuat oleh Rustama *et al.* (2008), bahwa jamur *M. anisopliae* dapat membunuh larva *C. pavonana* berkisar antara 4 – 6 hari setelah inokulasi. Namun, berbeda dengan hasil penelitian Ramadhan dan Hernowo (2012), bahwa isolat *M. anisopliae* membutuhkan waktu 12 – 18 hari untuk menyebabkan kematian larva *S. litura*.



V. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Jenis jamur patogen serangga yang diperoleh dari ketinggian tempat 921 – 1072 m dpl dengan intensitas aplikasi pestisida rendah yaitu lima isolat genus *Aspergillus*, dua isolat genus *Fusarium* dan empat isolat genus *Metarhizium*. Sedangkan dari ketinggian tempat 648 – 905 m dpl dengan intensitas aplikasi pestisida tinggi diperoleh dua isolat genus *Penicillium* dan dua isolat genus *Aspergillus*.

Isolat jamur yang virulen bagi larva *S. litura* di laboratorium yaitu *Metarhizium* sp. 4 yang diperoleh dari ketinggian tempat 1072 m dpl dengan intensitas aplikasi pestisida rendah.

Saran

Pada penelitian ini diperoleh jamur genus *Metarhizium*, *Aspergillus*, *Penicillium* dan *Fusarium*. Pada penelitian eksplorasi jamur patogen serangga di rizosfir, disarankan untuk menambah contoh tanah yang akan diisolasi dan waktu pengamatan umpan serangga diperpanjang serta menggunakan serangga hama sebagai serangga umpan. Pada penelitian ini digunakan jamur dengan umur biakan lebih dari 1 bulan dengan kerapatan konidia 10^6 konidia/ml. Pada penelitian pengujian patogenisitas jamur patogen serangga, disarankan menggunakan isolat umur 3 minggu dengan kerapatan konidia di atas 10^7 konidia/ml.

DAFTAR PUSTAKA

- Arif, A., Syahidah, S. Nuraeni. 2009. Identifikasi Jenis Jamur Patogen untuk Pengendalian Rayap Tanah *Coptotermes* sp. J. Peren. 6(1): 33-38.
- Asensio, L., T. Carbonell, J.A. Lopez-Jimenezand, L.V. Lopez-Llorca. 2003. Entomopathogenic Fungi in Soil From Alicante Province. Spanish Journal of Agriculture Research 1(3): 37-45.
- Asi, M.R., M.H. Bashir, M. Afzal, K. Zia, M. Akram. 2013. Potential of Entomopathogenic Fungi for Biocontrol of *Spodoptera litura* Fabricius (Lepidoptera: Noctuidae). The Journal of Animal & Plant Sciences 23(3): 913-918.
- Barnet, H.L., B.B. Hunter. 1998. Illustrated Genera of Imperfect Fungi Fourth Edition. USA: APS Press.
- Bidochka, M.J., J.E. Kasperski, G.A.M. Wild. 1998. Occurrence of The Entomopathogenic Fungi *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* in Soils from Temperate and Near-northern Habitats. Canadian Journal of Botany 76: 1198–1204.
- Bruck, D.J. 2010. Fungal Entomopathogens in The Rhizosphere. BioControl 55: 103-112.
- Clifton, E.H. 2013. Impacts of Conventional and Organic Agriculture on Soil-borne Entomopathogenic Fungi. Thesis. Ames: Digital Repository @ Iowa State University.
- Cory, J.S., J.D. Ericsson. 2010. Fungal Entomopathogens in a Tritrophic Context. BioControl 55: 75-88.
- Effendy, T.A., R. Septiadi, A. Salim, A. Mazid. 2010. Jamur Entomopatogen Asal Tanah Lebak di Sumatera Selatan dan Potensinya sebagai Agens Hayati Walang Sangit (*Leptocorisa oratorius* F.). J. HPT Tropika 10(2): 154-161.
- El-Hawary, F.M., A.M.E. El-Salam. 2009. Laboratory Bioassay of Some Entomopathogenic Fungi on *Spodoptera littoralis* (Biosd.) and *Agrotis ipsilon* (Hufn.) Larvae (Lepidoptera: Noctuidae). Egypt Academy Journal Biology Science 2(2): 1-4.
- EPPO. 2005. Data Sheet on Quarantine Pest: *Spodoptera littoralis* and *S. litura*. 1-7.
- Evans, H.C. 1982. Entomogenous Fungi in Tropical Forest Ecosystems: an Appraisal. Ecology Entomology 7: 47-60.

- Fitriani, U.L., Melina, A. Gassa. 2011. Kemampuan Memangsa *Euborellia annulata* (Dermaptera: Anisolabididae) Preferensinya pada Berbagai Instar Larva *Spodoptera litura*. J. Fitomed. 7(3): 182-185.
- Goble, T.A. 2009. Investigation of Entomopathogenic Fungi for Control of False Codling Moth, *Thaumatotibia leucotreta*, Mediterranean Fruit Fly, *Ceratitix capitata* and Natal Fruit Fly, *C. rosa* in South African Citrus. Thesis. Rhodes Univ., Grahamstown, South Africa.
- Herlinda, S., M.D. Utama, Y. Pujiastuti, Suwandi. 2006. Kerapatan dan Viabilitas Spora *Beauveria bassiana* (Bals.) akibat Subkultur dan Pengayaan Media serta Virulensinya terhadap Larva *Plutella xylostella* (Linn.). J. HPT Tropika 6(2): 70-78.
- Ihsan, F., L. Octriana 2009. Teknik Pengujian Efektifitas Jamur Entomopatogen *Beauveria bassiana* pada Media Pembawa Substrat Beras dan Jagung untuk Mengendalikan Lalat Buah Semilapang. Buletin Teknik Pertanian 14(2): 62-64.
- Kelly, R.L. 2005. The Rhizosphere. State of New South Wales, Department of Primary Industries. Soil Biology Basics: 1-2.
- Klingen, I., J. Eilenberg, R. Meadow. 2002. Effects of Farming System, Field Margins and Bait Insect on The Occurrence of Insect Pathogenic Fungi in Soils. Agriculture, Ecosystem and Environment 91: 191-198.
- Ladja, F.T. 2009. Pengaruh Cendawan Entomopatogen *Verticillium lecanii* dan *Beauveria bassiana* terhadap Kemampuan *Nephotettix virescens* Distant (Hemiptera: Cicadellidae) dalam Menularkan Virus Tungro. Tesis. IPB, Bogor.
- Laoh, J.H., F. Puspita, Hendra. 2003. Kerentanan Larva *Spodoptera litura* F. terhadap Virus Nuklear Polyhedrosis. J. Natur Indon. 5(2): 145-151.
- Marwoto, Suharsono. 2008. Strategi dan Komponen Teknologi Pengendalian Ulat Grayak (*Spodoptera litura* Fabricius) pada Tanaman Kedelai. J. Litbang. Pert. 27(4): 131-136.
- Meyling, N.V., J. Eilenberg. 2007. Ecology of The Entomopathogenic Fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* in Temperate Agroecosystems: Potential for Conservation Biological Control. Biological Control 43(2007): 145-155.
- Nurfalach, D.R. 2010. Budidaya Tanaman Cabai Merah (*Capsicum annum* L.) di UPTD Perbibitan Tanaman Hortikultura Desa Pakopen Kecamatan Bandungan Kabupaten Semarang. Tugas Akhir. Fakultas Pertanian, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Pitojo, S. 2003. Seri Penangkaran: Benih Cabai. Yogyakarta: Kanisius. 79 hlm.

- Prayogo, Y., W. Tengkan, Marwoto. 2005. Prospek Cendawan Entomopatogen *Metarhizium anisopliae* untuk Mengendalikan Ulat Grayak *Spodoptera litura* pada Kedelai. J. Lit. Pert.24:19-26.
- Prayogo, Y. 2006. Sebaran dan Efikasi Berbagai Genus Cendawan Entomopatogen terhadap *Riptortus linearis* pada Kedelai di Lampung dan Sumatra Selatan. J. HPT Tropika. 6(1): 14-22.
- Purwantisari, S., R.B. Hastuti. 2009. Isolasi dan Identifikasi Indigenous Rhizosfer Tanaman Kentang dari Lahan Pertanian Kentang Organik di Desa Pakis, Magelang. BIOMA 11(2): 45-53.
- Quesada-Moraga, E., J.A. Navas-Cortes, E.A.A. Maranhao, A. Ortiz-Urquiza, C. Santiago-Alvarez. 2007. Factors Affecting The Occurrence and Distribution of Entomopathogenic Fungi in Natural and Cultivated Soils. Mycological Research 111: 947-966.
- Ramadhan, T.H., K. Hernowo. 2012. Isolasi Entomopatogen Lahan Gambut di Kalimantan Barat dan Determinasi Virulensinya sebagai Material Bioinsektisida. J. Perkeb. & Lahan Tropika 2(2): 51-57.
- Rosmini, S.A. Lasmini. 2010. Identifikasi Cendawan Entomopatogen Lokal dan Tingkat Patogenisitasnya terhadap Hama Wereng Hijau (*Nephotettix virescens* Distant.) Vektor Virus Tungro pada Tanaman Padi Sawah di Kabupaten Donggala. J. Agroland 17(3): 205-212.
- Rustama, M.M., Melanie, B. Irawan. 2008. Patogenisitas Jamur Entomopatogen *Metarhizium anisopliae* terhadap *Crociodolomia pavonana* Fab. dalam Kegiatan Studi Pengendalian Hama Terpadu Tanaman Kubis dengan Menggunakan Agensia Hayati. Laporan Akhir. FMIPA, Univ. Padjadjaran, Bandung.
- Salim, A., R. Septiadi, T.A. Effendy, S. Herlinda, R. Thalib. 2008. Penurunan Kualitas Jamur Entomopatogen, *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. akibat Subkultur terhadap Nimfa Walang Sangit. Dalam Prosiding Seminar Nasional. Perhimpunan Entomologi Indonesia (PEI) Cabang Palembang; Perhimpunan Fitopatologi Indonesia (PFI) Komda Sumatera Selatan, Palembang.
- Sánchez-Peña, S.R.S., J.S.J. Lara, R.F. Medina. 2011. Occurrence of Entomopathogenic Fungi from Agricultural and Natural Ecosystem in Saltillo, Mexico, and Their Virulence towards Thrips and Whiteflies. Journal of Insect Science 11(1): 1-10.
- Sapdi. 1999. Mortalitas Nimpha *Nezara viridula* pada Beberapa Tingkat Konsentrasi Suspensi Cendawan *Beauveria bassiana*. Agrivita 3:1.
- Shahid, A.A., A.Q. Rao, A. Bakhsh, T. Husnain. 2012. Entomopathogenic Fungi as Biological Controllers: New Insights Into Their Virulence and Pathogenicity. Arch. Biol. Sci., Belgrade. 64(1): 21-42.

- Simamora, L.O., D. Bakti, S. Oemry, F. Manik. 2013. Kajian Epizootik *Metarhizium anisopliae* pada Larva Tritip (*Plutella xylostella* L.) (Lepidoptera: Plutellidae) di Rumah Kaca. J. Online Agroekotek. 1(2): 166-177.
- Soewarno, W., B.A.N. Pinaria, C.L. Salaki, O.R. Pinontoan. 2012. Jamur yang Berasosiasi dengan *Plutella xylostella* L. pada Sentra Tanaman Kubis di Kota Tomohon dan Kecamatan Modoinding. Univ. Manado.
- Sule, I.O., G.P. Oyeyiola. 2012. Fungi in The Rhizosphere and Rhizoplane of Cassava Cultivar TME 419. International Journal of Applied Biological Research 4 (1&2): 18-30.
- Sun, B.D., X.Z. Liu. 2008. Occurrence and Diversity of Insect-associated Fungi in Natural Soils in China. Applied Soil Ecology 39: 100-108.
- Susniahti, N., Sudrajat, M.S. Sianipar. 2005. Pengujian Potensi Jamur Entomopatogen *Paecilomyces fumosoroseus* Bainer terhadap Ulat Daun Kubis *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Yponomeutidae). Laporan Penelitian. Fakultas Pertanian, Univ. Padjadjaran, Bandung.
- Talwar, B.H. 2005. Isolation and Characterization of Entomopathogenic Fungi and Their Effectiveness. Thesis. University of Agricultural Science, Dharwad.
- Trizelia, Reflinaldon, S.H.C. Samer. 2010. Keanekaragaman Cendawan Entomopatogen pada Rizosfir Pertanaman Cabai Dataran Tinggi dan Dataran rendah di Sumatera Barat. BioETI ISBN 978-602-14989-0-3: 166-173.
- Trizelia, M.Y. Syahrawati, A. Mardiah. 2011. Patogenesis Beberapa Isolat Cendawan Entomopatogen *Metarhizium* spp. terhadap Telur *Spodoptera litura* Fabricius (Lepidoptera: Noctuidae). J. Entomol. Indon. 8(1): 45-54.
- Utami, R.S., Isnawati, R. Ambarwati. 2014. Eksplorasi dan Karakterisasi Cendawan Entomopatogen *Beauveria bassiana* dari Kabupaten Malang dan Magetan. LenteraBio 3(1): 59-66.
- Widiyanti, N.L.P.M., S. Mulyadihardja. 2004. Uji Toksisitas Jamur *Metarhizium anisopliae* terhadap Larva Nyamuk *Aedes aegypti*. Media Litbang Kesehatan 14(3): 25-30.
- Widyati, E. 2013. Dinamika Komunitas Mikroba di Rizosfir dan Kontribusinya terhadap Pertumbuhan Tanaman Hutan. Tekno Hutan Tanaman 6(2): 55-64.



LAMPIRAN