

## EKSPLORASI DAN EFEKTIVITAS JAMUR PATOGEN SERANGGA SEBAGAI AGENS HAYATI DARI RHIZOSFER BERBAGAI PERTANAMAN PERTANIAN ASAL DATARAN RENDAH OGAN KOMERING ILIR

Haperidah Nunilahwati<sup>1\*)</sup>, Yani Purwanti<sup>1)</sup>, Laili Nisfuriah<sup>1)</sup>, Marlina<sup>1)</sup>, Andi Hakim<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Palembang

<sup>2)</sup>Fakultas Pertanian Stiper Sriwigama Palembang

\*) Koresponden: haperidah@gmail.com

### ABSTRACT

Insect pathogenic fungi are environmentally friendly pest control agents. This study aims to explore insect pathogenic fungi from the rhizosphere of various crops. The study was conducted in the Pest and Plant Diseases laboratory, Faculty of Agriculture, University of Palembang, in February-May 2019. The study used a factorial Completely Randomized Design (CRD) consisting of 3 replications and 15 treatments. The research stage is exploration using *Omphisa fuscidentalis* larvae. The soil for trapping insect pathogenic fungi comes from lowland rice, long beans, and rubber plantations in the Ogan Komering Ilir district. Isolation and identification of the fungus using the fungus that comes out of the larval body cultured on PDA (*Potato Dextrose Agar*) media, incubated for 7 days at room temperature. Observation of mortality of *O. fuscidentalis* larvae for 15 days. The first observation was 3 days after the infestation (hsi) with an interval of 3 days of observation. Data were analyzed descriptively, displayed in the form of images, mortality data were analyzed using Diversity Analysis. The results of the study found three genera of insect pathogenic fungi, namely *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* and *Aspergillus* sp. The highest larval mortality percentage was in the A3T15 treatment of 10.02% and the lowest in A2T3 and A3T3 was 0.71%. The highest mortality time of larvae was at T15 of 23.86%, and the lowest was at T3 of 3.81%. Efforts to obtain more specific and effective strains of insect pathogenic fungi, further research needs to be done on a laboratory and field scale.

Keywords : Biological control, biopesticide, entomopathogen, environmentally friendly

### PENDAHULUAN

Serangga hama adalah organisme pengganggu tanaman (OPT) merupakan salah satu penghalang produktivitas yang potensial sejak tanaman dilapangan hingga di penyimpanan (Soetopo dan Indrayani, 2007). Penggunaan mikroba sebagai agens pengendali hayati merupakan cara yang efektif dalam mengendalikan hama tanaman pertanian (Suwahyono dan Wahyudi, 2008). Disamping itu pula, penggunaan mikroba atau jamur patogen serangga sebagai agens pengendali hayati merupakan alternatif dalam mengurangi penggunaan pestisida. Krutmuang dan Mekchay (2005) menyatakan bahwa pengendalian hayati tidak menimbulkan dampak kerusakan lingkungan dan tidak berpengaruh terhadap organisme non target. Menurut Shahid *et al.*, (2012), peningkatan aplikasi jamur entomopatogen sebagai pengendali hayati karena meningkatnya kesadaran lingkungan, kesehatan makanan, kegagalan pengendalian kimia dan meningkatnya resistensi spesies hama.

Di sekitar rhizosfer tanaman terdapat mikroorganisme yang sangat berperan bagi pertumbuhan tanaman (Noerfitryani, 2018), diantaranya merupakan jamur patogen bagi serangga (Suciati *et al.*, 2015) atau jamur entomopatogen (Yuliana *et al.*, 2019). Mikroorganisme entomopatogen terbukti aman bagi musuh alami seperti parasitoid dan predator. Penelitian lebih dari 750 spesies jamur sebagai

penyebab penyakit pada serangga (Wahyono dan Tarigan, 2007).

Jamur patogen serangga sebagai agens pengendali hayati atau entomopatogen diantaranya adalah *Beauveria bassiana* (Deciyanto dan Indrayani, 2008; Nunilahwati *et al.*, 2012; Anggarawati *et al.*, 2017; Prayogo *et al.*, 2017; Purwaningsih *et al.*, 2018), *Nomuraea rileyi* (Trizelia, 2008), *Metarhizium anisopliae* (Ghanbary *et al.*, 2009; Nunilahwati *et al.*, 2013; Rosmayuningsih *et al.*, 2014; Prakash *et al.*, 2015; Sepulveda *et al.*, 2016; Yunizar *et al.*, 2018), *Lecanicillium lecanii* (Zare & Gams) (Prayogo, 2012; Anggarawati *et al.*, 2017), *Aspergillus* sp (Gaitan, 2012). Mortalitas serangga hama akibat infeksi jamur patogen diantaranya adalah *B. bassiana* dapat menyebabkan mortalitas imago *Leptocorisa oratorius* sebesar 30,03% (Senewe dan Manengkey, 2011), 83% larva *Plutella xylostella* (Nunilahwati *et al.*, 2012).

Upaya pengembangan pestisida yang berbahan aktif jamur entomopatogen yaitu dengan cara mengkoleksi isolat untuk kemudian menguji potensi untuk mendapatkan isolat yang efektif dan virulen terhadap hama yang menjadi sasaran (Soetopo dan Indrayani, 2007). Hasil eksplorasi Nunilahwati *et al.*, (2012) menemukan 9 isolat jamur entomopatogen dari genus *B. bassiana* di lokasi sentra produksi sayuran dataran rendah kota Palembang yaitu Suak, Talang Buruk dan Kenten.

Eksplorasi jamur patogen serangga atau jamur entomopatogen yang terdapat di sekitar rhizosfer pertanian, merupakan suatu kegiatan guna pelestarian musuh alami yang dapat dikembangkan, diperbanyak dan dimanfaatkan untuk pengendalian hama (Herdatiarni *et al.*, 2014). Jamur patogen serangga yang terdapat di rhizosfer tanaman dapat diperoleh dengan cara pemancingan menggunakan serangga umpan (*Insect Bait Method*). Serangga umpan yang biasa digunakan seperti ulat hongkong (*Tenebrio molitor*) (Nunilahwati *et al.*, 2012; Utami *et al.*, 2014), Rayap *Coptotermes* sp. dan ulat *Xystrocera festiva* Pascoe (Suciatiarni *et al.*, 2015), pupa penggerek buah kakao (*Conopomorpha cramerella*) (Yuliana *et al.*, 2019) dan larva *Omphisa fuscidentalis* (Nunilahwati *et al.*, 2019).

Eksplorasi jamur entomopatogen dari berbagai lokasi berbeda dilakukan untuk memperoleh jamur entomopatogen yang memiliki virulensi tinggi (Kreutz *et al.*, 2004; Ahmadi *et al.*, 2004). Berdasarkan hal tersebut diatas maka dilakukan penelitian eksplorasi jamur patogen serangga sebagai agens hayati dari rhizosfer berbagai pertanian.

## BAHAN DAN METODE

**Waktu dan Tempat.** Penelitian dilaksanakan di laboratorium Hama dan Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Palembang, dan dilakukan pada Bulan Februari sampai dengan Mei 2019.

**Metode Penelitian.** Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial yang terdiri atas 3 ulangan dan 15 perlakuan yaitu:

Asal sampel tanah:

A1 = sampel tanah asal pertanian padi sawah

A2 = sampel tanah asal pertanian kacang panjang

A3 = sampel tanah asal pertanian karet

Waktu mortalitas larva *O. fuscidentalis*:

T3 = mortalitas hari ke 3

T6 = mortalitas hari ke 6

T9 = mortalitas hari ke 9

T12 = mortalitas hari ke 12

T15 = mortalitas hari ke 15

**Cara Kerja.**

### **Eksplorasi jamur patogen serangga.**

Eksplorasi dilakukan dengan menggunakan larva *Omphisa fuscidentalis* sebagai serangga umpan. Tanah yang digunakan sebagai sampel untuk memerangkap jamur patogen serangga berasal dari pertanian padi sawah, kacang panjang dan pertanian karet di wilayah kabupaten Ogan Komering Ilir. Tanah digali sedalam 5-10 cm dan diambil sebanyak 1000 gram, kemudian dimasukkan kedalam kantong plastik ukuran 2000 gram dan diberi label mengenai jenis tanaman, lokasi serta tanggal pengambilan. Kemudian dibawa ke laboratorium. Di laboratorium tanah

dikering anginkan dan dihaluskan supaya bisa diayak. Tanah diayak menggunakan ayakan 600 mesh, setelah itu dimasukkan kedalam nampan plastik ukuran 35x28x7 cm<sup>2</sup> dengan ketebalan tanah 3cm (Nunilahwati *et al.*, 2012). Nampan yang telah diisi tanah sampel diisi larva *O. fuscidentalis* masing-masing sebanyak 10 larva, lalu diberi label mengenai asal tanah dan waktu infestasi. Kemudian nampan ditutup dengan kain puring berwarna hitam dan diikat dengan karet gelang. Kain penutup disemprot air dengan menggunakan handsprayer supaya lembab. Larva diamati tiga hari setelah infestasi dan selanjutnya diamati setiap hari untuk mengetahui mortalitas larva.

### **Isolasi dan identifikasi jamur patogen serangga.**

Larva *O. fuscidentalis* yang terinfeksi jamur patogen serangga disterilkan dengan alkohol 70% selama 3 menit, lalu dibilas dengan air steril sebanyak 3 kali dan dikering anginkan diatas kertas steril didalam petridish ukuran diameter 9 cm dan diinkubasikan. Jamur yang keluar dari tubuh larva setelah inkubasi, dibiakkan pada media PDA (*Potato Dextrose Agar*). Biakan jamur diinkubasi selama 7 hari pada suhu ruangan. Jamur yang tumbuh pada media biakan diidentifikasi menggunakan buku identifikasi Barron (1972) dan Barnett & Hunter (1998).

### **Mortalitas larva serangga umpan.**

Pengamatan Mortalitas larva *O. fuscidentalis* sebagai serangga umpan dilakukan selama 15 hari. Pengamatan pertama yaitu 3 hari setelah infestasi (hsi) serangga ke dalam sampel tanah dengan interval waktu pengamatan 3 hari. Persentase mortalitas larva serangga umpan dihitung menurut yang dilakukan oleh Wahyono dan Tarigan (2007) yaitu:

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

### **Analisis Data.**

Isolat jamur patogen serangga dianalisis secara diskriptif dan ditampilkan dalam bentuk gambar. Data perbedaan mortalitas larva dianalisis menggunakan Analisis Keragaman (*Analysis of Variance*).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### **Eksplorasi dan identifikasi jamur patogen serangga.**

Hasil penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa terdapat jamur patogen serangga yang menginfeksi larva serangga umpan. Larva yang terinfeksi tampak kaku, pergerakan lambat, terjadi perubahan warna dan tampak miselium dan konidia pada permukaan tubuh. Pada pengamatan hari ke tiga, larva terinfeksi pada permukaan tubuh belum ditumbuhi jamur, tetapi menunjukkan gejala berwarna pucat dan tidak bergerak. Pada pengamatan hari ke enam, terjadi perubahan warna pada permukaan tubuh yaitu coklat kehitaman, dan tubuh larva tampak kaku. Pengamatan hari ke sembilan

menunjukkan gejala permukaan tubuh berwarna coklat tua hingga hitam dan ditumbuhi miselium berwarna putih hingga hijau tua. Tanda-tanda tersebut sama dengan hasil penelitian Kapriyanto *et al.*, (2014) tentang patogenesitas jamur *M. anisopliae* terhadap larva uret. Infeksi jamur tampak pada bagian ujung tubuh yaitu kepala atau ekor dan abdomen, kemudian akan pertumbuhan miselium dan konidia akan menutupi permukaan tubuh larva (Gambar 1). Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Anggarawati *et al.*, (2017) yang

menyatakan bahwa miselium *B. bassiana* pada tubuh serangga inang tumbuh pada ruas-ruas tungkai, antena dan thoraks kemudian tumbuh dan berkembang hingga memenuhi seluruh tubuh serangga inang. Prayogo *et al.*, (2017) menyatakan infeksi jamur patogen serangga *B. bassiana* menyebabkan terjadinya perubahan aktivitas atau perilaku serangga yaitu nafsu makan berkurang, pergerakan lambat cenderung diam dan warna integument hitam.



Gambar 1. Larva serangga umpan *O. fuscidentalis* yang terinfeksi jamur patogen serangga

Hasil pengamatan secara makroskopis jamur patogen serangga yang di isolasi dari larva serangga umpan pada media PDA dari masing-masing sampel tanah menunjukkan karakteristik yang hampir sama. Diameter koloni dari masing-masing isolat berbeda-beda. Warna permukaan koloni jamur adalah putih, kuning dan hijau tua, dan tampak massa miselium dan konidia. Pengamatan secara mikroskopis menunjukkan adanya hifa yang bersekat dan tidak bersekat, dengan bentuk konidia bulat atau kebulatan pada masing-masing isolat.

Identifikasi pada isolat asal pertanaman padi ditemukan jamur *B. bassiana*, pada pertanaman kacang panjang ditemukan jamur *B. bassiana*, *M. anisopliae* dan *Aspergillus* sp, sedangkan pertanaman karet ditemukan jamur *Aspergillus* sp (Gambar 2).

Pengamatan secara makroskopis pertumbuhan koloni jamur *B. bassiana* pada media PDA adalah koloni berwarna putih dan tampak seperti tepung. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Shanmugam dan Seethapathy (2017) yaitu isolat jamur *B. bassiana* berwarna putih kemudian menjadi kekuningan dan bertipe seperti tepung. Menurut Barron (1972), warna putih pada koloni *B. bassiana* disebabkan karena konidia yang berbentuk seperti bola-bola berwarna putih. Pengamatan secara mikroskopis menunjukkan miselium *B. bassiana* berwarna putih tampak seperti tepung, konidia berbentuk bulat dan hialin.

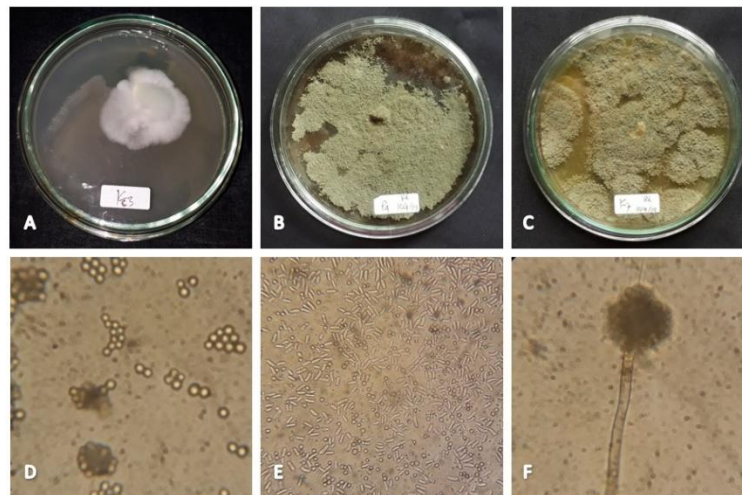
Hal ini sesuai dengan identifikasi yang dilakukan dengan menggunakan buku Barnett dan Hunter (1998) (Gambar 2.A.D). Suharto *et al.*, (1998) menyatakan bahwa konidia jamur *B. bassiana* berbentuk bulat, memiliki satu sel dan hialin dan dihasilkan secara aseksual, soliter serta terbentuk di ujung dan sisi-sisi konidiofor. Menurut Ahmad (2008), konidia *B. bassiana* memiliki bentuk yang bervariasi yaitu elips, silindris, globos dan koma.

Pengamatan jamur *M. anisopliae* secara makroskopis menunjukkan pada awal pertumbuhan koloni berwarna putih kemudian menjadi hijau tua/gelap. Hal ini merupakan karakteristik dari pertumbuhan koloni jamur *M. anisopliae* yang disebabkan karena kematangan konidia seiring pertambahan umur (Prayogo *et al.*, 2005; Nunilawati *et al.*, 2012; Yunizar *et al.*, 2018). Pengamatan secara mikroskopis menunjukkan konidiofor jamur *M. anisopliae* tegak dan bercabang dan dipenuhi oleh konidia membentuk rantai. Bentuk konidia bulat silinder dan hialin. Hasil identifikasi menggunakan buku Barron (1972) dan Barnett & Hunter (1998), karakteristik tersebut merupakan jamur *M. anisopliae* (Gambar 2.B.E).

Pengamatan jamur *Aspergillus* sp secara makroskopis menunjukkan koloni berwarna kekuningan dan hijau tua serta menyebar kesegala arah. Sedangkan secara mikroskopis menunjukkan konidiofor berbentuk tegak, ujungnya membesar dan terdapat kumpulan konidia berbentuk bulat.

Karakteristik tersebut sesuai dengan buku identifikasi dan mendukung hasil penelitian Trizelia

et al., (2015) (Gambar 2.C.F).



Gambar 2. Pertumbuhan dan konidia jamur patogen serangga pada media PDA (Potato Dextrose Agar). A.D. *Beauveria bassiana*; B.E. *Metarhizium anisopliae*; C.F. *Aspergillus* sp.

**Mortalitas larva serangga umpan.**

Pengamatan mortalitas pada larva serangga umpan dilakukan tiga hari setelah infestasi pada tanah perlakuan, dan kemudian dilakukan pengamatan mortalitas setiap tiga hari sampai hari ke 15. Pengamatan dilakukan pada larva yang langsung terinfeksi jamur patogen serangga pada setiap perlakuan tanah. Semua larva serangga umpan pada setiap perlakuan terinfeksi dan mengalami kematian, tetapi dengan waktu yang berbeda-beda. Menurut Maina et al., (2018) serangga fase nimfa atau larva akan lebih mudah terinfeksi jamur patogen tanah (susceptible) dibandingkan fase dewasa (imago).

Hasil analisis sidik ragam mortalitas serangga umpan pada perlakuan kombinasi dan waktu mortalitas (T) menunjukkan berbeda sangat nyata, sedangkan perlakuan tanah (A) dan interaksi perlakuan tanah (AT) menunjukkan berbeda tidak nyata (Tabel 1). Hal ini menandakan bahwa kombinasi perlakuan antara sampel tanah dengan waktu larva serangga umpan, dan waktu mortalitas larva serangga umpan terdapat perbedaan dari setiap perlakuan. Perbedaan tersebut akan jelas dari hasil analisis lanjutan (BNT5%) yang ditunjukkan pada Tabel 2 dan 3.

Tabel 1. Analisis mortalitas larva serangga umpan pada perlakuan tanah yang diamati

SK	db	JK	KT	F hit	F0.05	F0.01
Kombinasi	14	372.04	26.57	5.50	2.04	2.74**
A	2	2.61	1.31	0.27	3.32	5.39tn
T	4	336.54	84.13	17.41	2.69	4.02**
AT	8	32.89	4.11	0.85	2.27	3.17tn
Galat	30	145.00	4.83			
Total	44					

Keterangan: \*\* = berbeda sangat nyata; tn = tidak nyata

Persentase mortalitas larva serangga umpan tertinggi terdapat pada perlakuan A3T15 sebesar 10,02% sedangkan persentase mortalitas terendah terdapat pada perlakuan A2T3 dan A3T3 yaitu 0,71% (Tabel 2). Faktor-faktor yang mempengaruhi mortalitas dapat disebabkan karena suhu dan kelembaban (Mahr et al., 2001), adanya kontak larva serangga umpan dengan

konidia (Surtikanti dan Yasin, 2009), dan asal isolat (Nunilahwati et al., 2012). Selanjutnya Surtikanti dan Yasin (2009) menyatakan pada saat konidia jamur kontak dengan tubuh larva maka konidia akan membentuk tabung kecambah dan akan mengeluarkan enzim yang menyebabkan kutikula larva menjadi lunak, yang akan memudahkan konidia masuk kedalam tubuh larva,

Tabel 2. Mortalitas larva serangga umpan pada perlakuan tanah yang diamati

Kombinasi Perlakuan	Rata-rata Mortalitas (%)
A1T3	2.40 ab
A1T6	5.47 bcd
A1T9	8.18 cdef
A1T12	9.32 ef
A1T15	6.92 cde
A2T3	0.71 a
A2T6	5.19 bc
A2T9	7.76 cdef
A2T12	9.32 def
A2T15	6.92 cdef
A3T3	0.71 a
A3T6	5.04 bc
A3T9	7.08 cdef
A3T12	7.48 cdef
A3T15	10.02 f

Angka diikuti oleh huruf yang sama pada lajur yang sama berbeda tidak nyata (BNT5%=3.67)

Hasil pengamatan waktu mortalitas menunjukkan bahwa mortalitas tertinggi larva serangga umpan terjadi pada waktu 15 hsi

sebesar 23,86%, sedangkan terendah pada 3 hsi dengan mortalitas sebesar 3,81% (Tabel 3).

Tabel 3. Waktu mortalitas larva serangga umpan pada perlakuan tanah yang diamati

Waktu (hari)	Rata-rata Mortalitas (%)
T3	3.81 a
T6	15.70 b
T9	23.02 c
T12	26.49 c
T15	23.86 c

Angka diikuti oleh huruf yang sama pada lajur yang sama berbeda tidak nyata (BNT5%=3.67)

Berdasarkan data tersebut dapat dilihat bahwa persentase mortalitas larva serangga umpan semakin meningkat seiring waktu pengamatan yang dilakukan. Meningkatnya mortalitas larva serangga umpan dimungkinkan karena daya infeksi jamur patogen tanah yang tinggi (*virulen*) dan populasi larva serangga umpan yang terinfeksi meningkat seiring bertambahnya waktu. Hal ini dapat menyebabkan larva yang terinfeksi menjadi sumber inokulum bagi larva yang belum terinfeksi. Hasil penelitian Kapriyanto *et al.*, (2014) menyatakan bahwa mortalitas larva uret meningkat seiring meningkatnya konsentrasi dan lama perlakuan yang menunjukkan isolat tersebut virulen terhadap larva uret.

- karet.
- 2. Persentase mortalitas larva serangga umpan tertinggi terdapat pada perlakuan A3T15 sebesar 10,02% dan persentase mortalitas terendah pada perlakuan A2T3 dan A3T3 yaitu 0,71%.
- 3. Waktu mortalitas tertinggi larva serangga umpan adalah T15 sebesar 23,86%, dan terendah pada T3 dengan mortalitas sebesar 3,81%.

**Saran**

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut pada skala laboratorium dan lapangan untuk mendapatkan strain jamur patogen serangga yang lebih spesifik dan efektif, sehingga dapat digunakan sebagai agens hayati dalam mengendalikan hama tanaman yang ramah lingkungan.

**KESIMPULAN DAN SARAN**

**Kesimpulan**

Hasil penelitian yang telah dilakukan menyimpulkan:

1. Ditemukan jamur patogen serangga *B. bassiana* pada tanaman padi, *B. bassiana*, *M. anisopliae* dan *Aspergillus* sp pada pertanaman kacang panjang, dan *Aspergillus* sp pada pertanaman

**DAFTAR PUSTAKA**

Ahmad RZ. 2008. Pemanfaatan cendawan untuk meningkatkan produktivitas dan kesehatan ternak. *J. Litbang. Pertan.* 27:84-92.

- Ahmadi LB, Askary H, Ashouri A. 2004. Preliminary evaluation of the effectiveness of a *Verticillium lecanii* isolate in the control of *Thrips tabaci* (Thysanoptera: Thripidae). *Commun. Agric. Appl. Biol. Sci.* 69(3):201-204.
- Anggarawati SH, Santoso T, Anwar R. 2017. Penggunaan cendawan entomopatogen *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin dan *Lecanicillium lecanii* (Zimm) Zare & Gams untuk mengendalikan *Helopeltis antonii* Sign (Hemiptera: Miridae). *J. Silviculture Tropika.* 8(3):197-202.
- Barron GL. 1972. The Genera of Hyphomycetes from Soil. Robert E. Krieger Publishing Company. pp.1-364.
- Barnett HL, Hunter BB. 1998. Illustrated Genere of Imperfect Fungi (Fourth Edition). Burgess Publishing Company. Minnesota.
- Deciyanto S, Indrayani IGAA. 2008. Jamur entomopatogen *Beauveria bassiana*: potensi dan prospeknya dalam pengendalian hama tungau. *Perspektif.* 8:65-73.
- Ghanbary MAT, Asgharzadeh A, Hadizadeh AR, Sharif MM. 2009. A quick method for *Metarhizium anisopliae* isolation from cultural soils. *Am. J. Agri. Biol. Sci.* 4:152-155.
- Gaitan MAG. 2012. Presence of *Aspergillus* and other fungal symbionts in coffee beans from Colombia. *Acta biol. Colomb.* 17(1):3 -50.
- Herdatiarni F, Himawan T, Rachmawati R. 2014. Eksplorasi cendawan entomopatogen *Beauveria* sp menggunakan serangga umpan pada komoditas jagung, tomat dan wortel organik di Batu, Malang. *J. HPT.* 1(3):1-11.
- Kapriyanto, Haryadi NT, Hasjim S. 2014. Patogenesitas isolat cendawan *Metarhizium anisopliae* entomopatogen terhadap larva uret famil Scarabaeidae. *Berkala Ilmiah Pertanian.* 1(1):xx-xx.
- Kreutz J, Vaupel O, Zimmermann G. 2004. Efficacy of *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. against the spruce bark beetle in the laboratory under various conditions. *J. Appl. Entomol.* 128:384-389.
- Krutmuang P, Mekchay S. 2005. Pathogenicity of entomopathogenic fungi *Metarhizium anisopliae* against termites. Conference on International Agricultural Research for Development. Stuttgart-Hohenheim, October 11-13, 2005.
- Mahr SER, Cloyd RA, Mahr DL, Sadof CS. 2001. *Biology Control of Insects and the Other Pest of the Greenhouse Crop.* North Central Regional Publication 581. University of Wisconsin Extension, Cooperative Extension.
- Maina UM, Galadima IB, Gambo FM, Zakaria D. 2018. A review on the use of entomopathogenic fungi in the management of insect pests of field crops. *J. Entomology and Zoology Studies.* 6(1):27-32.
- Noerfitriyani. 2018. Inventarisasi jenis-jenis cendawan pada rhizosfer pertanian padi. *J. Galung Tropika.* 7 (1):11-21.
- Nunilahwati H, Herlinda S, Irsan C & Pujiastuti Y. 2012. Eksplorasi, isolasi dan seleksi jamur entomopatogen *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Yponomeutidae) pada pertanaman caisin (*Brassica chinensis*) di Sumatera Selatan. *J. HPT Tropika.* 12(1):1-11.
- Nunilahwati H, Herlinda S, Irsan C & Pujiastuti Y, Khodijah, Meidelima D. 2013. Uji efikasi bioinsektisida jamur entomopatogen berformulasi cair terhadap *Plutella xylostella* (L.) di laboratorium. *J. HPT Tropika.* 13(1):52-60.
- Nunilahwati H, Purwanti Y, Nisfuriah L, Sinatra F. 2019. Pengaruh jamur entomopatogen rhizosfer pertanian terhadap mortalitas serangga umpan *Omphisa fuscidentalis* (Lepidoptera: Pyralidae) di Laboratorium. Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal 2019, Palembang 4-5 September 2019. pp. 246-253. Palembang: Unsri Press.
- Prakash GVS, Sankar UV, Padmaja V. 2015. Development and testing of mycopesticide formulations of *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) for shelf life and field application against *Spodoptera litura* (Fab) larvae. *International Journal of Bioassays.* 4(9): 4284-4289.
- Prayogo Y, Tengkan W, Marwoto. 2005. Prospek cendawan entomopatogen *Metarhizium anisopliae* untuk mengendalikan ulat grayak *Spodoptera litura* pada kedelai. *J. Litbang Pertanian.* 24(1):19-26.
- Prayogo Y. 2012. Keefektifan cendawan entomopatogen *Lecanicillium lecanii* (Zare & Gams) terhadap *Bemisia tabaci* Gen. sebagai vector soybean mosaic virus (SMV) pada tanaman kedelai. *Superman: Suara Perlindungan Tanaman.* 2(1):11-21.
- Prayogo Y, Afandi A, Puspitarini RD, Rachmawati RQ. 2017. Penambahan senyawa kitin untuk meningkatkan virulensi cendawan entomopatogen *Beauveria bassiana* dalam membunuh serangga hama. *Buletin Palawija.* 15(1):31-43.
- Purwaningsih T, Kristanto BA, Karno. 2018. Efektifitas aplikasi *Beauveria bassiana* sebagai upaya pengendalian wereng batang coklat dan walang sangit pada tanaman padi di Desa Campursari Kecamatan Bulu Kabupaten Temanggung. *J. Agro. Complex.* 2(1):12-18.
- Rosmayuningsih A, Rahardjo BT, Rachmawati R. 2014. Patogenesitas jamur *Metarhizium anisopliae* terhadap hama kepinding tanah (*Stibaropus molginus*) (Hemiptera:Cydnidae)dari beberapa formulasi. *J. HPT.* 2(2):28-37.



- Senewe E, Manengkey GSJ. 2011. Identifikasi dan uji patogenisitas cendawan entomopatogen local terhadap *Leptocorisa oratorius*. *Eugenia*. 17(3):163-170.
- Sepulveda M, Vargas M, Gerding M, Ceballos R, Oyarzua P. 2016. Molecular, morphological and pathogenic characterization of six strains of *Metarhizium* spp. (Deuteromycotina: Hyphomycetes) for the control of *Aegorhinus superciliosus* (Coleoptera: Curculionidae). *Chilean J. Agricultural Research*. 76(1):77-83.
- Shahid AA, Rao AQ, Bakhsh A, Husnain T. 2012. Entomopathogenic fungi as biological controllers: new insights into their virulence and pathogenicity. *Arch. Biol. Sci.* 64(1):21-42.
- Shanmugam V, Seethapathy P. 2017. Isolation and characterization of white muscardine fungi *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. - A causative of mulberry silkworm. *J. Entomology and Zoology Studies*. 5(3):512-515.
- Suciatmih, Kartika T, Yusuf S. 2015. Jamur entomopatogen dan aktivitas enzim ekstraselulernya. *Berita Biologi*. 14 (2):131-142.
- Soetopo D, Indrayani IGAA. 2007. Status teknologi dan prospek beaiveria bassiana untuk pengendalian serangga hama tanaman perkebunan yang ramah lingkungan. *Perspektif*. 6(1):29-46.
- Suharto, Trisusilowati EB, Purnomo H. 1998. Kajian aspek fisiologik *Beauveria bassiana* dan virulensinya terhadap *Helicoverpa armigera*. *J. Perlindungan Tanaman Indonesia*. 4:112-119.
- Surtikanti , Yasin M. 2009. Keefektifan entomopatogenik *Beauveria bassiana* Vuill. Dari berbagai media tumbuh terhadap *Spodoptera litura* F. (Lepidoptera: Noctuidae) di laboratorium. Prosiding Seminar Nasional Serealia. Hlm. 358-362.
- Suwahyono U, Wahyudi P. 2008. Produksi dan formulasi bioinsektisida dari propagul aktif jamur *Beauveria bassiana*. *J. Tek. Ling.* (9):85-91.
- Trizelia. 2008. Patogenitas cendawan entomopatogen *Nomuraea rileyi* (Farl.) Sams. terhadap hama *Spodoptera exigua* Hubner (Lepidoptera: Noctuidae). *J. Entomol. Indon.* 5(2):108-115.
- Trizelia, Armon N, Jailani H. 2015. Keanekaragaman cendawan entomopatogen pada rizosfer berbagai tanaman sayuran. *Pros.Sem.Nas.Masy.Biodiv.Indon.* 1(5):998-1004.
- Utami RS, Isnawati, Ambarwati R. 2014. Eksplorasi dan karakterisasi cendawan entomopatogen *Beauveria bassiana* dari Kabupaten Malang dan Magetan. *LenteraBio*. 3(1): 59-66.
- Wahyono TE, Tarigan N. 2007. Uji patogenisitas agen hayati *Beauveria bassiana* dan *Metarhizium anisopliae* terhadap ulat serendang (*Xystrocera festiva*). *Bul. Teknik Pertanian*. 12(1):27-29.
- Yuliana, Anshary A, Yunus M. 2019. Identifikasi cendawan entomopatogen dan mortalitas serangga umpan pada beberapa lapisan tanah dari perkebunan kakao (*Theobroma cacao* L.). *e-J. Agrotekbis*. 7(1):140-148.
- Yunizar N, Rahmawati, Kustiati. 2018. Patogenitas isolat jamur entomopatogenik *Metarhizium anisopliae* terhadap lalat rumah *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae). *Protobiont*. 7(3):77-82.