

## PENGENDALIAN HAYATI LARVA *Spodoptera frugiperda* J.E. SMITH DENGAN MENGGUNAKAN CENDAWAN ENTOMOPATOGEN *Metarhizium anisopliae* DI LABORATORIUM

### Biological Control of Larvae of *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith Using The Entomopathogenic Fungus *Metarhizium anisopliae* in The Laboratory

Rohman Lugito<sup>1)</sup>, Moh. Yunus<sup>2)</sup>, Asrul<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Mahasiswa Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Tadulako, Palu

<sup>2)</sup>Dosen Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Tadulako, Palu

Jl. Soekarno-Hatta Km 9, Tondo-Palu 94118, Sulawesi Tengah. Telp. 0451-429738

e-mail: [rohman.lugito@gmail.com](mailto:rohman.lugito@gmail.com) e-mail: [mohyunus125@gmail.com](mailto:mohyunus125@gmail.com) e-mail: [asrul1203@gmail.com](mailto:asrul1203@gmail.com)

#### ABSTRACT

The damage of maize in Indonesia causes pest attack. *Spodoptera frugiperda* is a pest that is one of the leading causes of the decline in maize productivity in various parts of the world. The purpose of this study is to determine the effective concentration of the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* against the mortality of the pest *S. frugiperda*. The method used was a Complete Randomized Design using *S. frugiperda* 3rd instar larvae to be tested with conidia density treatment of  $10^4$ ,  $10^6$ ,  $10^8$ ,  $10^{10}$  and controls to see the description of infection symptoms arising from the yeast incubation period, and larval mortality. The results showed the most effective treatment, from the concentration of  $10^{10}$ , showing the highest mortality rate of 77.5% and the fastest incubation period of 1.5 days. Symptoms of infection that arise in larvae in 1 – 3 days after application begin to appear as white hyphae on the body of the larva which causes the slow activity of the larvae, hyphae fill the body of the larvae and change color to dark green, in this phase the larva's body has died and stiffened. The treatment of conidia density has a noticeable effect on larval mortality. The highest mortality was found in treating a thickness of  $10^{10}$  of 77.5% and a density of  $10^8$  of 45%.

**Keywords:** Symptoms, Infections, Mortality, *Metarhizium anisopliae*, *Spodoptera frugiperda*.

#### ABSTRAK

Tanaman jagung di Indonesia telah mengalami kerusakan akibat serangan hama. *Spodoptera frugiperda* termasuk hama yang menjadi salah satu penyebab utama turunnya produktivitas jagung di berbagai belahan dunia. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan konsentrasi yang efektif dari cendawan entomopatogen *M. anisopliae* terhadap mortalitas hama *S. frugiperda*. Metode yang digunakan yaitu Rancangan Acak Lengkap (RAL) menggunakan larva *S. frugiperda* instar 3 yang diujikan dengan perlakuan kerapatan konidia  $10^4$ ,  $10^6$ ,  $10^8$ ,  $10^{10}$  dan kontrol untuk melihat deskripsi gejala infeksi yang timbul masa inkubasi cendawan, dan mortalitas larva. Hasil penelitian menunjukan perlakuan yang paling efektif yaitu kerapatan  $10^{10}$  menunjukkan angka mortalitas tertinggi sebesar 77.5% dan masa inkubasi tercepat selama 1.5 Hari. Gejala infeksi yang timbul pada larva pada 1 – 3 HSA mulai muncul hifa berwarna putih pada bagian tubuh larva yang menyebabkan lambatnya aktivitas larva, hifa memenuhi tubuh larva dan berubah warna menjadi hijau gelap, pada fase ini tubuh larva telah mati dan kaku. Perlakuan kerapatan konidia sangat berpengaruh nyata terhadap mortalitas larva. Mortalitas tertinggi terdapat pada perlakuan kerapatan  $10^{10}$  sebesar 77.5 % dan kerapatan  $10^8$  sebesar 45%.

**Kata Kunci :** Gejala, Infeksi, Mortalitas, *Metarhizium anisopliae*, *Spodoptera frugiperda*.

## PENDAHULUAN

Tanaman jagung di Indonesia telah mengalami kerusakan mencapai 31.456 Ha, Provinsi Sulawesi Tengah juga termasuk wilayah yang terserang *Spodoptera frugiperda*, seluas 273 Ha lahan mengalami kerusakan akibat serangan ulat grayak dan tercatat seluas 1 Ha telah mengalami kegagalan panen dan mengakibatkan kerugian yang sangat berdampak pada petani jagung di sekitar kawasan yang terserang *S. Frugiperda* (Kementerian Pertanian, 2019).

*Spodoptera frugiperda* J.E Smith termasuk hama baru yang menjadi salah satu penyebab utama turunnya produktivitas jagung di berbagai belahan dunia. FAO (2018) dan CABI (2019) memaparkan kerugian hasil yang diakibatkan hama ini pada beberapa negara di benua Afrika dan Eropa mencapai 8,3 hingga 20,6 juta ton per tahun, dengan nilai kerugian ekonomi sebesar US\$ 2.5-6.2 milyar pertahun. Persentase kerusakan yang timbul sebesar 15-73% jika populasi tanaman terserang 55-100% (Aqil, 2019).

Ulat grayak *S. frugiperda* atau Fall armyworm (FAW) merupakan serangga yang berasal dari daerah tropis Amerika Serikat hingga Argentina (Shylesha dkk., 2018). *S. frugiperda* pertama kali terdeteksi di Afrika pada tahun 2016 (Indiati and Marwoto, 2017), dan menyerang tanaman jagung di Pasaman Barat Sumatera Barat (BBPOP, 2019a) lalu masuk ke pulau Sulawesi secara menyeluruh pada Oktober 2019 (BBPOPT, 2019b).

Pengendalian biologi dengan menggunakan agen hayati sangat efektif pada sistem pengelolaan hama terpadu (PHT), salah satu agen hayati yang dapat digunakan yaitu cendawan entomopatogen yang mempunyai kemampuan mematikan serangga dan dapat menjadi salah satu tindakan alternatif dalam upaya meminimalisir penggunaan insektisida sintetis (Tambingsila, 2020).

Terdapat lebih dari 700 spesies cendawan yang memiliki kemampuan

sebagai entomopatogen salah satunya adalah *Metarhizium anisopliae* (Tular dkk., 2021). Cendawan *M. anisopliae* telah digunakan untuk mengendalikan hama pada beberapa jenis tanaman seperti kopi, kakao, kelapa dan lain-lain (Jati dkk., 2021). Hasil penelitian yang dilakukan McKinnon dkk., (2017) bahwa cendawan *M. anisopliae* berpengaruh terhadap tingkat mortalitas *S. litura* mencapai 70%, kemudian penelitian Sopialena 2022 mortalitas pada *Aphis craccivora* sebesar 50%. Cendawan *M. anisopliae* mampu mengendalikan Kepik Hijau (*Nezara viridula* L.) dengan mortalitas 97,67 % (Azhari dkk., 2019).

Berdasarkan kerusakan komoditas jagung di Indonesia perlu adanya penanggulangan yang tepat. Melihat potensi dari cendawan entomopatogen *M. anisopliae* perlu dilakukan pengujian terhadap hama *S. frugiperda*.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan konsentrasi yang efektif dari cendawan entomopatogen *Metarhizium anisopliae* terhadap mortalitas larva *S. frugiperda*.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Hama dan Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian, Universitas Tadulako pada Bulan Juni sampai dengan bulan Agustus 2022.

Bahan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini yaitu larva *S. frugiperda* dari pertanaman jagung di daerah Kabupaten Sigi, kentang, dextrose, agar, akuades, alcohol 70%, spiritus, aluminium foil, plastik wrapping, kertas tisu, dan isolat *M. anisopliae* dari BALITKABI Malang.

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu haemocytometer, gelas plastik berukuran 200 ml, cawa petri, jarum ose, autoclave, gelas objek, kaca penutup, tabung reaksi, gelas ukur, gelas beaker, erlenmeyer, mikroskop cahaya, kotak plastik, laminar flow cabinet, mikropipet, pisau potong, bunsen, timbangan analitik, hot plate, vortex, dan mikro pipet.

Penelitian ini disusun menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan 5 perlakuan dan 4 kali ulangan sehingga diperoleh 20 unit percobaan. Penelitian ini menggunakan perlakuan dengan perbedaan suspensi kerapatan spora sebagai berikut: P0: Kontrol (tanpa perlakuan), P1:  $10^4$  Konidia/ml, P2:  $10^6$  Konidia/ml, P3:  $10^8$  Konidia/ml dan P4:  $10^{10}$  Konidia/ml.

**Pembuatan Media PDA.** Kentang 200 gram dikupas lalu dibersihkan dan dipotong kecil kemudian direbus hingga lunak dengan 1 liter aquades. Kentang kemudian ditiriskan untuk memisahkan air dari kentang. Air hasil saringan sebanyak 1 liter selanjutnya ditambahkan 20 gram *dextrose* dan 20 gram agar direbus kembali hingga mendidih. Larutan tersebut kemudian disaring lalu dituangkan pada botol untuk selanjutnya dimasukkan dalam *autoclave* untuk sterilisasi selama 15 menit pada tekanan 1 atmosfer (atm) dengan suhu  $121^\circ\text{C}$ .

**Peremajaan cendawan *Metarhizium anisopliae*.** Isolat cendawan entomopatogen *M. anisopliae* diperoleh dari Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi (BALITKABI) Malang. Cendawan tersebut dibawa ke Laboratorium Hama dan Penyakit Tanaman Fakultas Pertanian Universitas Tadulako dan diperbanyak menggunakan media PDA.

**Perhitungan Kerapatan Konidia *M. anisopliae*.** Perhitungan kerapatan menggunakan alat bantu *haemocytometer*. Suspensi cendawan diambil 1 ml dengan menggunakan mikro pipet yang steril lalu ditetesi secara perlahan pada bidang hitungan dengan *syringe* hingga bidang hitung terpenuhi suspensi dan didiamkan selama 1 menit. Pengamatan konidia menggunakan mikroskop, setelah konidia terlihat, kemudian jumlah konidia dihitung dengan menggunakan rumus Gabriel dan Riyanto (1989):

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

C adalah Kerapatan spora, t adalah Jumlah total spora dalam kotak sampel yang

diamati, n adalah Jumlah kotak sampel dan n sama dengan 0,25 faktor koreksi penggunaan kotak sampel skala kecil pada *haemocytometer*.

**Perbanyak Serangga Uji *S. frugiperda*.** Larva *S. frugiperda* yang diperoleh dari areal perkebunan jagung dipelihara di Laboratorium hingga berkembang biak dalam toples dengan diberikan pakan daun jagung yang bebas dari pestisida. Larva sebagai sampel uji untuk mengetahui mortalitas pada masing-masing perlakuan.

**Pengaplikasian *M. anisopliae* pada Larva *S. frugiperda*.** Suspensi cendawan *M. anisopliae* yang telah dibuat sesuai dengan kerapatan konidia. Metode aplikasi yang digunakan mengacu pada penelitian Adrianti dkk., 2015 menggunakan daun jagung dengan ukuran 3 x 3 cm, daun tersebut direndam dalam cawan petri berisi suspensi *M. anisopliae* sebanyak 10 ml selama 5 menit, daun dikeringanginkan selama 20 menit dan diberikan kepada larva uji pada toples plastik setiap larva. Pengamatan kematian larva akibat terinfeksi *M. anisopliae* dilakukan setiap hari selama 24 jam sekali setelah perlakuan hingga 10 HAS.

Variabel pengamatan patogenisitas pada penelitian ini yaitu; a. Deskripsi gejala infeksi larva *S. frugiperda*, b. Masa inkubasi cendawan dan c. Mortalitas larva *S. frugiperda*.

**Analisis Data.** Hasil pengamatan masa inkubasi dan mortalitas larva akan dianalisis menggunakan ANOVA (*Analysis of Variance*) untuk mengetahui ada atau tidaknya pengaruh perlakuan terhadap mortalitas *S. frugiperda*. Jika dari uji tersebut terdapat pengaruh yang nyata dari perlakuan, maka dilanjutkan dengan uji beda rata-rata menggunakan BNJ taraf 5%.

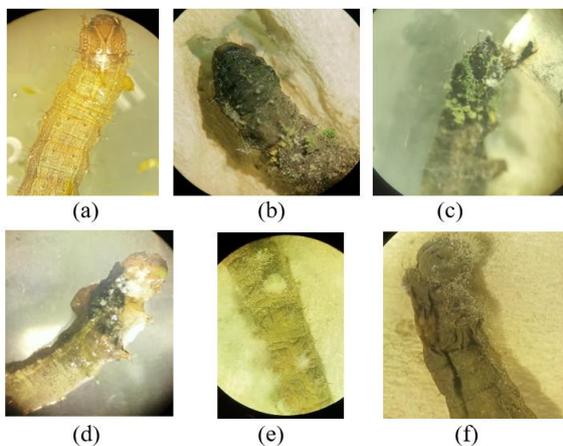
## HASIL DAN PEMBAHASAN

**Deskripsi Gejala Infeksi Larva *Spodoptera frugiperda*.** Pada penelitian ini cendawan menimbulkan kejadian penyakit

yang menyebabkan perubahan morfologi pada larva hingga menyebabkan kematian, dapat dilihat (Gambar 1.) yang menunjukkan proses terjadinya infeksi akibat serangan *M. anisopliae*.

Larva (Gambar 1a) menunjukkan kondisi morfologi yang masih sehat sebelum aplikasi perlakuan kemudian mulai muncul hifa putih pada bagian tubuh larva (Gambar 1b) dan mulai menyebar ke bagian tubuh lainnya (Gambar 1c) pada fase ini tubuh larva mulai kaku hingga mengalami kematian (Gambar 1d) hingga miselia menutupi seluruh bagian tubuh larva, pada fase ini miselia sudah berwarna hijau gelap (Gambar 1).

Secara morfologi larva yang telah diberikan perlakuan menunjukkan tanda berupa miselium berwarna putih yang terdapat di beberapa bagian tubuh larva, hal yang sama juga ditemukan Azhari dkk., (2019) bahwa miselium cendawan *M. anisopliae* awalnya berwarna putih akan berubah menjadi kehijauan.



Gambar 1. Gejala dan tanda Infeksi *M. anisopliae* pada larva *S. frugiperda*; a. Larva *S. frugiperda* sehat sebelum aplikasi, b. Larva 1 HSA muncul miselia, c. Larva 2 HSA tubuh kaku, d. Larva 3 HSA mati dan tubuh mengalami mumifikasi, e. Larva 5 HSA miselia pada tubuh larva menghitam dan f. Larva 10 HSA tubuh larva rusak.

Infeksi cendawan *M. anisopliae* terhadap larva *S. frugiperda* melalui umpan pakan yang telah dimakan oleh larva instar uji menyebabkan perubahan perilaku terhadap larva hingga menyebabkan kematian pada larva, hal ini sesuai dengan pernyataan Manurung dkk., (2012) awal infeksi *M. anisopliae* pada larva pada 5-8 hari setelah aplikasi. Aktivitas gerak larva menjadi lebih lambat serta turunnya aktivitas makan larva hal yang sama ditemukan Arsi dkk., (2020) bahwa ciri-ciri serangga yang terserang jamur entomopatogen, pertama bergerak lambat kemudian serangga tersebut mati.

Cendawan masuk kedalam tubuh serangga sebagian besar melalui kulit atau integument yang selanjutnya memperbanyak diri dengan membentuk hifa di jaringan epikutikula, epidermis, hemocoel serta jaringan lainnya hingga tubuh serangga dipenuhi oleh miselia jamur (Agastya dkk., 2018).

Munculnya miselium pada bagian tubuh larva menandakan adanya inkubasi cendawan telah berhasil memarasit larva uji dan menunjukkan kumpulan spora (konidium) yang berkembang memenuhi bagian tubuh larva hingga tubuh larva menjadi mengeras dan kaku, peristiwa infeksi ini selanjutnya menyebabkan larva uji mati hal ini selaras dengan pernyataan Castro dkk., (2016) bahwa sifat peresisten yang dimiliki cendawan entomopatogen memungkinkan terjadinya kematian pada inang.

**Masa Inkubasi Cendawan *M. Anisopliae* Terhadap *S. frugiperda*.** Hasil pengamatan dari masa inkubasi cendawan *M. anisopliae* terhadap larva *S. frugiperda* dengan perlakuan kerapatan konidia berpengaruh nyata terhadap masa inkubasi cendawan.

Diduga kecepatan masa inkubasi cendawan karena tingkat virulensi yang tinggi sesuai dengan pernyataan Ansari, (2004) bahwa kecepatan menyebabkan mikosis larva yang terinfeksi (< 7 hari) juga merupakan indikasi bahwa jamur tersebut sangat virulen, Simanora dkk., (2013) juga menambahkan bahwa strain jamur entomopatogen yang virulen biasanya

berkecambah lebih cepat. Rata-rata masa inkubasi cendawan *M. anisopliae* terhadap larva *S. frugiperda* dapat dilihat dari tabel 1.

Tabel 1. Menunjukkan masa inkubasi tercepat terdapat pada perlakuan kerapatan konidia  $10^{10}$  dengan waktu timbul tanda infeksi tercepat pada 1.5 hari, sedangkan perlakuan kerapatan kerapatan  $10^8$  memiliki masa inkubasi pada hari ke 1.75. Hal yang sama pada penelitian yang dilakukan Azhari dkk., 2019 mendapatkan masa inkubasi tercepat pada 8g/ 100 ml yaitu 1,33 hari.

Tabel 1. Rata-Rata Masa Inkubasi cendawan *M. anisopliae* pada *S. frugiperda*.

Kerapatan Konidia <i>M. anisopliae</i>	Masa Inkubasi (Hari)	Nilai BNJ 5%
P0 Kontrol	0 a	0.43
P1 $10^4$ Konidia/ml	3 c	
P2 $10^6$ Konidia/ml	2.75 bc	
P3 $10^8$ Konidia/ml	1.75 bc	
P4 $10^{10}$ Konidia/ml	1.5 b	

Keterangan:

- Angka yang diikuti huruf menunjukkan berbeda nyata pada uji BNJ Taraf 5%
- Data ditransformasi dengan rumus transformasi  $\arcsin\sqrt{x} + 0.5$

Tabel 2. Total Mortalitas larva *S. frugiperda* setelah aplikasi *M. anisopliae*.

Kerapatan Konidia <i>M. anisopliae</i>	Mortalitas Larva (%)	Nilai BNJ 5%
P0 (Kontrol)	0 a	0.43
P1 $10^4$ Konidia/ml	5 ab	
P2 $10^6$ Konidia/ml	27.5 b	
P3 $10^8$ Konidia/ml	45 bc	
P4 $10^{10}$ Konidia/ml	77.5 c	

Keterangan:

- Angka yang diikuti huruf menunjukkan berbeda nyata pada uji Duncan taraf 5%
- Data ditransformasi dengan rumus transformasi  $\arcsin\sqrt{x} + 0.5$

Rohrlich dkk., (2018) menyatakan bahwa virulensi merupakan parameter untuk menilai tingkat keparahan penyakit yang menginfeksi berdasarkan tingkat mortalitas dan tingkat mikosis pada inangnya.

Masa inkubasi dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya adalah tingkat patogenesitas yang dimiliki oleh isolat cendawan. Kejadian munculnya penyakit pada serangga inang akibat *M. anisopliae* menunjukkan hifa putih pada bagian tubuh larva hal ini sesuai dengan pernyataan Azhari dkk., (2019) yang menjelaskan munculnya hifa putih dari tubuh serangga mengindikasikan telah terjadinya penyakit, Harmiyanti (2006) juga melaporkan kejadian penyakit pada larva *Crocidolomia binotalis* bahwa yang disebabkan cendawan *B. bassiana* yang ditandai dengan perubahan warna pada tubuh larva serta menyebabkan lambatnya aktivitas larva. Keberhasilan cendawan entomopatogen pada serangga uji sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan untuk dapat menimbulkan infeksi serangan, seperti kondisi suhu, kelembaban dan cahaya. Suhu optimum yang dapat mendukung pertumbuhan cendawa *M. anisopliae* dengan cepat berada dikisaran antara  $22^{\circ}\text{C} - 27^{\circ}\text{C}$  (Prayogo dkk., 2005). Kelembaban juga sangat penting dalam perkecambahan cendawan pada tubuh serangga (Simanora dkk., 2013).

#### Mortalitas Larva *Spodoptera frugiperda*.

Hasil uji anova menunjukkan pengaplikasian *M. anisopliae* berpengaruh sangat nyata terhadap mortalitas larva *S. frugiperda*. Pengamatan mortalitas larva *S. frugiperda* dilakukan 1 hari setelah aplikasi hingga 10 hari setelah aplikasi cendawan. Data mortalitas larva menunjukkan perbedaan berdasarkan uji Duncan taraf 5% dapat dilihat di tabel 2.

Persentase mortalitas tertinggi terdapat pada perlakuan kerapatan konidia  $10^{10}$  dengan nilai persentase sebesar 77.5 % selanjutnya pada perlakuan kerapatan konidia  $10^8$  yang menunjukkan jumlah

mortalitas sebesar 45% dan perlakuan kerapatan  $10^6$  sebesar 27.5%. Jumlah persentase terendah berada diperlakuan kontrol yang tidak menimbulkan kematian pada larva dan juga pada perlakuan  $10^4$  yang hanya mendapat 5%.

Berdasarkan hasil penelitian ini diduga tingkat mortalitas dari serangga uji dipengaruhi tingkat kerapatan konidia yang diberikan, hal ini sesuai dengan pernyataan Azhari dkk., 2019 bahwa tinggi dan rendahnya mortalitas disebabkan karena perbedaan konsentrasi kerapatan konidia yang dapat menyebabkan toksin dan enzim yang dihasilkan dapat menginfeksi serangga, Masyitah dkk., 2017 menambahkan semakin tinggi kerapatan konida maka semakin banyak konidia yang menempel pada tubuh serangga dan proses infeksi akan semakin cepat.

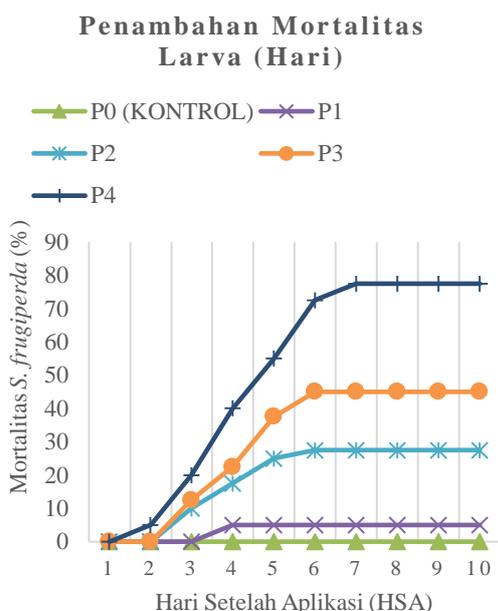
Kematian larva uji karena *M. anisopliae* menghasilkan racun. Widiyanti dan Muyadihardja, 2004 menjelaskan bahwa cendawan *M. anisopliae* memiliki sifat aktivitas membunuh larva karena dapat menghasilkan *cyclopeptide*, *destruxin A, B, C, E* dan *desmethyl destruxin*.

Penambahan persentase dari mortalitas larva *S. frugiperda* (hari) dapat dilihat pada Gambar 2. Hasil penelitian ini menunjukkan peningkatan yang jumlah mortalitas yang paling tinggi terdapat pada perlakuan kerapatan  $10^{10}$  pada hari ke 7 sebesar 77.5% setelah aplikasi kemudian pada kerapatan  $10^8$  pada hari ke 6 sebesar 45%, selaras dengan penelitaian Herlinda dkk., (2005) tentang waktu yang dibutuhkan isolat cendawan entomopatogen mulai dari masa infeksi jamur hingga dapat menimbulkan kematian pada larva berkisar 2-10 hari.

Beberapa cendawan entomopatogen membutuhkan waktu untuk mematikan serangga inangnya (Wahyudi, 2002).

Cendawan *M. anisopliae* hidup dan berkembang dengan cara memanfaatkan cairan yang di dalam tubuh serangga dan menghasilkan racun yang dapat membunuh serangga inang (Kherb, 2014).

Penelitian yang dilakukan oleh Zhang dkk., (2018) menunjukkan tingkat mortalitas *Blattella germanica* (L.) sebesar 100% dengan mengaplikasikan cendawan *Metarhizium anisopliae* terhadap kepada Kecoa jerman betina dan jantan, selanjutnya (Suprayogi dkk., 2015) menunjukkan hasil penggunaan dengan konsentrasi  $10^8$  menyebabkan kematian larva *Spodoptera litura* sebesar 83,33 %.



Gambar 2. Grafik penambahan mortalitas larva *S. frugiperda* (hari)

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukan perlakuan yang paling efektif yaitu kerapatan  $10^{10}$  menunjukkan angka mortalitas tertinggi sebesar 77.5% dan masa inkubasi tercepat selama 1.5 Hari. Gejala infeksi yang timbul tubuh larva pada 1 – 3 HSA mulai muncul hifa berwarna putih pada bagian tubuh larva yang menyebabkan lambatnya aktivitas larva, hifa akan memenuhi tubuh larva dan berubah warna menjadi hijau gelap, selanjutnya tubuh larva menjadi kaku.

### Saran

Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk menguji perlakuan kerapatan konidia

*M. anisopliae* terhadap *S. frugiperda* di lapangan untuk melihat tingkat efektivitas dari cendawan entomopatogen *M. anisopliae*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agastya, I.M.I., Ameliawati, P & Fikrinda, W. 2018. Eksplorasi Dan Identifikasi Jamur Pathogen Serangga di Lahan Kering Serangga di Rhizosfer Lahan Kering Kabupaten Malang. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*. 17 (3) : 13 – 17.
- Aqil, M. 2019. *Pengenalan Fall Armyworm: (Spodoptera frugiperda JE Smith) Hama Baru pada Tanaman Jagung di Indonesia*. Absolute Media. 60 p.
- Ardiyati, A. T., Mudjiono, G., & Himawan, T. 2015. Uji Patogenisitas Jamur Entomopatogen *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin pada Jangkrik (*Gryllus* sp.) (Orthoptera: Gryllidae). *Jurnal Hama Dan Penyakit Tumbuhan*. 3(3): 43-51.
- Arsi, A., Pujiastuti, Y., Kusuma, S. S. H., & Gunawan, B. (2020). Eksplorasi, Isolasi dan Identifikasi Jamur Entomopatogen yang Menginfeksi Serangga Hama. *Jurnal Proteksi Tanaman Tropis*. 1(2): 70-76.
- Azhari, A. A., Sayuthi, M., & Hasnah, H. 2019. Patogenisitas Cendawan *Metarhizium anisopliae* (Metsch) dalam mengendalikan Kepik Hijau (*Nezara viridula* L.) pada Stadia Perkembangan yang Berbeda di Laboratorium. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*. 4(2) :178-187.
- BBPOPT, 2019a. Hama Infasif *Spodoptera frugiperda* di Indonesia (Hasil Verifikasi BBPOPT Periode April – Juni. 2019. <https://bbpopt.id/index.php/>. [Diakses 28 Januari 2022].
- BBPOPT, 2019b. Pengenalan dan Pengelolaan Hama Invasif Ulat Grayak *Spodoptera frugiperda*. <https://bbpopt.id/index.php/>. [Diakses 28 Januari 2022].
- CABI. 2019. *Spodoptera frugiperda* JE. Smith (*Fall Armyworm*). <https://www.cabi.org/ISC/fallarmyworm>. Diakses pada tanggal: 11 Januari 2022.
- Castro, T., Mayerhofer, J., Enkerli, J., Eilenberg, J., Meyling, N.V., Moral R.A., Demétrio, C.G.B. & Delalibera, I. 2016. Persistence of Brazilian isolates of the Entomopathogenic Fungi *Metarhizium anisopliae* and *M. robertsii* in Strawberry Crop Soil after Soil Drench Application. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 233:361–369.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2018. *Integrated Management Of The Fall Armyworm On Maize – A guide for Farmer Field Schools in Africa*. Rome. 127 pp.
- Gabriel, B.P., dan Riyanto. 1989. *Metarhizium anisopliae* Taksonomi, Patologi, Produksi dan Aplikasinya. Proyek Pengembangan Perlindungan Tanaman Perkebunan. Direktorat Perlindungan Tanaman Perkebunan. Departemen Pertanian. Jakarta.
- Harmiyanti, S. 2006. Patogenisitas Entomopatogen *Bacillus thuringiensis* dan *Beauveria bassiana* Terhadap Hama *Crocidolomia binotalis* secara in Vitro. [Skripsi]. Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh.
- Herlinda S., Era M S., Yulia P., Suwandi., Elisa N & Anung R. 2005. Variasi Virulensi Strainstrain *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. Terhadap Larva *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae). *Agritrop*. 24(2):52-57.
- Indiati W. Sri and Marwoto. 2017. “Penerapan Pengendalian Hama Terpadu (PHT) Pada Tanaman Kedelai.” *Buletin Palawija*. 15(2): 87–100.
- Jati, W. W., Achadian, E. M. A., Juliadi, D., & Putra, L. K. 2021. Efikasi Beberapa Isolat Jamur *Metarhizium anisopliae* Terhadap Hama Uret *Lepidoptera stigma* F.(Coleoptera: Scarabaeidae) di Laboratorium. *Indonesian Sugar Research Journal*. 1(2): 95-105.
- Kementrian Pertanian, 2019. *Pengenalan Fall Armyworm (Spodoptera frugiperda JE Smith) Hama Baru pada Tanaman Jagung di Indonesia*. Jakarta: Badan Penelitian Tanaman Serealia. 52 p.
- Kherb W. A. A. 2014. Virulence Bio-Assay Efficiency of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* for The Biological Control of *Spodoptera exigua* Hubner (Lepidoptera: Noctuidae) Eggs and the 1st Instar Larvae. *Aust. J. Basic & Appl. Sci*. 8(3): 313-323.

- Manurung, EM, Tobing, MC, Lubis, L & Prawiratama, H 2012. Efikasi beberapa formulasi *Metarhizium anisopliae* terhadap larva *Oryctes rhinoceros* L. (Coleoptera : Scarabaeidae) di Insektarium”, *Jurnal Online Agroekoteknologi*. 1 (1):47-63
- Masyitah, I., Sitepu, S. F., & Safni, I.2017. Potensi Jamur Entomopatogen untuk Mengendalikan Ulat Grayak *Spodoptera litura* F. pada Tanaman Tembakau In Vivo: Potency of Entomopathogenic Fungi to control Oriental Leafworm *Spodoptera litura* F. on Tobacco In Vivo. *Jurnal Online Agroekoteknologi*. 5(3): 484-493.
- McKinnon, A. C., Saari, S., Moran-Diez, M. E., Meyling, N. V., Raad, M., & Glare, T. R. 2017. *Beauveria bassiana* as an Endophyte: a Critical Review on Associated Methodology and Biocontrol Potential. *BioControl*. 62(1): 135-147.
- Prayogo, Y . dan Suharsono. 2005. Optimalisasi Pengendalian Hama Pengisap Polong Kedelai (*Riptortuslinearis*) dengan Cendawan Entomopatogen *Verticillium lecanii*. *Jurnal Litbang Pertanian*. 24 (4):123
- Rohrlich, C., Merle, I., Hassani, I.M., Verger, M., Zuin, M., Besse, S., Robene, I., Nibouche, S. & Costet, L. 2018. Variation In Physiological Host Range In Three Strains Of Two Species Of The Entomopathogenic Fungus *Beauveria*. *Plos One*. 13 (7):1-15.
- Shylesha, A. N. et al. 2018. “Studies on New Invasive Pest *Spodoptera Frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) and Its Natural Enemies.” *Journal of Biological Control*.32(3): 145–51.
- Simamora, C. J. K., Ramadhan, T. H., & Hendarti, I. H. 2013. Persistensi Cendawan *Metarhizium Anisopliae* (Metsch.) Pada Tanah Gambut Serta Tingkat Patogenisitasnya Terhadap Larva *Tenebrio Molitor* (Linn.) Di Laboratorium. *Jurnal Sains Mahasiswa Pertanian*. 2(1): 1-14.
- Suprayogi, Marheni dan S. Oemry.2015. Uji Efektifitas Jamur Entomopatogen *Beauveria bassiana* dan *Metarhizium anisopliae* terhadap Kepik Hijau (*Nezara viridula* L.) (Hemiptera; Pentatomidae) pada Tanaman Kedelai (*Glycine max* L.) di Rumah Kasa. *Jurnal Online Agroekoteknologi*. 3(1): 320 – 327.
- Tambingsila, Meitry. 2020. “Uji Efektivitas Cendawan *Fusarium* sp Potensinya Sebagai Entomopatogen Terhadap Kepik Pengisap Buah Kakao (*Helopeltis*. Sulawesi: HEMIPTERA).” *Agropet*. 12(2): 10–16.
- Tular, M. A., Tulung, M., & Kaligis, J. B. 2021. Patogenisitas Jamur Entomopatogen *Metarhizium anisopliae* Metch. Terhadap Kepinding Tanah *Scotinophara coarctata*, Fabricius Pada Tanaman Padi Sawah. *In COCOS*. 7 (7):1-10.
- Wahyudi P .2002. Uji Patogenitas Kapang Entomopatogen *Beauveria bassiana* Vuill. Terhadap Ulat Grayak (*Spodoptera litura*). *Biosfera*. 19:1-5.
- Zhang, X. C., Li, X. X., Gong, Y. W., Li, Y. R., Zhang, K. L., Huang, Y. H., & Zhang, F. 2018. Isolation, identification, and virulence of a new *Metarhizium anisopliae* strain on the German cockroach. *Journal of economic entomology*. 111(6): 2611-2616.