

Respon Cendawan Entomopatogen *Paecilomyces fumosoroseus* pada Kondisi Cekaman Faktor Kekeringan

Response of Entomopathogenic Fungus Paecilomyces fumosoroseus on Drought Stress Factor

Ali Wafa¹, Hari Purnomo^{2*}, Saifuddin Hasjim¹, Nanang Tri Haryadi²

¹Program Studi Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian Universitas Jember, Jl. Kalimantan No. 37 Jember, Indonesia, 68121

²Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian Universitas Jember, Jl. Kalimantan No. 37 Jember, Indonesia, 68121

*E-mail: haripurnomo.faperta@unej.ac.id

ABSTRACT

The entomopathogenic fungus *Paecilomyces fumosoroseus* (common name: *Isaria fumosorosea*) can utilize to control white fly population. *Bemisia tabaci* or white fly has become key pest in soybean cultivation. It reported became resistance due to chemical pesticide. Some of new strain has been emerge as chemical pesticide resultant However, to develop *P. fumosoroseus* as biopesticide hide a problem. The environmental drought factor (temperature and water stress) become major problem. This research aimed to determine effect of environmental factor like temperature and water stress to growth and effectivity of *P. fumosoroseus*, due to selection an isolat were persist to drought factor. In this research has been used two different isolat of *P. fumosoroseus*, that is Wirowongso 1 and Mumbulsari 5 isolates. Conduct with five different treatment. First is a growth test under temperature stress, in vitro germination test under temperature stress and in vitro germination test under water stress, and for the last is virulence test under temperature and under water stress. The result showed that the increase a temperature and of water stress, directly make decreased of growth, germination and effectivity. That effect has made different effect to growth, germination and effectivity on both isolat. According to all test result showed if the isolat WR 1 more persist to each drought factor. It became more valuable to develop as biopesticide among other.

Keywords: *B. tabaci*, germination, isolat, *Isaria fumosorosea*, in-vivo.

PENDAHULUAN

Pemanfaatan cendawan entomopatogen sebagai bahan dasar agens hayati, memerlukan pengujian secara mendalam khususnya terkait efektivitas (Hadi & Yusuf, 2007). Berbagai cara dapat dilakukan untuk minimalisir pengaruh lingkungan terhadap efektivitas cendawan entomopatogen di lapang, seperti enkapsulasi, mikroenkapsulasi (Winder *et al.*, 2003). formulasi dengan ULV (Smith *et al.*, 2009) dan metode *air-drying* (Sandoval-Coronado *et al.*, 2001).

Langkah-langkah tersebut perlu dilakukan karena salah satu faktor penting yang menunjang keberhasilan produksi bioinsektisida secara masal adalah formulasi. Mikroorganisme patogen sangat rentan terhadap faktor lingkungan. Sedikit sekali yang dapat *survive* dalam beberapa jam pada sinar matahari langsung dan UV. Beberapa juga sangat rentan pada kondisi kering, temperatur tinggi, *freezing*, dan beberapa unsur kimia organik lainnya (Purnomo, 2010). Faktor

ketahanan entomopatogen, kondisi inang, ketersediaan air serta agrokemikal juga menjadi faktor yang dapat mempengaruhi efektivitas mikroorganisme patogen (Flexner & Belnavis, 1999).

Selain formulasi, faktor penting yang juga harus diperhatikan adalah seleksi agens hayati yang akan digunakan dan dikembangkan secara massal. Seleksi perlu dilakukan karena efektivitas cendawan entomopatogen sebagai agen hayati dipengaruhi oleh karakter fisiologis isolat cendawan (Varela & Morales, 1996), laju pertumbuhan koloni, sporulasi (Sun *et al.*, 2003), dan daya kecambah konidia (Kassa, 2003). Castrillo *et al.*, (2004) melaporkan bahwa isolat cendawan yang diperoleh dari inang yang sama tetapi berbeda lokasi atau isolat dari inang yang berbeda tetapi diperoleh dari lokasi yang sama memiliki tingkat virulensi yang berbeda.

Menurut Ahmadi *et al.*, (2004) untuk memperoleh isolat cendawan entomopatogen yang memiliki efektivitas yang tinggi, dianjurkan untuk mengeksplorasi berbagai

isolat cendawan dari berbagai lokasi yang berbeda. Perbedaan tingkat virulensi yang berbeda, disebabkan karena adanya perbedaan strain pada cendawan entomopatogen, yang secara genetik dapat menyebabkan cendawan untuk mampu bertahan pada kondisi kekeringan serta temperatur yang ekstrim (Devi *et al.*, 2005)

Salah satu agens hayati yang dapat digunakan untuk pengendalian hama *B.tabaci* adalah cendawan entomopatogen dari spesies *Paecilomyces fumosoroseus* atau yang kemudian di sebut sebagai *Isaria fumosorosea* (Lozano-Contreras *et al.*, 2013). Sayangnya cendawan ini juga sering terkendala masalah efektivitas ketika diaplikasikan secara masal, akibat adanya pengaruh dari lingkungan seperti suhu dan keadaan kekeringan serta metode aplikasi yang tidak sesuai. Efektivitas *P. fumosoroseus* juga dilaporkan berbeda pada tiap isolat yang berhasil dieksplorasi dan diisolasi dari inang yang berbeda atau dari lokasi yang berbeda pada inang yang sama (Kalkar *et al.*, 2006). Oleh karenanya penelitian ini ditujukan untuk mengetahui bagaimana pengaruh cekaman suhu dan air teradap pertumbuhan, perkembangan, efikasi serta efektivitas *P. fumosoroseus*.

METODE

Eksplorasi dan isolasi *P. fumosoroseus*.

Isolat cendawan diperoleh dari hasil eksplorasi serangga hama kutu kebul yang terinfeksi (ditandai dengan mumifikasi berwarna putih) yang dilakukan tim riset pengendalian hayati di beberapa desa dan kecamatan di Kabupaten Jember. Serangga yang terinfeksi kemudian dimasukkan ke dalam kantong plastik 5kg (dicatat lokasi ditemukan) kemudian dimasukkan ke dalam *cooling box* 35 l untuk dibawa ke laboratorium. Selanjutnya serangga hama kutu kebul yang terinfeksi akan diisolasi untuk diambil cendawan *P. fumosoroseus*-nya. Kadaver kutu dicuci menggunakan NaOCl 0.5 % untuk sterilisasi permukaan, kemudian secara aseptik menggunakan scapel steril tubuh kutu dipotong pada bagian tengah dan dengan menggunakan jarum steril diambil bagian dalam kutu yang terinfeksi kemudian diinokulasikan ke media *Sabourod Dextro Agar Yeast* 1 % (SDAY) dalam cawan Petri (90 mm) kemudian ditutup menggunakan parafilm. Beberapa isolat kemudian diseleksi pertumbuhan awalnya dan berdasarkan faktor pertumbuhan digunakan dua isolat yang berbeda yakni Wirowongso 1 (WR1) dan Mumbulsari 5 (MB 5).

Uji pertumbuhan dan perkecambahan secara *in vitro* pada berbagai kondisi cekaman suhu dan air.

Erlenmeyer 250 ml yang mengandung 50 ml kultur cair PDB yang telah ditambah konsentrat PEG 6000 dengan konsentrasi 10% (penambahan 5 g PEG-6000 per 50 ml media PDB), 20% (10 g per 50 ml media PDB), 30% (15 g per 50 ml media PDB), 40% (20 g per 50 ml media PDB) diinokulasi sebanyak 0,5 ml cendawan dengan konsentrasi 2×10^7 konidia/ml kemudian ditempatkan pada *rotary shaker* pada putaran 200 rpm selama 24 jam. Percobaan diulang tiga kali. Pengamatan perkecambahan konidia dilakukan setiap interval 1x24 jam selama lima hari dengan cara mengambil 100 butir sampel konidia per isolat dengan pengamatan lima titik amatan pada tiap ulangnya. Sidik ragam dihitung berdasarkan Rancangan Acak Lengkap Faktorial (A1= WR5, A2= MB1, B1=0%, B2=10%, B3=20%, B4=30% dan B5=40% PEG-6000) dan uji Tukey 5% digunakan untuk menganalisis data.

Pengujian pada cekaman suhu dilakukan dengan menggunakan Erlenmeyer 250 ml yang mengandung 50 ml kultur cair PDB yang diinokulasi 0.5 ml cendawan dengan konsentrasi 2×10^7 konidia/ml kemudian ditempatkan pada inkubator selama lima hari dengan suhu yang berbeda-beda (20°C, 25°C, 30°C, 35°C dan 40°C) . Pengujian diulang tiga kali. Pengamatan perkecambahan konidia dilakukan setiap interval 1x24 jam hingga berjalan lima hari dengan cara mengambil 100 butir sampel per isolat per lokasi untuk diamati seperti yang telah diterangkan sebelumnya. ragam dihitung berdasarkan Rancangan Acak Lengkap Faktorial (A1=WR1 ,A2=MB5, B1=20°C, B2=25°C (Kontrol), B3=30°C, B4=35°C, B5=40°C) dan uji Tukey 5 % digunakan untuk menganalisis data.

Uji virulensi pada nimfa dan imago kutu kebul pada berbagai kondisi stress suhu dan air

Percobaan uji virulensi pada nimfa dilakukan dengan mencelupkan potongan daun kedelai yang mengandung 30 nimfa kutu kebul (dengan membuang jumlah nimfa yang lebih pada tiap daunnya) ke dalam 100 ml suspensi konidia dengan konsentrasi 2×10^7 konidia/ml, pada gelas Beaker selama 30 detik. Selanjutnya daun dikeringanginkan, dan diletakkan ke dalam cawan petri selanjutnya diinkubasikan pada inkubator dengan suhu yang berbeda-beda (20° C, 25° C, 30° C, 35°C, dan 40°C). Pengujian diulang tiga kali, sporulasi cendawan diamati setiap hari. Data dianalisis menggunakan analisis regresi dan korelasi. Untuk percobaan pada kondisi cekaman air dilakukan dengan mencelupkan jumlah nimfa yang sama ke suspensi konidia yang sebelumnya diperlakukan penambahan PEG-6000 dan dihomogenkan sebagai perlakuan stress airnya, dengan konsentrasi PEG-6000 10%, 20%, 30%, 40%, daun dikeringanginkan, kemudian diletakkan ke dalam cawan petri dan selanjutnya diinkubasikan pada suhu ruang. Percobaan diulang tiga kali, sporulasi cendawan diamati setiap hari selama lima hari.

Analisis Data

Data pada hasil masing-masing perlakuan dianalisis menggunakan analisis regresi dan Tukey pada taraf 5%.

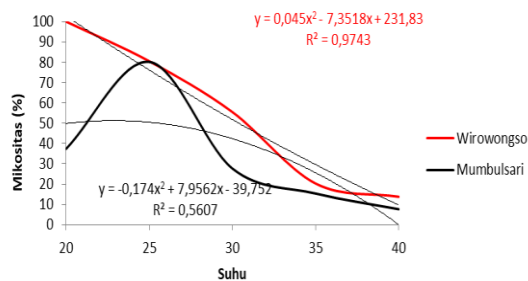
HASIL DAN PEMBAHASAN

Patogenesisitas *P. fumosoroseus* sangat terpengaruh oleh suhu dan cekaman air. Diketahui setiap peningkatan suhu dan peningkatan tingkat cekaman air akan secara langsung mempengaruhi tingkat patogenesisitas dari *P. fumosoroseus*. Patogenitas isolat Wirowongso meningkat sesuai dengan hari pengamatan dengan waktu terjadinya mikosis pada tiap-tiap suhu terjadi pada hari kedua, sedangkan pada isolat Mumbulsari tidak meningkat secara signifikan, dan terjadinya mikosis pada isolat ini berbeda-beda, pada tiap suhu yang diujikan (Gambar 1).

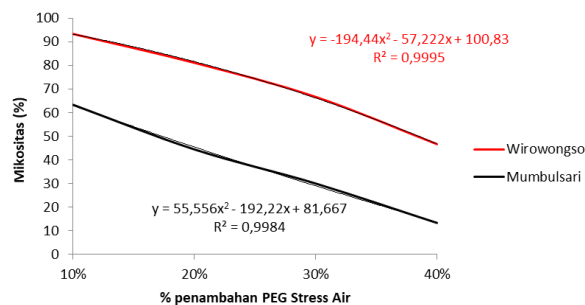
Hal yang sama juga terjadi pada uji cekaman air. Setiap penambahan PEG-6000 yang mengakibatkan terciptanya kondisi dimana media memiliki tekanan osmotik potensial sebesar -0,15 Mpa pada konsentrasi 10%,-0,49 MPa pada konsentrasi 20%, - 1,03 MPa pada konsentrasi 30% pada media PDB, juga diketahui berdampak berbeda pada kedua isolat yang digunakan. Isolat Wirowongso

lebih mampu menghadapi kondisi cekaman air dari pada isolat Mumbulsari. Isolat wirowongso, pada kondisi cekaman 40% atau kondisi tekan osmotik sebesar -1,50 MPa, masih mampu mengakibatkan mikositas sebesar $30 \pm 2\%$, sedangkan isolat Mumbulsari mikositasnya hanya mencapai 10% pada hari ke lima pengamatan (Gambar 2)

Pada proses perkecambahan cendawan pengaruh suhu yang diberikan akan mengakibatkan tidak terjadinya pembelahan sel pada konidia yang berkecambah, pada suhu normal ($25 \pm 7^\circ\text{C}$), adanya penghambatan perkecambahan tidak hanya sebatas pembelahan sel konidia untuk menjadi individu baru, melainkan juga pada proses pemanjangan sel konidia hingga membentuk hifa yang siap mengalami fase reproduktif, Sedangkan pada suhu maksimum pada perlakuan ($35-40^\circ\text{C}$) tidak terjadi pemanjangan sel konidia, sehingga membutuhkan waktu yang lama untuk membentuk hifa produktif. Rata-rata dihitung dari berapa banyak jumlah konidia yang mampu berkecambah 100 butir konidia amatan (Tabel 1). Diketahui pada isolat WR1 pada suhu maksimal yakni 40°C masih mampu berkecambah 10% lebih baik dibandingkan isolat lainnya.



Gambar 1. Tingkat patogenesisitas isolat Wirowongso dan isolat Mumbulsari pada masing-masing kondisi suhu



Gambar 2. Tingkat patogenesisitas isolat Wirowongso dan isolat Mumbulsari pada masing-masing kondisi cekaman air, dengan asumsi PEG-6000 sesuai Zhang, Tang & Yang (2011) memiliki nilai osmotik potensial sebesar -0,15 Mpa pada konsentrasi 10%,-0,49MPa pada konsentrasi 20%, - 1,03 pada konsentrasi 30% pada media PDB

Tingkat cekaman air juga menimbulkan efek yang berbeda pada kedua isolat yang digunakan, meskipun sama-sama mengalami reduksi seiring dengan meningkatnya cekaman potensial pada media yang digunakan. Signifikansi pengaruh cekaman air mulai tampak pada perlakuan PEG 6000 taraf 20% keatas atau dengan asumsi tekanan osmotik pada media adalah $> -0,49$ MPa. Tingkat ketahanan isolat terhadap cekaman air pada masing-masing perlakuan juga beragam. Diketahui jika WR 1 memiliki tingkat perkecambahan sebesar 8% lebih baik dibandingkan isolat MB 5 khususnya pada perlakuan cekaman air tertinggi atau pada tekanan osmotik sebesar -1.20 MPa.

Tabel 1. Tingkat perkecambahan berdasarkan interaksi faktor isolat dan suhu

Perlakuan	Rank	Rata-Rata Perkecambahan \pm sd
A1B1	1	88,723 \pm 0,07 a
A1B2	2	73,064 \pm 2,19 b
A2B1	3	58,756 \pm 1,64 c
A1B3	4	56,917 \pm 3,51 c
A2B2	5	50,784 \pm 2,60 d
A1B4	6	45,266 \pm 3,07 e
A2B3	7	39,716 \pm 2,95 f
A1B5	8	33,570 \pm 1,57 g
A2B4	9	30,342 \pm 0,5 g
A2B5	10	20,915 \pm 2,74 h

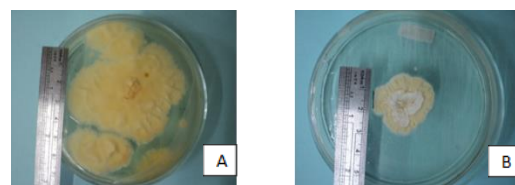
Keterangan: Huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada Uji Tukey taraf 5%.

Tabel 2. Tingkat perkecambahan pada tiap lokasi isolat dan konsentrasi cekaman air

Perlakuan	Rank	Rata-Rata Perkecambahan \pm Sd	Asumsi Tekanan Potensial
A1B1	1	86,127 \pm 0,8 a	1 Mpa
A1B2	2	67,718 \pm 6,15 b	-0,15 Mpa
A2B1	3	58,601 \pm 0,3 c	1 Mpa
A1B3	4	58,37 \pm 1,39 c	-0,49 MPa
A2B2	5	52,48 \pm 5,56 cd	-0,15 MPa
A1B4	6	47,727 \pm 1,22 de	-1,03 MPa
A2B3	7	43,218 \pm 4,32 ef	-0,49 MPa
A1B5	8	36,201 \pm 5,94 fg	-1,20 MPa
A2B4	9	34,182 \pm 3,10 g	-1,03 MPa
A2B5	10	28,907 \pm 3,91 g	-1,20 MPa

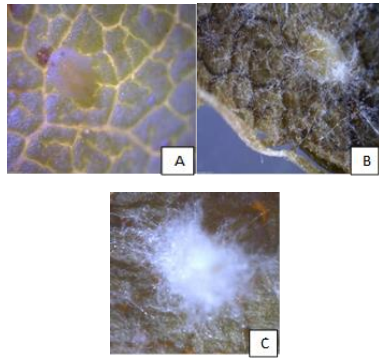
Keterangan: Huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada uji Tukey taraf 5%

Pertumbuhan koloni atau pertumbuhan radial cendawan entomopatogen juga terpengaruh adanya faktor suhu. Berdasarkan tingkat pertumbuhan radial miseliumnya, diketahui pada kondisi ekstrem dan atau suhu 35°C isolat WR1 memiliki tingkat pertumbuhan yang lebih besar tiga cm diatas isolat MB 5 pada hari ke-30 pengamatan yang diisolasi pada media SDA-Yeast 5% (Gambar 3). Kedua isolat memiliki respon pertumbuhan koloni yang beragam. Pada isolat WR 1, pertumbuhan koloninya akan lebih menyebar dengan bentuk tidak beraturan. Pertumbuhan miselium pun tampak normal hanya saja terjadi pemendekan panjang masing-masing hifa. Respon berbeda diketahui terjadi pada isolat MB 5. Pada isolat tersebut diketahui jika ujung hifa terlihat lebih memadat, ukuran hifa menjadi lebih kecil dan akhirnya bentuk koloni lebih padat dan mengecil.



Gambar 3. Luasan radial miselium pada isolat Wirowongso (a) dan isolat Mumbulsari (b) pada suhu 35°C

Perbedaan hasil pada kedua isolat yang digunakan, dapat diketahui meskipun tanpa dilakukan pengujian karakterisasi asam aminonya. Gleason *et al.* (2006) menyatakan hal tersebut terjadi karena naiknya angka potensial air berefek kepada beberapa cendawan. pada cendawan yang tahan, cendawan akan membentuk mekanisme pertumbuhan yang cepat, dan cendawan tumbuh perlahan sebagai respon terhadap tekanan potensial air, serta karena cendawan akan secara langsung beradaptasi terhadap tekanan potensial yang tinggi yang kemudian cendawan tersebut akan secara langsung berkembang biak secara cepat sesuai dengan penambahan tekanan potensial osmotik airnya. Gangguan umumnya terjadi pada proses mikosis cendawan pada tubuh inangnya.



Gambar 4. Proses terjadinya mikosis: perkecambahan spora *P. fumosoroseus* menjadi miselium masih belum tampak pada nimfa *B. tabaci* (a), miselium mulai terbentuk pada tubuh nimfa (b), dan proses akhir mikosis, nimfa terselubung sempurna (c).

Mikosis dapat diartikan sebagai proses awal perkecambahan spora cendawan (Jessica *et al.*, 2019). Pada penelitian ini mikosis dapat diartikan sebagai proses perkecambahan awal *P. fumosoroseus* pada tubuh *B. tabaci*, hingga miselia cendawan benar-benar menyelubungi seluruh bagian dari tubuh *B. tabaci*. Pertumbuhan secara keseluruhan dari *P. fumosoroseus*, mulai dari perkecambahan hingga hifa membentuk konidia (pada media padat) atau blastospora (pada media cair) hingga kedua propagul membentuk konidia kembali yang infeksiif dan mampu mengakibatkan terjadinya mikosis pada serangga (Gambar 4). Terjadi dan lama waktu perkembangan proses mikosis ini juga terdampak faktor kekeringan seperti suhu dan cekaman air.

Perbedaan tingkat perkecambahan pada kedua isolat pada perlakuan cekaman air juga dapat dikuatkan dari hasil penelitian yang dilakukan oleh Jackson & Bayliss (2011), mereka menyatakan kondisi cekaman air yang mengakibatkan terjadinya tekanan potensial air yang cukup tinggi, dan akan mampu mengakibatkan blastospora mengalami lisis atau pecah. Namun jika blastospora mampu bertahan, maka efek yang diakibatkan tekanan potensial air tersebut tidak berdampak signifikan, dan tidak akan mempengaruhi blastospora atas *survivenya*.

Selaras dengan hal tersebut diketahui pada media PDB, *P. fumosoroseus* telah mampu berkecambah 100% setelah 6 jam. Hal ini

diperkuat dengan hasil penelitian Kalkar *et al.*, (2006), terhadap beberapa isolat dari *P. fumosoroseus* dari Indonesia, dikatakan jika spora *P. fumosoroseus* mulai berkecambah pada waktu $28 \pm 11,3$ jam, dan mulai membentuk miselia produktif yang sudah mampu bersporulasi pada waktu $3,4 \pm 0,9$ hari. Berdasarkan hasil penelitian yang kondisinya di pengaruhi atas cekaman suhu dan air atau pada kondisi yang sesuai dengan kondisi musim kemarau, waktu perkecambahannya membutuhkan kondisi yang lebih lama 24 ± 1 jam dari kondisi normal dan akan membentuk miselium produktif pada waktu $5 \pm 0,5$ hari. Hasil penelitian ini lebih terlihat pada isolat asal Wirowongso.

Tingkat kritis perkecambahan *P. fumosoroseus* terjadi pada suhu $35-40^{\circ}\text{C}$, pada suhu tersebut, kedua isolat mengalami penurunan tingkat perkecambahan yang cukup signifikan terutama untuk isolat MB 5, hasil masa kritis perkecambahan ini dikuatkan dengan adanya hasil penelitian dari Vidal *et al.*, (1998), diketahui jika cendawan entomopatogen dari golongan *Hypomyces* sebagian besar bersifat mesofilik ketika mulai diisolasi pada media buatan. Cendawan mesofilik dapat diartikan sebagai cendawan yang mampu hidup pada suhu yang moderat, cendawan ini memiliki kisaran atau jarak hidup pada suhu 8 hingga $30-32^{\circ}\text{C}$, dengan suhu optimal berkisar antara $20-30^{\circ}\text{C}$ dengan limit kehidupan berkisar pada <5 dan $>$ dari 35°C (Gaur *et al.*, 1982). Pada tataran kegiatan pemanfaatan cendawan entomopatogen sebagai agen hayati tentu diperlukan cendawan entomopatogen yang tetap mampu dan tumbuh dengan baik pada kondisi-kondisi cekaman lingkungan, khususnya pada proses formulasi maupun ketika aplikasi di lapang.

KESIMPULAN

Respon cendawan entopatogen *P. fumosoroseus* terhadap faktor cekaman air dan suhu adalah dengan mengurangi aktivitas dan efektifitasnya baik dalam kondisi *in vivo* maupun *in vitro*. Aktifitas yang terjadi adalah perlambatan perkecambahan pada tiap kenaikan taraf cekaman. Sedangkan efektifitas terkait dengan patogenesisitas dan mikositas cendawan. Respon ini diketahui berbeda pada masing-masing isolat yang digunakan meskipun berasal dari spesies yang sama. Isolat WR1 diketahui lebih tahan terhadap cekaman suhu dan air dibandingkan isolat lainnya.

UCAPAN TERIMAKASIH

Badan Litbang Departemen Pertanian Republik Indonesia atas pembiayaan Riset ini, dalam program Kerja Sama Kemitraan Pertanian dan Perguruan Tinggi (KKP3T). No Kontrak: 1124/LB.620/I. 1/4/2010.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmadi LB, Askary H & Ashouri A. 2004. Preliminary Evaluation of The Effectiveness of a *Verticillium lecanii* Isolat in The Control of *Thrips tabaci* (Thysanoptera: Thripidae). *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences*. **69**(3): 201-204.
- Castrillo LA, Griggs MH & Vandenberg JD. 2004. Vegetative Compatibility Groups in Indigenous and Mass-released Strains of The Entomopathogenic Fungus *Beauveria bassiana*: Likelihood of Recombination in The Field. *Journal of Invertebrate Pathology*. **86**(1-2): 26-37.
- Devi KU, Sridevi V, Mohan Ch.M & Padmavathi J. 2005. Effect of High Temperature and Water Stress on in vitro Germination and Growth in Isolats of The Entomopathogenic Fungus *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuillemin. *Journal of Invertebrate Pathology*. **88**(3):181-189.
- Flexner JL & Belnavis DL. 1999. Microbial Insecticides. Biological and Biotechnological Control of Insect Pests. CRC Press: 35-62.
- Gaur AC, Sadasivan KV, Mathur RS & Magu SP. 1982. Role of mesophilic fungi in composting. *Agricultural Wastes*. Elsevier, **4**(6):453-460.
- Gleason FH, Midgley DJ, Letcher PM & Mcgee PA. 2006. Can soil Chytridiomycota survive and grow in different osmotic potentials? *Mycological Research*. **110**(7):869-875.
- Hadi YS & Yusuf S. 2000. Keefektifan Beberapa Spesies Cendawan Entomopatogen untuk Mengendalikan Rayap Tanah *Coptotermes gestroi* Wasmann (Isoptera: Rhinotermitidae) dengan Metode Kontak dan Umpan Effectiveness of Some Entomopathogenic Fungi Species as Bio-control Agent to Subt. *Bio-Control*: **5**(2).
- Jackson SL & Bayliss KL. 2011 Spore Traps Need Improvement to Fulfil Plant Biosecurity Requirements. *Plant Physiology*. **60**(5): 801-810.
- Jessica JJ, Peng TL, Sajap AP, Lee SH & Syazwan SA.. 2019. Evaluation of The Virulence of Entomopathogenic Fungus, *Isaria fumosorosea* Isolates against Subterranean Termites *Coptotermes* spp. (Isoptera: Rhinotermitidae). *Journal of Forestry Research*. Springer. **30**(1):213-218.
- Kalkar, Ö. Carner GR, Scarf D & Boucias DG 2006. Characterization of an Indonesian Isolat of *Paecilomyces reniformis*. *Mycopathologia*. **161**(2): 109-118.
- Kassa A. 2003. Development and Testing of Mycoinsecticides Based on Submerged Spores and Aerial Conidia of The Entomopathogenic Fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* (Deuteromycotina: Hyphomycetes) for control of locusts, grasshoppers and storage pests. Doctoral Thesis. Georg-August-Universität Göttingen. Germany
- Lozano-Contretas MG, Maldonado-Blanco MG, Elias-Santos M, Gonzales-Hernandez A & Nava-Camberos U. 2013. Application of *Isaria fumosorosea* Blastospores Produced in Liquid Culture for Control of *Bemisia argentifolii* on Cotton Plants. *Southwestern Entomologist*. **38**(1): 57-66.
- Purnomo H. 2010. *Pengantar Pengendalian Hayati*. Penerbit Andi.
- Sandoval-Coronado CF, Luna-Olvera HA, Arévalo-Niño K, Jackson MA, Poprawski TJ & Galán-Wong LJ. 2001. Drying and Formulation of Blastospores of *Paecilomyces fumosoroseus* (Hyphomycetes) Produced in Two Different Liquid Media. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. **17**(4): 423-428.
- Smith PE. 2009. Whitefly: identification and biology in New Zealand greenhouse tomato crops. *Sustainable Farming Fund*. Factsheet. **1**:1-8.
- Sun J, Fuxa JR & Henderson G. 2003. Effects of Virulence, Sporulation, and Temperature on *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* Laboratory Transmission in *Coptotermes formosanus*. *Journal of Invertebrate Pathology*. **84**(1): 38-46.
- Varela A & Morales E. 1996. Characterization of Some *Beauveria bassiana* Isolats and Their Virulence toward The Coffee Berry Borer *Hypothenemus hampei*. *Journal of Invertebrate Pathology*. **67**(2): 147-152.

- Vidal C, Fargues J, Lacey LA & Jackson MA 1998. Effect of Various Liquid Culture Media on Morphology, Growth, Propagule Production, and Pathogenic Activity to *Bemisia argentifolii* of The Entomopathogenic Hyphomycete, *Paecilomyces fumosoroseus*. *Mycopathologia*. **143**(1):33-46.
- Winder RS, Wheeler JJ, Coner N, Otvos IS, Nevill R & Duan L. 2003. Microencapsulation: a Strategy for Formulation of Inoculum. *Biocontrol Science and Technology*. **13**(2): 155-169.
- Zhang H, Tang M. & Yang Y. 2011. The Response of Ectomycorrhizal (ECM) Fungi under Water Stress Induced by Polyethylene Glycol (PEG) 6000. *African Journal of Microbiology Research*. Academic Journals **5**(4): 365-373.

