

**POTENSI METABOLIT SEKUNDER BEBERAPA JENIS JAMUR
AGENSIA HAYATI PENYEBAB KEMATIAN *Spodoptera frugiperda***

(Skripsi)

Oleh

Myranda Naibaho



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2021**

ABSTRAK

POTENSI METABOLIT SEKUNDER BEBERAPA JENIS JAMUR AGENSIA HAYATI PENYEBAB KEMATIAN *Spodoptera frugiperda*

Oleh

MYRANDA NAIBAHO

Ulat grayak jagung *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith merupakan serangga invasif yang telah menjadi hama pada tanaman jagung (*Zea mays*) di Indonesia.

Hama *S. frugiperda* menyerang tanaman jagung fase vegetatif hingga fase generatif. Penggunaan metabolit sekunder merupakan salah satu pilihan untuk mengatasi masalah tersebut. Metabolit sekunder adalah senyawa kimia yang dihasilkan oleh mikroorganisme. Metabolit sekunder yang dihasilkan oleh jamur sering dijadikan antibiotik, ketika dia memiliki aktivitas untuk menghambat atau membunuh mikroorganisme lainnya. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari kemampuan tumbuh, sporulasi dan viabilitas spora sembilan jamur entomopatogen koleksi Laboratorium Bioteknologi Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Lampung dan mempelajari kemampuan metabolit sekunder jamur entomopatogen koleksi Laboratorium Bioteknologi Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Lampung yang menyebabkan mortalitas *S. frugiperda*.

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Bioteknologi, Laboratorium Ilmu Penyakit Tanaman, dan Laboratorium Ilmu Hama Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Pelaksanaan penelitian dimulai dari bulan Juli 2020- Mei 2021. Pada penelitian ini terdapat 2 sub percobaan, percobaan pertama yaitu uji pertumbuhan sporulasi, viabilitas yang disusun dalam Rancangan Acak Lengkap (RAL) 4 ulangan. Percobaan kedua yaitu uji metabolit sekunder sembilan jamur entomopatogen yang menyebabkan kematian *S. frugiperda* yang disusun dalam

Rancangan Acak Kelompok (RAK), Dari hasil penelitian diperoleh sembilan isolat jamur entomopatogen mempunyai pertumbuhan yang berbeda-beda, sporulasi, viabilitas spora, serta potensi metabolit sekunder terhadap *S. frugiperda*. Pertumbuhan koloni jamur tertinggi dihasilkan oleh isolat SPV (*Trichoderma asperellum*) (8,27 cm), sporulasi tertinggi dihasilkan oleh isolat SPV (*T. asperellum*) (10,10 spora/ml), viabilitas tertinggi terdapat pada isolat jamur AS8 (*Talaromyces sayulitensis*) (74,16%) dan metabolit sekunder sembilan jamur entomopatogen mampu menyebabkan mortalitas *S. frugiperda*.

Kata kunci: *Aspergillus oryzae*, *Beauveria bassiana*, Metabolit sekunder, *Penicillium citrinum*, *Spodoptera frugiperda* J.E.Smith., *Trichoderma asperellum*,

**POTENSI METABOLIT SEKUNDER BEBERAPA JENIS JAMUR
AGENSIA HAYATI PENYEBAB KEMATIAN
*Spodoptera frugiperda***

Oleh

Myranda Naibaho

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat Mencapai Gelar
SARJANA PERTANIAN**

Pada

**Jurusan Agroteknologi
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2021**

Judul Skripsi : **POTENSI METABOLIT SEKUNDER
BEBERAPA JENIS JAMUR AGENSIA
HAYATI PENYEBAB KEMATIAN
*Spodoptera frugiperda***

Nama Mahasiswa : **Myranda Naibaho**

Nomor Pokok Mahasiswa : **16141210138**

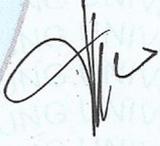
Jurusan : **Agroteknologi**

Fakultas : **Pertanian**

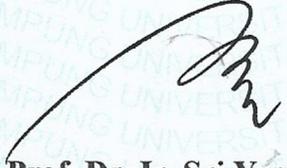


1. **Komisi Pembimbing**


Dr. Yuyun Fitriana, S.P., M.P.
NIP 198108152008122001


Puji Lestari, S.P., M.Si.
MDN 0004078704

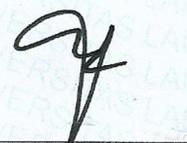
2. **Ketua Jurusan Agroteknologi**


Prof. Dr. Ir. Sri Yusnaini, M.Si.
NIP 196305081988112001

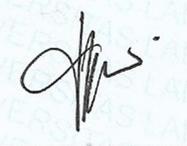
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

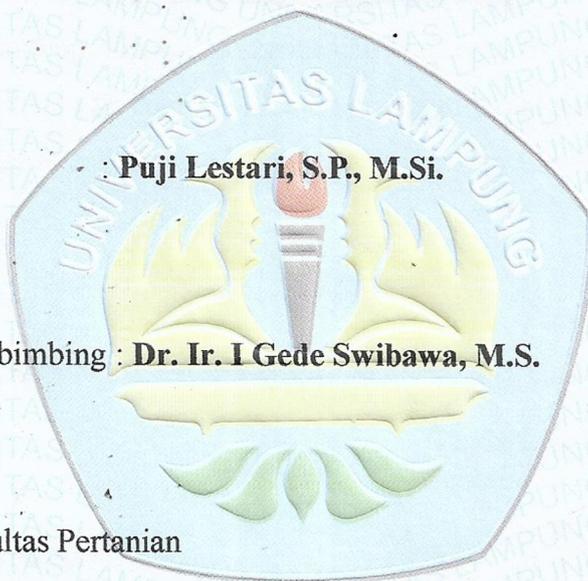
Ketua : **Dr. Yuyun Fitriana, S.P., M.P.**



Sekretaris : **Puji Lestari, S.P., M.Si.**



Penguji
Bukan Pembimbing : **Dr. Ir. I Gede Swibawa, M.S.**



2. Dekan Fakultas Pertanian



Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.
NIP. 196110201986031002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: **29 Oktober 2021**

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul **"POTENSI METABOLIT SEKUNDER BEBERAPA JENIS JAMUR AGENSIA HAYATI PENYEBAB KEMATIAN *Spodoptera frugiperda*"** merupakan hasil saya sendiri dan bukan hasil karya orang lain. Semua hasil yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa skripsi ini merupakan hasil salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku.

BandarLampung, 29 Oktober 2021
Penulis,



Myranda Naibaho
NPM 1614121038

RIWAYAT PENULIS

Penulis merupakan anak kedua dari empat bersaudara yang lahir pada 2 Juni 1998 dari Bapak Sabam Naibaho dan Ibu Herlina Simbolon. Penulis menyelesaikan pendidikan di SD 030369 Pardomuan (2010), SMP Negeri 3 Siempatnempu Hilir Pardomuan (2013). Selanjutnya penulis melanjutkan pendidikan di SMA Swasta Santu Petrus Sidikalang, Dairi (2016).

Tahun 2016, penulis diterima sebagai mahasiswa Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN). Selama kuliah penulis telah melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Nipah Kuning, Kecamatan Mesuji, Kabupaten Mesuji dan Praktik Umum (PU) di Laboratorium Proteksi Tanaman Pangan dan Hortikultura Semuli Raya, Kabupaten Lampung Utara, Provinsi Lampung.

PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur kupersembahkan karya ini sebagai ungkapan terima kasihku untuk:

1. Kedua orang tuaku tercinta, Bapak Sabam Naibaho dan Ibu Herlina Simbolon yang senantiasa mendoakan dan mengiringi langkahku dengan segala daya serta tiada henti memberikan nasihat, bimbingan, dan curahan kasih sayang.
2. Kakakku Grace Elizabeth Naibaho, adik-adikku Trijun Sariwaty Naibaho dan Todung B.M.S. Naibaho terimakasih atas doa, perhatian dan dukungannya selama ini, semoga kita bisa menjadi putra-putri yang selalu membanggakan orang tua.

Karya sederhana ini ku bingkiskan untuk:

1. Teman-teman seperjuangan Agroteknologi 2016
2. Almamaterku Universitas Lampung sebagai tempatku mencari ilmu.

MOTTO

“Diberkatilah orang yang mengandalkan TUHAN, yang menaruh harapannya kepada TUHAN”

(1 Timotius 6:9)

*“Berilah Orang Bijak Nasihat, Maka Ia Akan Menjadi Lebih Bijak,
Ajarilah Orang Benar, Maka Pengetahuannya Akan Bertambah”*

(Amsal 9:9)

*“Tidak Ada yang Memberi Anda Nasihat yang Lebih Bijaksana
daripada Diri Anda Sendiri”*

(Mercus Tullius Cicero)

SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat, nikmat dan limpahan kasih-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “**POTENSI METABOLIT SEKUNDER BEBERAPA JENIS JAMUR AGENSIA HAYATI PENYEBAB KEMATIAN *Spodoptera frugiperda***”. Skripsi ini telah penulis susun secara maksimal dengan bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis menyampaikan terimakasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
2. Prof. Dr. Ir. Sri Yusnaini, M.Si., selaku Ketua Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
3. Dr. Yuyun Fitriana, S.P., M.P., selaku pembimbing utama dan Ketua Jurusan Proteksi Tanaman yang telah banyak memberikan ilmu, bimbingan, nasehat, saran, masukan serta mengarahkan penulis dengan penuh kesabaran selama penulis melakukan penelitian dan penulisan skripsi hingga selesai.
4. Puji Lestari S.P., M.Si., selaku pembimbing kedua yang telah memberikan bimbingan, nasihat, masukan, dan saran selama proses penelitian dan penyusunan skripsi.
5. Dr. Ir. I Gede Swibawa, M.S. selaku pembahas yang telah memberikan motivasi, nasihat, masukan, dan saran sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
6. Radix Suharjo, S.P., M.Agr., Ph.D., yang telah memberikan semangat, arahan, masukan dan motivasi selama penulis melakukan penelitian sampai penulis dapat menyelesaikan skripsi.
7. Dr. Ir. Didin Wiharso, M.Si., selaku dosen pembimbing akademik yang selalu memberikan saran dan nasihat kepada penulis.

8. Kedua orang tua Bapak Sabam Naibaho dan Ibu Herlina Simbolon yang telah memberikan banyak dorongan, kasih sayang, saran, masukan, nasihat, semangat, serta doa yang tak pernah putus sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini dan dapat menyelesaikan pendidikan di Universitas Lampung.
9. Kakakku Grace Elizabeth Naibaho, adik-adikku Trijun Sariwaty Naibaho dan Todung B.M.S. Naibaho yang tak pernah lelah dalam mendoakan dan memberi semangat kepada penulis dalam menyelesaikan penulisan skripsi.
10. Teman-teman seperjuangan biotek squad 2016 Dea, Shinta, Jenita, Jepri, Nanda, Reni, Desi Tampubolon, Nastiti, Adha, Sony, Wahyu, Aulian, Intan, Desta, Risa atas doa, dukungan, bantuan dan kebersamaan yang tak terlupakan.
11. Bintang Pasaribu, Chaterina Gultom, Pebrina Siringoringo, Rosanti Sitohang, Sry Girsang dll., yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang selalu memberikan dukungan dan semangat selama penulis menyelesaikan skripsi ini.
12. Yeyen Ilmiasari, Tari Yati, Mutiara Ulfa, Lina Nurhayati, Firnando, Lily Agustini Waruwu, dan adik-adik biotek atas bantuan dan motivasi yang telah diberikan kepada penulis.
13. Keluarga Agroteknologi 2016 yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.
14. Almamterku tercinta Universitas Lampung.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, dan penulis berharap semoga skripsi ini bermanfaat. Penulis juga sangat berharap semoga Tuhan Yesus Kristus memberikan balasan atas kebaikan dan bantuan yang telah diberikan.

Bandar Lampung, 29 Oktober 2021

Penulis

Myranda Naibaho

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang dan Masalah.....	1
1.2. Tujuan Penelitian	3
1.3. Kerangka Pemikiran.....	3
1.4. Hipotesis	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. <i>Spodoptera frugiperda</i>	6
2.1.1. Klasifikasi <i>Spodoptera frugiperda</i>	6
2.1.2. Bioekologi <i>Spodoptera frugiperda</i>	6
2.1.3. Gejala Serangan <i>Spodoptera frugiperda</i>	9
2.2. Jamur Entomopatogen	10
2.2.1. <i>Beauveria bassiana</i>	10
2.2.2. <i>Metarhizium</i> sp.....	11
2.2.3. <i>Trichoderma</i> sp.	12
2.2.4. <i>Penicillium</i> sp.....	13
2.2.5. <i>Aspergillus oryzae</i>	14
2.2.6. <i>Talaromyces sayulitensis</i>	15
2.3. Metabolit Sekunder	16
III. BAHAN DAN METODE	17
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian.....	17
3.2. Alat dan Bahan.....	17
3.3. Rancangan Percobaan	17
3.4. Pelaksanaan Penelitian	18
3.4.1. Penyediaan sembilan isolat jamur entomopatogen	18
3.4.2. Pembuatan Media <i>Potato Sucrose Agar</i> (PSA)	19
3.4.3. Pembuatan Media <i>Water Agar</i> (WA).....	19
3.4.4. Pembuatan Media <i>Potato Dextrose Agar</i> (PDA).....	19
3.4.5. Media <i>Potato Dextrose Broth</i> (PDB).....	20
3.4.6. Penyediaan dan Pemeliharaan Massal <i>Spodoptera frugiperda</i>	20

3.4.7. Uji Metabolit Sekunder Sembilan Isolat Jamur Entomopatogen terhadap <i>S. frugiperda</i>	21
3.4.7.1. Penyediaan Ekstrak Metabolit Sekunder Jamur Entomopatogen.....	21
3.4.7.2. Aplikasi Ekstrak Metabolit Sekunder Jamur Entomopatogen terhadap <i>S. frugiperda</i>	21
3.5. Variabel Pengamatan	21
3.5.1. Pertumbuhan Koloni Sembilan Isolat Jamur	22
3.5.2. Sporulasi Sembilan Isolat Jamur.....	22
3.5.3. Viabilitas Spora.....	23
3.5.4. Mortalitas Ulat <i>Spodoptera frugiperda</i>	24
3.5.5. Analisis Data	24
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	25
4.1. Hasil	25
4.1.1. Pertumbuhan Koloni Sembilan Isolat Jamur Entomopatogen pada Media PSA	25
4.1.2. Sporulasi Jamur Entomopatogen	26
4.1.3. Viabilitas Jamur Entomopatogen.....	27
4.1.4. Pengaruh Aplikasi Metabolit Sekunder.....	27
4.1.4.1. Pengaruh Aplikasi Metabolit Sekunder terhadap Mortalitas Larva <i>S. frugiperda</i>	27
4.1.4.2. Pengaruh Aplikasi Metabolit Sekunder terhadap Bobot Ulat.....	28
4.1.4.3. Pengaruh Aplikasi Metabolit Sekunder terhadap Kemampuan Makan Ulat <i>S. frugiperda</i>	29
4.2. Pembahasan.....	31
V. SIMPULAN DAN SARAN.....	34
5.1. Simpulan	34
5.2. Saran	34
DAFTAR PUSTAKA	35
LAMPIRAN.....	42

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Sembilan isolat jamur entomopatogen dalam penelitian	18
2. Pertumbuhan diameter koloni sembilan isolat jamur entomopatogen 7 hsi	26
3. Sporulasi sembilan isolat jamur entomopatogen 7 hsi	26
4. Viabilitas Sembilan isolat jamur entomopatogen	27
5. Mortalitas <i>S. frugiperda</i> 6-96 jam setelah aplikasi metabolit sekunder jamur entomopatogen	28
6. Bobot ulat <i>S. frugiperda</i> 0-96 jam setelah aplikasi metabolit sekunder jamur entomopatogen	29
7. Bobot daun (pakan) yang termakan <i>S. frugiperda</i> 6-96 jam setelah aplikasi metabolit sekunder jamur entomopatogen ...	30
8. Analisis ragam pertumbuhan jamur entomopatogen 1 hsi	47
9. Analisis ragam pertumbuhan jamur entomopatogen 2 hsi	47
10. Analisis ragam pertumbuhan jamur entomopatogen 3 hsi	48
11. Analisis ragam pertumbuhan jamur entomopatogen 4 hsi	48
12. Analisis ragam pertumbuhan jamur entomopatogen 5 hsi	49
13. Analisis ragam pertumbuhan jamur entomopatogen 6 hsi	49
14. Analisis ragam pertumbuhan jamur entomopatogen 7 hsi	50
15. Data sporulasi sembilan jamur entomopatogen	51
16. Analisis ragam sporulasi sembilan jamur entomopatogen	52
17. Data viabilitas sembilan jamur entomopatogen	53
18. Analisis ragam viabilitas sembilan jamur entomopatogen	53
19. Data rata-rata mortalitas <i>S. frugiperda</i> 6-96 jsa (U1)	54
20. Data rata-rata mortalitas <i>S. frugiperda</i> 6-96 jsa (U2)	54
21. Data rata-rata mortalitas <i>S. frugiperda</i> 6-96 jsa (U3)	55
22. Analisis Ragam mortalitas ulat <i>S. frugiperda</i> 6-96 JSA	55

23. Analisis ragam bobot daun termakan <i>S. frugiperda</i> 48 jsa	55
24. Analisis ragam bobot daun termakan <i>S. frugiperda</i> 72 jsa	56
25. Analisis ragam bobot daun termakan <i>S. frugiperda</i> 96 jsa	56
26. Analisis ragam bobot <i>S. frugiperda</i> 0 jsa	56
27. Analisis ragam bobot <i>S. frugiperda</i> 6 jsa	57
28. Analisis ragam bobot <i>S. frugiperda</i> 24 jsa	57
29. Analisis ragam bobot <i>S. frugiperda</i> 48 jsa	57
30. Analisis ragam bobot <i>S. frugiperda</i> 72 jsa	58
31. Analisis ragam bobot <i>S. frugiperda</i> 96 jsa	58

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Telur <i>S. frugiperda</i>	7
2. Larva neonatus <i>S. frugiperda</i>	7
3. Perkembangan larva <i>S. frugiperda</i> (A) instar 1-6 larva <i>S. frugiperda</i> , instar 2 (B).....	8
4. Pupa <i>S. frugiperda</i>	8
5. Imago betina <i>S. frugiperda</i>	9
6. Imago jantan <i>S. frugiperda</i>	9
7. Larva dan kerusakan pucuk daun (A) Feses larva (B)	10
8. Jamur <i>B. bassiana</i> (A) isolat (B1) Jamur <i>B. bassiana</i> (B) isolat (BJ) (Isolat Jati Sari).....	11
9. Jamur <i>Metarhizium flavoviride</i>	12
10. Jamur <i>Trichoderma asperellum</i>	13
11. Jamur 7 hsi <i>Penicillium</i> sp. (A). <i>P. citrinum</i> (B))	14
12. Jamur <i>Aspergillus oryzae</i>	15
13. Jamur <i>Talaromyces sayulitensis</i>	15
14. Pengukuran diameter koloni jamur entomopatogen	22
15. Gambar Hemocytometer (kotak besar, sedang dan kecil)	23
16. Titik penetesan suspensi jamur pada media PDA	24
17. Larva <i>S. frugiperda</i> aktif makan (A) Larva <i>S. frugiperda</i> tidak aktif makan (B) setelah aplikasi metabolit sekunder jamur entomopatogen .	30
18. Pertumbuhan sembilan jamur entomopatogen <i>B. bassiana</i> (A). <i>Beauveria</i> sp. (B) <i>P. lillacinum</i> (C). <i>Penicillium</i> sp. (D). <i>P. citrinum</i> (E).	43
19. Sporulasi sembilan jamur entomopatogen <i>B. bassiana</i> (A). <i>Beauveria</i> sp. (B) <i>P. lillacinum</i> (C). <i>Penicillium</i> sp. (D). <i>P. citrinum</i> (E) <i>T. sayulitensis</i> (F). <i>A. oryzae</i> (G). <i>T. asperellum</i> (H). <i>M. flavoviride</i> (I). ..	44

20. Viabilitas sembilan jamur entomopatogen *B.bassiana* (A).
Beauveria sp. (B) *P. lillacinum* (C). *Penicillium* sp. (D). *P.citrinum* (E).
T.sayulitensis (F). *A.oryzae* (G). *T.asperellum* (H). *M.flavoviride* (I). .. 45
21. Mortalitas larva *S. frugiperda*, Isolat *B. bassiana* (A). *Beauveria* sp. (B)
P. lillacinum (C). *Penicillium* sp. (D). *P.citrinum* (E). *T. sayulitensis* (F).
A.oryzae (G). *T. asperellum* (H). *M. flavoviride* (I). 46

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang dan Masalah

Ulat grayak jagung *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith merupakan serangga invasif yang telah menjadi hama pada tanaman jagung (*Zea mays*) di Indonesia. Serangga ini berasal dari Amerika dan telah menyebar di berbagai negara. Pada awal tahun 2019, hama ini ditemukan pada tanaman jagung di Sumatera (Kementan, 2019). Hama *S. frugiperda* bersifat polifag, beberapa inang utamanya adalah tanaman pangan dari kelompok Poaceae seperti jagung, padi, gandum, sorgum, dan tebu sehingga keberadaan dan perkembangan populasinya perlu diwaspadai (FAO & CABI, 2019).

Spodoptera frugiperda menyerang tanaman muda (vegetatif) hingga fase pembungaan (generatif) (Maharani *et al.*, 2019). Pada fase vegetatif tanaman, larva *S. frugiperda* akan ditemukan pada pucuk tanaman dan menetap di titik tumbuh. Keberadaan *S. frugiperda* ditandai oleh banyaknya kotoran menyerupai serbuk gergaji. Jika daun sudah terbuka akan terlihat banyak bagian daun yang berlubang akibat aktivitas makan larva.

Pengendalian *S. frugiperda* dapat dilakukan dengan beberapa cara antara lain pengendalian secara mekanis (pada kelompok telur dan larva), hayati (predator, parasitoid, dan patogen seperti jamur yang dapat menyebabkan kematian) (Nonci dkk., 2019), dan pengendalian secara kimiawi yang paling umum diterapkan oleh petani. Pemanfaatan insektisida sintetik mampu untuk menurunkan kerusakan akibat ulat grayak. Namun residu yang tinggi dapat mengakibatkan kontaminasi terhadap lingkungan (Zanuncio *et al.*, 1998), pengguna dan konsumen (Djojosumarto, 2000; Untung, 2001). Pemakaian insektisida jangka panjang juga dapat mengakibatkan timbulnya resistensi dan resurgensi hama. Oleh karena itu,

perlu dicari alternatif pengendalian yang ramah lingkungan untuk mengurangi dampak negatif akibat aplikasi insektisida.

Agensia hayati dapat dimanfaatkan dalam tindakan pengendalian. Penggunaan agensia hayati dapat mengurangi dampak negatif dari penggunaan insektisida. Namun, aplikasi agensia hayati terkendala oleh adanya cekaman lingkungan baik dari suhu, pH maupun sinar UV. Penggunaan metabolit sekunder merupakan salah satu pilihan untuk mengatasi masalah tersebut. Metabolit sekunder adalah senyawa kimia yang dihasilkan oleh mikroorganisme. Metabolit sekunder yang dihasilkan oleh jamur sering dijadikan antibiotik, ketika dia memiliki aktivitas untuk menghambat atau membunuh mikroorganisme lainnya (Madigan *et al.*, 2006).

Menurut Soetanto (2008) dan Vinale *et al.* (2014), metabolit sekunder dapat menjadi elisitor. Elisitor adalah molekul signal yang memacu terbentuknya metabolit sekunder di dalam kultur sel. Elisitor berfungsi sebagai ketahanan tanaman terhadap serangan organisme pengganggu tanaman (OPT). Menurut Ekowati dkk. (2009), mekanisme kerja metabolit sekunder adalah melalui denaturasi protein, baik struktural maupun fungsional. Senyawa aktif pada metabolit sekunder mampu memecahkan ikatan sulfida yang menghubungkan antar polipeptida protein dinding sel dan membran sel. Disamping itu, metabolit sekunder mengandung senyawa lengkap seperti antibiotik, enzim, hormon, dan toksin yang dapat terangkut oleh air dan hara sehingga dapat mencapai jaringan pembuluh. Keadaan ini menyebabkan senyawa metabolit sekunder dapat masuk ke dalam sel sehingga menyebabkan sel menjadi lisis dan mati.

Laboratorium Bioteknologi Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung memiliki sembilan isolat jamur entomopatogen yaitu *Beauveria bassiana*, *B. bassiana* (asal isolat: Jati Sari), *Metarhizium flavoviride*, *Penicillium* sp., *Penicillium citrinum*, *P. lilacinum*, *Aspergillus oryzae*, *Trichoderma asperellum*, dan *Talaromyces sayulintensis* yang telah terbukti efektif dalam mengakibatkan kematian beberapa hama tanaman. Beberapa isolat jamur entomopatogen ini sudah digunakan sebelumnya oleh Nuningtyas (2019); Hariadi (2020); Anggraeni

(2020); Sulistiani (2020); Aulia (2020) dan sembilan jamur tersebut kemungkinan juga menghasilkan metabolit sekunder yang mampu membunuh serangga hama, khususnya *S. frugiperda*. Namun, hingga saat ini belum diketahui karakteristik masing-masing isolat dan juga kemampuan metabolit sekunder yang dihasilkan oleh isolat-isolat tersebut untuk membunuh serangga.

1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mempelajari kemampuan tumbuh, sporulasi dan viabilitas spora sembilan jamur entomopatogen koleksi Laboratorium Bioteknologi Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
2. Mempelajari kemampuan metabolit sekunder jamur entomopatogen koleksi Laboratorium Bioteknologi Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Lampung yang menyebabkan mortalitas *S. frugiperda*.

1.3. Kerangka Pemikiran

Spodoptera frugiperda merupakan hama yang dikenal karena kemampuannya untuk menyebabkan kerusakan yang cukup berat. *S. frugiperda* pertama kali ditemukan pada tanaman jagung di daerah Sumatera (Kementan, 2019). Menurut Nonci dkk. (2019), gejala serangan *S. frugiperda* terlihat terdapat lubang-lubang bekas gigitan dan adanya kotoran pada bagian daun muda yang masih menggulung. Pada kerusakan berat, kumpulan larva seringkali menyebabkan daun tanaman hanya tersisa tulang daun dan batang tanaman jagung hal ini dapat mengakibatkan pengurangan hasil produksi sebanyak 5-20% (DPKP DIY, 2019).

Tindakan pengendalian hama *S. frugiperda* yang diterapkan oleh petani selama ini adalah dengan mengaplikasikan insektisida. Petani menganggap bahwa insektisida sebagai penyelamat dari gagal panen disatu musim tanam. Padahal pengaplikasian insektisida secara terus menerus dan tidak tepat akan menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan, pengguna, dan konsumen (Djojosoemarto, 2000; Untung, 2001).

Perlu dicari alternatif pengendalian yang ramah lingkungan untuk mengurangi dampak negatif akibat aplikasi insektisida. Salah satunya dengan menggunakan jamur entomopatogen. Aplikasi jamur entomopatogen untuk mengendalikan serangga hama di lapangan akan terkendala oleh adanya berbagai tekanan lingkungan. Pemanfaatan metabolit sekunder yang dihasilkan oleh jamur entomopatogen menjadi salah satu alternatif untuk mengatasi kelemahan aplikasi entomopatogen tersebut di lapangan.

Metabolit sekunder merupakan molekul kecil yang aktif secara biologis tidak terkait langsung dengan kelangsungan hidup termasuk reproduksi senyawa ini tidak selalu dihasilkan, tetapi hanya pada saat fase-fase tertentu dan senyawa ini biasanya diproduksi selama fase pertumbuhan akhir (idiophase) mikroorganisme (Demain and Fang, 2000). Metabolit sekunder berfungsi untuk mempertahankan diri dari kondisi lingkungan yang kurang menguntungkan misalnya dalam mengatasi hama dan penyakit (Craney *et al.*, 2013; Samsudin dan Khoiruddin, 2008).

Beberapa laporan menyebutkan bahwa metabolit sekunder mampu mengendalikan berbagai jenis serangga hama. *Spodoptera litura* diketahui dapat dikendalikan oleh metabolit sekunder yang dihasilkan oleh *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Penicillium lilacinum*, *Talaromyces diversus* (Herlinda *et al.*, 2020) dan juga *Aspergillus fumigatus* (Guo *et al.*, 2017). Metabolit dari *Aspergillus niger* juga dilaporkan dapat mematikan *Chrysomya chloropyga* atau hama lalat botol hijau (Essien, 2004). Metabolit sekunder dari jamur *B. bassiana* juga dilaporkan mampu membunuh larva *Helicoverpa armigera* (Soetopo dan Indrayani, 2007).

1.4. Hipotesis

Berdasarkan kerangka pemikiran tersebut maka dapat diajukan beberapa hipotesis sebagai berikut:

1. Sembilan isolat jamur entomopatogen memiliki kemampuan tumbuh, sporulasi dan viabilitas spora yang berbeda-beda.
2. Metabolit sekunder sembilan isolat jamur entomopatogen mampu menyebabkan kematian *S. frugiperda*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. *Spodoptera frugiperda*

2.1.1. Klasifikasi *Spodoptera frugiperda*

Spodoptera frugiperda J.E. Smith adalah spesies invasif yang menjadi hama pada tanaman jagung (*Zea mays*) di Indonesia. Serangga ini berasal dari Amerika dan telah menyebar di berbagai negara. Pada awal tahun 2019, hama ini ditemukan pada tanaman jagung di daerah Sumatera (Kementan, 2019). *S. frugiperda* bersifat polifag, beberapa inang utamanya adalah tanaman pangan dari kelompok Poaceae seperti jagung, padi, gandum, sorgum, dan tebu sehingga keberadaan dan perkembangan populasinya perlu diwaspadai (FAO and CABI, 2019). Dalam sistematika, ulat grayak (*S. frugiperda*) dapat diklasifikasikan sebagai berikut (CABI, 2020).

Kingdom : Animalia

Filum : Arthropoda

Kelas : Insecta

Ordo : Lepidoptera

Famili : Noctuidae

Genus : Spodoptera

Spesies: *Spodoptera frugiperda*

2.1.2. Bioekologi *Spodoptera frugiperda*

Spodoptera frugiperda (FAW) bermetamorfosis sempurna yaitu: telur, 6 instar larva, pupa, dan ngengat. Pada kondisi hangat, seekor ngengat mampu bertelur 6 hingga 10 kelompok telur yang terdiri dari 100-300 butir (Gambar 1) (FAO and CABI, 2019).



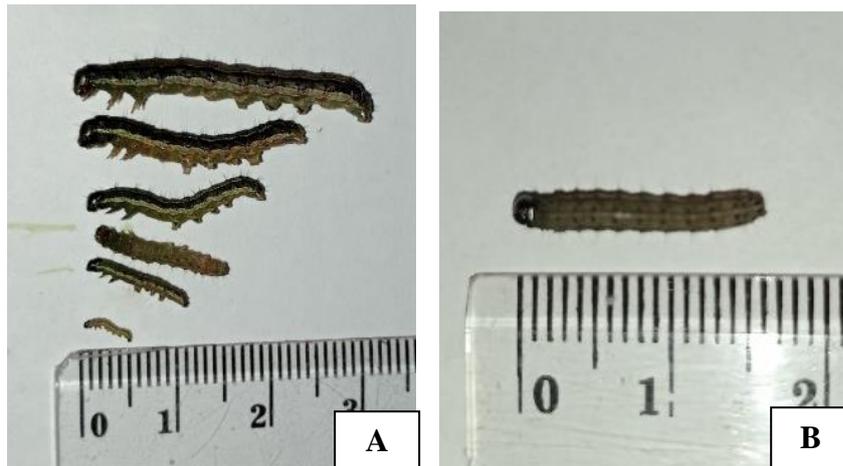
Gambar 1. Telur *S. frugiperda* (Dokumentasi pribadi)

Imago betina akan meletakkan telur-telurnya di bagian bawah daun, pada awal diletakkan telur berwarna putih bening atau hijau pucat, kemudian akan berubah menjadi hijau kecoklatan, dan pada saat akan menetas berubah menjadi coklat. Telur menetas 2-3 hari setelah diletakkan (FAO and CABI, 2019).

Larva instar 1 (*neonates*) (Gambar 2) akan terpecah mencari tempat berlindung dan tempat makan. Larva *S. frugiperda* terdiri dari 6 instar (Gambar 3). Larva instar 1-5 berwarna pucat, kemudian menjadi coklat hingga hijau muda, dan berubah menjadi lebih gelap pada tahap perkembangan akhir. Lama perkembangan larva neonatus hingga menjadi larva instar akhir membutuhkan waktu 12-20 hari tergantung kondisi lingkungan sekitar (suhu dan kelembaban) (FAO and CABI, 2019).



Gambar 2. Larva neonatus *S. frugiperda* (Dokumentasi pribadi)



Gambar 3. Perkembangan larva *S. frugiperda* (A) instar 1-6 larva *S. frugiperda*, instar 2 (B) (Maharani, 2021)

Larva instar 6 yang berwarna coklat tua selanjutnya akan membentuk pupa (Gambar 4). Stadia pupa diawali dengan prepupa yaitu saat larva sudah tidak aktif bergerak dan berhenti makan. Perkembangan pupa dapat berlangsung selama 12-14 hari sebelum tahap dewasa muncul (FAO and CABI, 2019).



Gambar 4. Pupa *S. frugiperda* (Dokumentasi pribadi)

Imago memiliki lebar sayap sekitar 3-4 cm (Gambar 5 dan 6), sayap depan imago betina *S. frugiperda* sedikit lebih gelap dari sayap imago jantan. Imago hidup selama 2-3 minggu sebelum mati (Nonci dkk., 2019). Ukuran imago betina sedikit lebih besar daripada imago jantan.



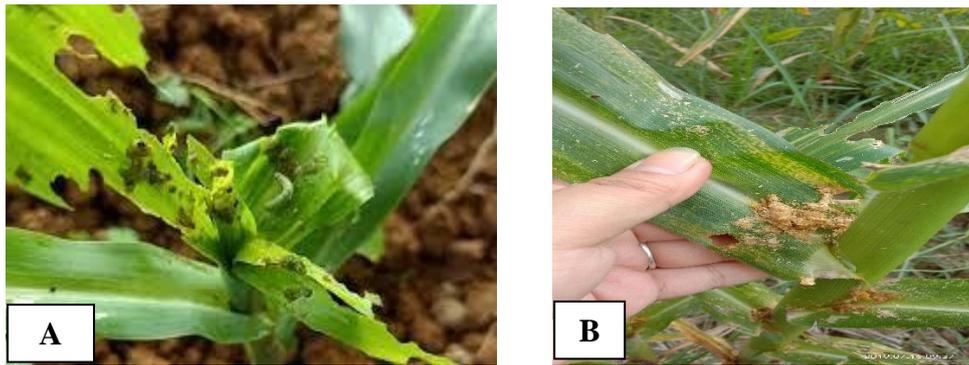
Gambar 5. Imago betina *S. frugiperda* (CABI, 2019)



Gambar 6. Imago jantan *S. frugiperda* (CABI, 2019)

2.1.3. Gejala Serangan *Spodoptera frugiperda*

Hama ini menyerang titik tumbuh tanaman yang dapat mengakibatkan kegagalan pembetukan pucuk/daun muda tanaman, diketahui bahwa fase yang merusak dari hama ini yaitu fase larva atau ulat. Hama ini menyukai daun muda/ pucuk daun sehingga merusak pertanaman jagung dan beberapa gejala serangan yang ditimbulkan hama *S. frugiperda* adanya bekas gigitan dari larva atau ulat (Gambar 7A). Pada permukaan atas daun atau di sekitar pucuk tanaman jagung, ditemukan serbuk kasar seperti serbuk gergaji (Gambar 7B). Ulat grayak ini merusak bagian pucuk, daun muda, maka tanaman jagung dipastikan akan mati, ketika populasi ulat grayak ini sangat tinggi, maka bagian tongkol jagung juga akan diserang oleh hama ini. (FAO and CABI, 2019).



Gambar 7. Larva dan kerusakan pucuk daun (A) (Kampus tani).
Feses larva (B) (Dokumentasi pribadi)

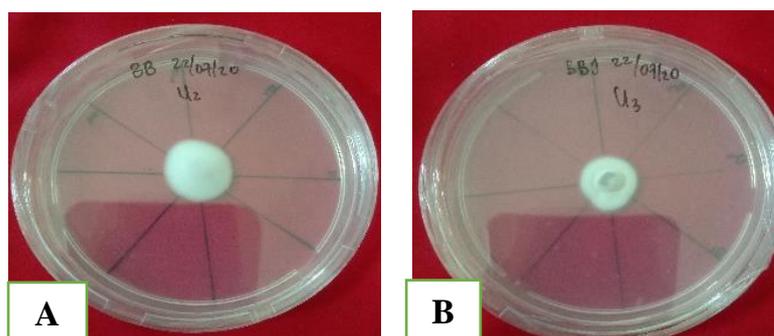
2.2. Jamur Entomopatogen

Jamur entomopatogen merupakan salah satu jamur yang bersifat heterotrof. Karena sifat heterotrof jamur entomopatogen hidup sebagai parasit pada serangga (Permadi *et al.*, 2019). Jamur entomopatogen sering digunakan sebagai pengendali hayati di lapang (Reddy *et al.*, 2016). Pemanfaatan jamur entomopatogen untuk mengendalikan serangga memiliki kelebihan yaitu kapasitas produksi yang tinggi, siklus dari jamur entomopatogen relatif singkat dan mampu membentuk spora yang tahan terhadap kondisi lingkungan yang buruk (Rosmayuningsih dkk., 2014) dan sangat kecil kemungkinan menyebabkan resistensi hama (Prayogo dkk., 2005).

2.2.1. *Beauveria bassiana*

Menurut Soetopo & Indrayani (2007), *B. bassiana* merupakan jamur penyebab penyakit *white muscardine* pada serangga hama yang menghasilkan miselium dan konidium (spora) berwarna putih. Spora *B. bassiana* yang melekat pada permukaan kutikula serangga akan membentuk hifa, masuk pada jaringan internal serangga melalui interaksi biokimia yang kompleks antara inang dan jamur. Selanjutnya, enzim yang dihasilkan dapat mendegradasi kutikula serangga. Hifa jamur akan tumbuh ke dalam sel-sel tubuh serangga, dan menyerap cairan tubuh serangga yang mengakibatkan serangga mati dalam keadaan tubuh yang mengeras seperti mumi (Tanada & Kaya, 1993).

Menurut Hidayah dkk. (2019), salah satu jamur entomopatogen yang digunakan sebagai agensia hayati untuk membunuh *Lepidiotia stigma* yaitu *B. bassiana*. Berdasarkan hasil penelitian terhadap jamur *B. bassiana* dalam mengendalikan *Cylas formicarius* menggunakan lebih efektif. Di dalam keberhasilan dalam mengendalikan hama tersebut tergantung dengan frekuensi aplikasi jamur tersebut (Prayogo, 2017). Pada Gambar 8 menunjukkan dua jamur *B. bassiana* yang berasal dari dua lokasi yang berbeda.



Gambar 8. Jamur *B. bassiana* (A) isolat (B1) (Koleksi Laboratorium Bioteknologi). Jamur *B. bassiana* (B) isolat (BJ) (Isolat Jati Sari) (Dokumentasi pribadi)

2.2.2. *Metarhizium* sp.

Beberapa jamur yang sudah diteliti yaitu *Metarhizium anisopliae* diketahui efektif mengendalikan serangga dari ordo Lepidoptera (Herlinda *et al.*, 2005; Widiarta dan Kusdiaman, 2005). *Metarhizium* sp banyak digunakan dalam pengendalian hama di lapangan jamur. Jamur ini dapat melakukan penetrasi ke dalam tubuh serangga inang melalui 2 cara yaitu tekanan mekanik dan bantuan toksin yang dikeluarkan jamur entomopatogen tersebut (Hasyim dkk., 2016). Jamur *Metarhizium* memiliki beberapa spesies, pada Gambar 9 adalah salah satu spesies jamur *Metarhizium* yaitu *M. flavoviride*.



Gambar 9. Jamur *Metarhizium flavoviride* (Dokumentasi pribadi)

2.2.3. *Trichoderma* sp.

Jamur *Trichoderma* sp. merupakan salah satu jenis jamur yang banyak dijumpai pada semua jenis tanah dan pada berbagai habitat. Jamur *Trichoderma* sp. adalah jamur yang dapat dimanfaatkan sebagai agensia hayati pengendali patogen tanah dan telah menjadi perhatian penting sejak beberapa dekade terakhir ini karena kemampuannya sebagai pengendali biologis terhadap beberapa patogen tanaman (Harman *et al.*, 2004).

Mekanisme pengendalian yang bersifat spesifik target dan mampu meningkatkan hasil produksi tanaman, menjadi keunggulan tersendiri bagi *Trichoderma* sp. sebagai agensia pengendali hayati (Suanda dan Ratnadi, 2015). *Trichoderma* spp. adalah jamur saprofit tanah yang secara alami dapat dimanfaatkan sebagai agensia hayati, karena memiliki sifat antagonisme terhadap patogen berupa kompetisi ruang dan nutrisi, mikoparasit dan antibiosis. Selain itu jamur *Trichoderma* spp. juga memiliki beberapa kelebihan seperti mudah diisolasi, daya adaptasi luas, mudah ditemukan pada areal pertanian, dapat tumbuh dengan cepat pada berbagai substrat, memiliki kisaran mikroparasitisme yang luas dan tidak bersifat patogen pada tanaman. Beberapa hasil penelitian melaporkan bahwa *Trichoderma* sp. dapat mengendalikan patogen pada berbagai komoditas tanaman, diantaranya *Phytophthora infestans* penyebab penyakit busuk daun dan umbi kentang (Purwantisari and Rini, 2009) Jamur *Trichoderma* memiliki beberapa

spesies, pada Gambar 10 dapat dilihat salah satu jenis jamur *Trichoderma* yaitu *T. asperellum*.

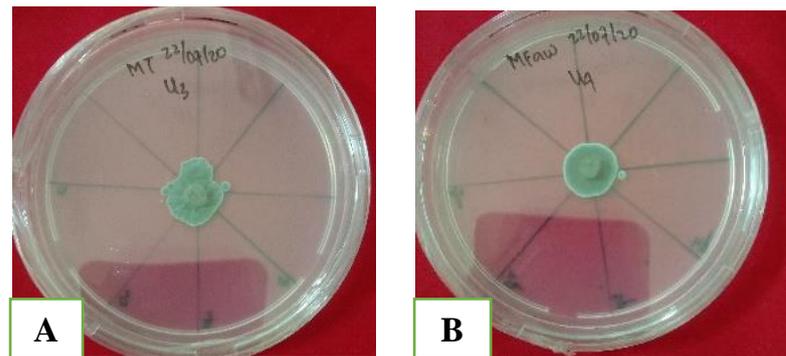


Gambar 10. Jamur *Trichoderma asperellum* (Dokumentasi pribadi)

2.2.4. *Penicillium* sp.

Penicillium merupakan kelompok jamur yang menghasilkan senyawa antibiotik salah satunya yaitu Penisilin. Penisilin merupakan kelompok antibiotik yang ditandai oleh adanya cincin laktam dan diproduksi oleh berbagai jenis jamur (eukariot) yaitu dari jenis *Penicillium*, *Aspergillus*, serta oleh beberapa prokariot tertentu (Madigan *et al.*, 2000). Menurut Khatiresan dan Manivannan (2006) jamur *Penicillium* sp. merupakan jenis jamur yang mampu bertahan pada suhu yang ekstrim yaitu sekitar 20-80°C dan dapat tumbuh pada kisaran pH 2-9.

Penicillium sp. merupakan jamur yang berkembang biak secara aseksual dengan membentuk konidium yang berada di ujung hifa. Setiap konidium akan tumbuh menjadi jamur baru. Jumlah konidia akan menentukan keefektifan jamur entomopatogen dalam mematikan serangga (Sindhu *et al.*, 2011). Pada Gambar 11 dapat dilihat dua jenis jamur *Penicillium*.



Gambar 11. Jamur 7 hsi *Penicillium* sp. (A). *P. citrinum* (B) (Dokumentasi pribadi)

2.2.5. *Aspergillus oryzae*

Jamur *A. oryzae* memiliki ciri mikroskopis bentuk konidium bulat dan berwarna hitam, permukaan halus sampai kasar. Jamur *A. oryzae* hidup dengan massa berbentuk benang, bercabang-cabang, multiseluler dan tidak berklorofil (Suriawiria, 1986). Jamur *A. oryzae* KKB4 yang diisolasi dari koji dinyatakan mampu mereduksi AFB1 pada kultur rendam, dan telah diketahui pula bahwa enzim ekstraseluler yang dihasilkan mampu mereduksi dan mendetoksifikasi AFB1 (Sardjono dkk., 2004a; Sardjono dkk., 2004b).

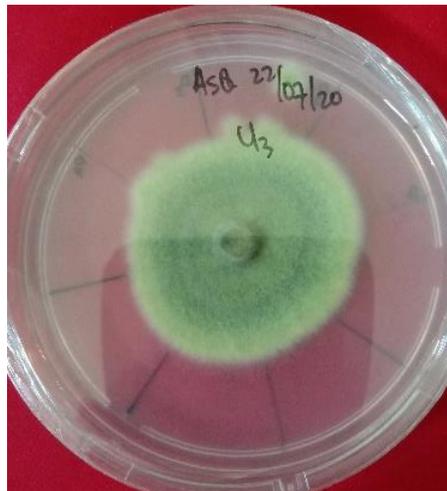
Pengembangan lebih lanjut tentang potensi jamur tersebut sangat besar artinya dalam upaya peningkatan kualitas pangan serta memberikan harapan baru dibidang bioteknologi yang berkaitan dengan masalah keamanan pangan. Penggunaan substrat padat untuk fermentasi memiliki beberapa keunggulan bila dibanding dengan dengan kultur rendam, khususnya bila menggunakan jamur sebagai agensia fermentasi (Doelle *et al.*, 1992). Jamur *A. oryzae* dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Jamur *Aspergillus oryzae* (Dokumentasi pribadi)

2.2.6. *Talaromyces sayulitensis*

Talaromyces mampu berperan sebagai jamur antagonis dan banyak digunakan untuk aktivitas industri dan dunia medis. Jamur *Talaromyces* dapat ditemukan dengan mudah di beberapa habitat seperti kompos dan tanah. *Talaromyces* memiliki beberapa spesies antara lain *T. islandicus*, *T. helicus*, *T. variabilis*, *T. apiculatus*, *T. atrororeus* dan pada Gambar 13 adalah salah satu spesies jamur *Talaromyces* yaitu *T. sayulitensis* (Benjamin, 1955).



Gambar 13. Jamur *Talaromyces sayulitensis* (Dokumentasi pribadi)

2.3. Metabolit Sekunder

Metabolit sekunder adalah senyawa organik yang diproduksi oleh organisme yang berbeda dan tidak berkaitan langsung dengan pertumbuhan, perkembangan atau reproduksi. Walaupun tidak bersifat esensial bagi mikroba jamur menghasilkan beraneka metabolit sekunder. Metabolit sekunder memiliki berat molekul yang rendah yang dihasilkan oleh mikroorganisme dan tumbuhan berhubungan dengan genera, spesies atau strain (Namasivayam *et al.*, 2014).

Jamur entomopatogen *B. bassiana* memiliki produk berupa konidia dan metabolit. Saat ini produk bioinsektisida sudah ada yang diolah menjadi larutan metabolit sekunder dari *B. bassiana*. Penggunaan metabolit sekunder *B. bassiana* dapat menjadi metode alternatif yang murah dan ramah lingkungan (Widiastuti dan Kalimah, 2016).

Trichoderma sp. memiliki potensi untuk memproduksi metabolit sekunder yang bersifat antibiotik yaitu viridin dan trikomidin (Papavizas, 1985 dalam Sukamto *et al.*, 1999). *Viridin* dan *Trikomidin* dapat menghambat pertumbuhan atau bahkan mematikan jamur yang lain.

Prinsip kerja jamur entomopatogen tidak secepat insektisida sintesis yang dapat secara langsung mematikan serangga target, akan tetapi perlu waktu yang lebih lama (Ladja dkk., 2011). Untuk mengatasi hal tersebut dan meningkatkan efektivitas jamur entomopatogen, diperlukan peran ilmu bioteknologi. Bioteknologi menyediakan kesempatan yang baik dalam pengembangan jamur entomopatogen misalnya pemanfaatan metabolit sekunder dari jamur entomopatogen. Penerapan metabolit sekunder sangat berguna terutama untuk membunuh serangga pada fase larva yang tidak terpengaruh oleh serangan jamur entomopatogen. Metabolit sekunder memainkan peranan penting pada interaksi antara tanaman dan serangga hama (Singh and Prakash, 2010).

III. BAHAN DAN METODE

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli 2020 sampai dengan Mei 2021 di Laboratorium Ilmu Hama Tumbuhan, Jurusan Proteksi Tanaman dan Laboratorium Bioteknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

3.2. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu mikroskop binokuler, timbangan elektrik, cawan petri, bunsen, erlenmeyer 500 mL, *beaker glass* 1000 mL, gelas ukur, *aluminium foil*, *laminar air flow*, *autoclave*, *microwave*, plastik tahan panas, kaca preparat, nampan, kertas label, karet gelang, bor gabus, jarum ose, plastik *wrap*, alat tulis, botol steril 120 mL, mikropipet 0 - 1000 μ L, *shaker*, *hand sprayer*, tisu, toples, kain penutup toples, tabung reaksi dan kamera.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah media *potato dextrose agar* (PDA), *potato sucrose agar* (PSA), media *potato dextrose broth* (PDB), kloroform, alkohol 70%, akuades, asam laktat, daun tanaman jagung, air steril, Tween 80, kentang, sembilan jamur entomopatogen koleksi Laboratorium Bioteknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung ulat dan *S.frugiperda* (instar 2 akhir).

3.3. Rancangan Percobaan

Penelitian ini terdiri dari 2 sub percobaan, yaitu uji pertumbuhan koloni sembilan jamur, sporulasi, viabilitas spora pada media PDA dilakukan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Perlakuan berupa sembilan isolat jamur

entomopatogen dan diulang sebanyak 4 kali. Percobaan kedua adalah uji kemampuan metabolit sekunder untuk mengendalikan *S. frugiperda* disusun dengan Rancangan Acak Kelompok (RAK) yang terdiri dari 11 perlakuan yaitu *B. bassiana*, *B. bassiana* isolat Jati sari, *M. flavoviride*, *M. flavoviride* isolat Trimurjo, *P. lillacinum*, *P. lillacinum* (PFAW), *T. asperellum*, *A. oryzae*, *T. sayulitensis*, kontrol 1 (air steril), kontrol 2 (tanpa air steril) yang diulang sebanyak 3 kali. Percobaan keempat membutuhkan masing masing 110 ekor/ulangan ulat *S. frugiperda* sehingga ulat yang dibutuhkan dalam percobaan ini sebanyak 330 ekor ulat *S. frugiperda*.

3.4. Pelaksanaan Penelitian

3.4.1. Penyediaan sembilan isolat jamur entomopatogen

Sembilan isolat jamur yang digunakan terdiri dari *B. bassiana*, *B. bassiana* isolat Jati sari, *M. flavoviride*, *M. flavoviride* isolat Trimurjo, *P. lillacinum*, *P. lillacinum* (PFAW), *T. asperellum*, *A. oryzae*, *T. sayulitensis*, yang merupakan koleksi dari Laboratorium Bioteknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, sembilan jamur tersebut diremajakan atau diperbanyak dalam media PSA dan WA untuk dilakukan pengujian lebih lanjut. Isolat- isolat jamur yang akan digunakan untuk penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Sembilan isolat jamur entomopatogen dalam penelitian

No	Kode Isolat Jamur	Identitas
1	SPV	<i>Trichoderma asperellum</i>
2	AS8	<i>Talaromyces sayulitensis</i>
3	A1	<i>Aspergillus oryzae</i>
4	B01TG	<i>Penicillium lillacinum</i>
5	B1	<i>Beauveria bassiana</i>
6	BJ	<i>Beauveria bassiana</i>
7	PFAW	<i>Penicillium citrinum</i>
8	PSP	<i>Penicillium</i> sp.
9	MF	<i>Metarhizium flavoviride</i>

3.4.2. Pembuatan Media Potato Sucrose Agar (PSA)

Media PSA atau *Potato Sucrose Agar* adalah media yang komposisinya mengandung ekstrak kentang. Media PSA dibuat dengan bahan-bahan yang terdiri dari 20 g *sucrose*, 20 g agar batang, 1000 mL akuades dan 200 g kentang. Kentang yang sudah dikupas kemudian dipotong dadu lalu dimasukkan ke dalam *beaker glass* yang sudah berisi 1000 mL akuades, kemudian dipanaskan menggunakan *microwave* selama 15 menit. Ekstrak kentang dimasukkan ke dalam *erlenmeyer* yang sudah berisi 20 g sukrosa dan agar batang. Media tersebut disterilkan menggunakan *autoclave* selama 15 menit pada tekanan 1 atm dan suhu 121 °C. setelah media steril pada suhu ± 50 °C ditambahkan 1,4 mL asam laktat sebelum dituang ke dalam cawan petri.

3.4.3. Pembuatan Media Water Agar (WA)

Media WA dibuat dengan mencampurkan 1000 mL akuades dan 20 g agar batang ke dalam *erlenmeyer*. Kedua bahan tersebut direbus sampai homogen menggunakan *microwave*. Setelah itu, media disterilkan menggunakan *autoclave* selama 15 menit pada tekanan 1 atm dan suhu 121 °C. Setelah media steril ditambahkan 1,4 mL asam laktat sebelum dituang ke dalam cawan petri.

3.4.4. Pembuatan Media Potato Dextrose Agar (PDA)

Potato Dextrose Agar (PDA) adalah media yang umum digunakan untuk menumbuhkan semua jenis jamur. Pembuatan media PDA hampir sama dengan pembuatan media PSA yaitu dibuat dengan bahan-bahan yang terdiri dari 20 g *dextrose*, 20 g agar batang, 1000 mL akuades dan 200 g kentang. Kentang yang sudah dikupas kemudian dipotong dadu lalu dimasukkan ke dalam *beaker glass* yang sudah berisi 1000 mL akuades, kemudian dipanaskan menggunakan *microwave* selama 15 menit. Ekstrak kentang dimasukkan ke dalam *erlenmeyer* yang sudah berisi *sucrose* dan agar batang. Media tersebut disterilkan menggunakan *autoclave* selama 15 menit pada tekanan 1 atm dan suhu 121 °C.

setelah media steril pada suhu ± 50 °C ditambahkan 1,4 mL asam laktat sebelum dituang ke dalam cawan petri.

3.4.5. Media Potato Dextrose Broth (PDB)

Pembuatan media PDB secara garis besar sama dengan pembuatan media PDA. Namun, tidak ditambahkan agar. Bahan-bahan yang dibutuhkan terdiri dari 20 g *dextrose*, 1000 mL akuades dan 200 g kentang. Kentang yang sudah dikupas kemudian dipotong dadu lalu dimasukkan ke dalam *beaker glass* yang sudah berisi 1000 mL akuades, kemudian dipanaskan menggunakan *microwave* selama 15 menit. Ekstrak kentang dimasukkan ke dalam *erlenmeyer* yang sudah berisi *sucrose* dan agar batang. Media tersebut disterilkan menggunakan *autoclave* selama 15 menit pada tekanan 1 atm dan suhu 121 °C. Setelah media steril pada suhu ± 50 °C ditambahkan 1,4 mL asam laktat sebelum dituang ke dalam botol berukuran 120 mL.

3.4.6. Penyediaan dan Pemeliharaan Massal *Spodoptera frugiperda*

Larva *S. frugiperda* yang digunakan dalam uji metabolit sekunder merupakan koleksi Laboratorium Ilmu Hama Tanaman Jurusan Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Larva dipelihara dalam toples plastik (tinggi dan diameter: 15,5 cm) kemudian diisi sebanyak 5-10 ulat dan ditutup menggunakan kain dengan tujuan mencegah kanibalisme. Setiap hari pakan dan toples diganti dan dibersihkan. Pakan yang digunakan adalah daun jagung yang berumur sekitar ± 15 hari. Jagung ditanam di belakang gedung Laboratorium Bioteknologi Pertanian, Universitas Lampung. Benih jagung ditanam pada *polybag* berukuran 10 x 15 cm. *S. frugiperda* instar 2.

Larva yang memasuki tahap pupa dipindahkan ke dalam *incase* (kurungan) yang ada di Laboratorium Ilmu Hama Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. untuk dijadikan indukan. Setelah pupa menjadi imago akan diberi pakan larutan madu 50% yang diteteskan pada satu atau dua helai kapas. Selanjutnya imago akan melakukan perkawinan dan bertelur. Di dalam *incase*

juga dimasukkan tanaman jagung yang hidup. Tanaman jagung tersebut akan menjadi tempat meletakkan telur bagi imago betina. Telur yang dihasilkan dipelihara di dalam *incase* sampai menjadi larva selama 2 sampai 3 hari. Kemudian larva-larva tersebut akan dipindahkan ke dalam toples dan dipelihara sampai waktu pengujian yakni pada saat larva memasuki instar 2.

3.4.7. Uji Metabolit Sekunder Sembilan Isolat Jamur Entomopatogen terhadap *S. frugiperda*

3.4.7.1. Penyediaan Ekstrak Metabolit Sekunder Jamur Entomopatogen

Sembilan jenis jamur yang sudah berumur 7 HSI dipanen dengan menambahkan air steril 10 mL/cawan. Media PDB yang sudah disiapkan dituangkan ke dalam botol steril dengan takaran 90 mL per botol. Satu mL jamur diteteskan ke dalam media PDB dan diikuti dengan menambahkan 10 mL kloroform menggunakan mikropipet, kemudian dishaker selama 72 jam dengan kecepatan 250 rpm. Setelah 72 jam larutan tersebut *disentrifuge* dan dimasukkan ke dalam *hand sprayer*.

3.4.7.2. Aplikasi Ekstrak Metabolit Sekunder Jamur Entomopatogen terhadap *S. frugiperda*

Aplikasi metabolit sekunder dilakukan dengan menyiapkan cawan dan larva instar II masing-masing sebanyak 110 serta daun jagung secukupnya. Ulat ditimbang satu per satu sedangkan daun jagung ditimbang 3-5 potong helai dan dimasukkan ke dalam cawan petri yang sudah disediakan. Kemudian ekstrak metabolit sekunder yang sudah tersedia diaplikasikan dengan cara disemprotkan ke helai daun tanaman jagung yang sudah ditimbang dan dimasukkan ke dalam cawan petri.

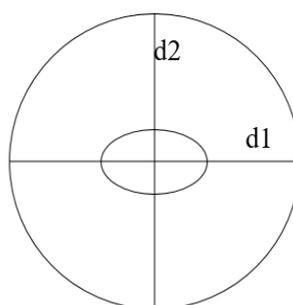
3.5. Variabel Pengamatan

Variabel pengamatan penelitian ini yaitu pertumbuhan koloni, sporulasi dan viabilitas spora sembilan jamur entomopatogen serta mortalitas ulat *S. frugiperda* setelah diaplikasi metabolit sekunder jamur entomopatogen.

3.5.1. Pertumbuhan Koloni Sembilan Isolat Jamur

Uji pertumbuhan koloni dilakukan untuk mengetahui kecepatan tumbuh Sembilan isolat jamur yang diuji. Sembilan isolat jamur tersebut diremajakan pada media WA dan diinkubasi selama 4 hari setelah inokulasi (HSI). Satu bor gabus (5 mm) biakan murni masing-masing isolat yang sudah diinkubasi selama 4 hari, diletakkan di tengah cawan petri steril yang berisi media PSA. Hasil inokulasi tersebut diinkubasi selama 7 hari setelah inokulasi pada suhu ruang.

Pengamatan pertumbuhan dilakukan selama 7 hari berturut-turut. Diameter koloni dihitung dengan menjumlahkan dua diameter (horizontal dan vertical) kemudian dibagi dua. Pengukuran diameter koloni jamur entomopatogen dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Pengukuran diameter koloni jamur entomopatogen

Pengukuran diameter koloni jamur pada cawan petri dapat dihitung dengan rumus berikut (Syahnen dkk., 2014):

$$D = \frac{d1 + d2}{2}$$

dengan:

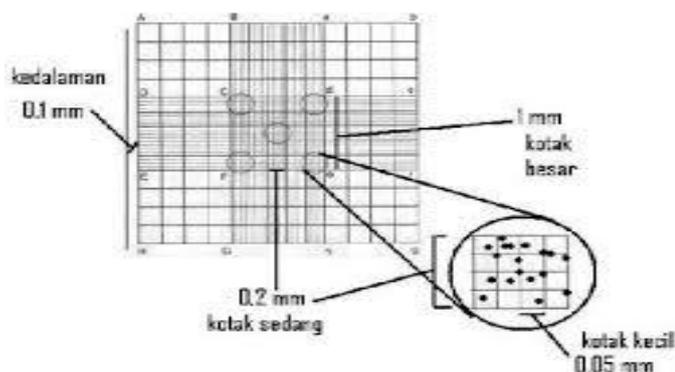
D = Diameter koloni jamur entomopatogen (cm)

d1 = Diameter horizontal koloni jamur entomopatogen (cm)

d2 = Diameter vertikal koloni jamur entomopatogen (cm)

3.5.2. Sporulasi Sembilan Isolat Jamur

Sembilan isolat jamur dipanen dengan cara menambahkan masing-masing 10 mL Tween 80 0,1 % ke dalam cawan petri yang berisi koloni setiap jamur yang berumur 7 hari. Spora dipanen dengan mengeruk perlahan bagian permukaan jamur dalam cawan menggunakan kaca preparat kemudian suspensi dimasukkan ke tabung reaksi dan dirotamixer sampai homogen. Suspensi yang sudah homogen diambil sebanyak 25 μ L diteteskan pada *Hemocytometer* dan ditutup dengan kaca objek sampai suspensi mengisi ruang hitung, kemudian jamur diamati menggunakan mikroskop binokuler LEICA dengan perbesaran 400 kali. Perhitungan kerapatan spora dilakukan dengan memilih 5 kotak sedang yang terdapat pada *Hemocytometer* (Gambar 15). Setiap kotak dihitung dan dirata-ratakan. Perhitungan kerapatan spora jamur dihitung menggunakan rumus (Syahnen dkk., 2014):



Gambar 15. Gambar *Hemocytometer* (kotak besar, sedang dan kecil)

$$S = R \times K \times F$$

dengan:

S = Jumlah spora/mL

R= Jumlah rata-rata spora pada 5 kotak sedang *haemocytometer*

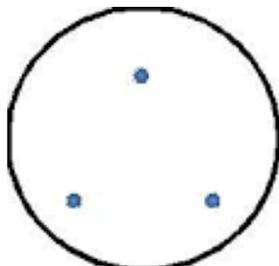
K= Konstanta koefisien alat ($2,5 \times 10^5$)

F= Faktor Pengenceran yang digunakan

3.5.3. Viabilitas Spora

Uji viabilitas spora dilakukan dengan mengambil masing-masing suspensi Sembilan spora jamur. Suspensi tersebut diteteskan ke media PDA di tiga titik

yang berbeda menggunakan mikropipet. Setiap titik ditetesi sebanyak 25 μ L (Gambar 16), kemudian suspensi jamur diinkubasi selama 10 jam pada suhu ruang kecuali jamur *Metarhizium flavoviride* spora diinkubasi selama 16 jam. Kemudian spora jamur diamati menggunakan mikroskop dengan perbesaran 400 kali.



Gambar 16. Titik penetesan suspensi jamur pada media PDA

Pengamatan dilakukan terhadap jumlah spora yang berkecambah dan yang tidak berkecambah. Persentase daya kecambah jamur *Trichoderma* spp. dihitung menggunakan rumus (Tarman, 2006):

$$\text{Viabilitas spora (\%)} = \frac{\text{Jumlah Spora berkecambah}}{\text{Total spora yang diamati}} \times 100\%$$

3.5.4. Mortalitas Ulat *Spodoptera frugiperda*

Variabel yang diamati pada penelitian ini meliputi bobot ulat dan bobot pakan setelah 6, 24, 72, dan 96 jam setelah diinfestasikan dan mortalitas serta perkembangan hidup *S. frugiperda*. Perhitungan mortalitas ulat grayak menggunakan rumus:

$$\text{Mortalitas (\%)} = \frac{\text{Jumlah serangga uji yang mati}}{\text{Total serangga uji yang diamati}} \times 100\%$$

3.5.5. Analisis Data

Data diuji menggunakan uji Tukey, apabila hasil uji tersebut memenuhi asumsi, maka data yang diperoleh di Analisis dengan sidik ragam (ANARA). Kemudian dilakukan pengujian pemisahan nilai tengah dengan uji Beda Nyata Jujur (BNJ) pada taraf 5%.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pertumbuhan dan perkembangan masing-masing jamur entomopatogen berbeda. pertumbuhan dan sporulasi koloni jamur tertinggi dihasilkan oleh isolat SPV (*T. asperellum*) dan viabilitas tertinggi dihasilkan oleh isolat AS8 (*T. sayulitensis*).
2. Persentase mortalitas ulat *S. frugiperda* akibat aplikasi metabolit sekunder jamur entomopatogen berkisar antara 20,00-43,33%. Seluruh perlakuan metabolit sekunder jamur entomopatogen memiliki potensi menyebabkan kematian terhadap ulat.

5.2. Saran

Penulis memberikan saran perlu dilakukan pengaplikasian metabolit sekunder jamur entomopatogen dengan tingkat konsentrasi dan dosis yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggraeni, S. 2020. Kemampuan *Purpureocillium lilacinum*, *Metarhizium flaviviride*, dan *Penicillium* sp. Sebagai Antagonis Jamur *Phytophthora capsici* Endofit dan Pemacu Pertumbuhan Tanaman Lada. *Skripsi*. Fakultas Pertanian. Universitas Lampung. Lampung.
- Aulia, J.R. 2020. Kemampuan tiga isolat *Beauveria* spp. Sebagai Antagonis Jamur *Phytophthora capsici*, Endofit dan Pemacu Pertumbuhan Tanaman Lada. *Skripsi*. Fakultas Pertanian. Universitas Lampung. Lampung.
- Benjamin, C.R. 1955. *Ascocarps of Aspergillus and Penicillium*. *Mycologia* 47:669-687.
- CABI. 2019. Community-Based Fall Armyworm (Spodoptera frugiperda) Monitoring, Early Warning and Management. <https://www.cabi.org/wp-content/uploads/ToT-manual>. Diakses pada tanggal 05 Oktober 2020.
- CABI. 2020. *Spodoptera frugiperda* (Fall armyworm). www.Cabi.Org. Diakses pada tanggal 08 Oktober 2019.
- Craney, A., Salman, A., dan Justin, N. 2013. Towards A New Science of Secondary Metabolism. *The Journal of Antibiotics*. 66: 387–400.
- Dalimunthe, C.I., dan Rachmawan, A. 2017. Prospek Pemanfaatan Metabolit Sekunder Tumbuhan sebagai Pestisida Nabati untuk Pengendalian Patogen pada Tanaman Karet. *Jurnal Warta Perkaratan*. 1(36): 15-28.
- Demain, A. and Fang. A. 2000. The Natural Functions of Secondary Metabolites. *Advances in Biochemical Engineering/Biotechnology*. 69:1-39.
- Djojosumarto, P. 2000. *Teknik Aplikasi Pestisida Pertanian*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Doelle, H.W., Mitchel, D. A., and Rolz, C.E. 1992. *Solid Sub strate Cultivation*. Elsevier Applied Science. New York.

- DPKP DIY. 2019. Ulat Grayak *Spodoptera frugiperda* Menjadi Ancaman Serius Produksi Jagung di D.I. Yogyakarta. *dpkp.jogjaprovo.go.id*. Diakses pada tanggal 03 September 2019.
- Ekowati, N., Suciarto, E. T., Muljowati, J. S., dan Dewi, R. 2009. Uji aktivitas antibiosis beberapa isolat *Gliocladium* dan *Trichoderma* terhadap mikroba patogen dengan pH awal fermentasi yang berbeda. *Jurnal Inovasi*. 3(2): 69–77.
- Essien, J.P. 2004. Insecticidal Potential of an Orally Administered Metabolic Extract of *Aspergillus niger* on *Chrysomya chloropyga* (Green bottle fly) Larvae. *J. Appl. Sci. Environ. Mgt.* 8 (1) 45–48.
- FAO (Food and Agriculture Organization) and CABI. 2019. *Community-Based Fall Armyworm (Spodoptera frugiperda) Monitoring, Early Warning and Management*. Training of Trainers Manual, First Edition. 112 pp.
- Ferron P. 1981. Pest control by fungi *Beauveria* and *Metarhizium*. Di dalam: Burges HD, editor. *Microbial Control of Pests and Plant Diseases 1970-1980*. Academic Press Inc. hlm. 465-482.
- Guo, Z., Cuijuan, G., Caihong, C., Liangliang, C., Shoubai, L., Yanbo, Z., Jingzhe, Y., Wenli, M., & Haofu, D. 2017. Metabolites with Insecticidal Activity from *Aspergillus fumigatus* JRJ111048 Isolated from Mangrove Plant *Acrostichum speciosum* Endemic to Hainan Island. *Marine Drugs*. 215- 381pp. China.
- Gupta, G.P., Rani, S., Birah, A., and Raghuraman, M. 2004. Improved artificial diet for mass rearing of the tobacco caterpillar, *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae). *International Journal of Tropical Insect Science*. 25(1): 55–58.
- Hardaningsih, S. dan Prayogo, Y. 2001. Identifikasi dan patogenesitas jamur entomopatogen untuk mengendalikan hama penghisap polong (*Liptortus lienaris*) dan hama boleng (*Cylas formicarius*). Hlm: 1 145-150. *Dalam* Prawanto, B.H., Semangun, N. Widiyawati, D. Rahardjo, A. Prasetyaningsih, dan C. Amarantini (Eds.). *Prosiding Lokakarya Nasional Strategi Pengelolaan Sumber Daya Alam Hayati dalam Era Otonomi Daerah*. Universitas Kristen Duta Wacana Yogyakarta. Yogyakarta.
- Hariadi, J. 2020. *Skrining Isolat Agensia Hayati Terpilih Untuk Menekan Busuk Pangkal Batang Lada (Phytophthora Capsici) Secara In Planta*. Skripsi. Fakultas Pertanian. Universitas Lampung. Lampung.

- Harman, G. E., Howell, C. R., Viterbo, A., Chet, I., and Lorito, M. 2004. *Trichoderma* species - opportunistic, avirulent plant symbionts. *Microbiology*. 2(1): 43-56.
- Hasyim, A., Setiawati, W., Hudaya, A., dan Luthfy, N. 2016. Sinergisme jamur entomopatogen *Metarhizium anisopliae* dengan insektisida kimia untuk meningkatkan mortalitas ulat bawang *Spodoptera exigua*. *Jurnal Hortikultura*. 26(2): 257-266.
- Herlinda, S., Efendi, R.A., Suharjo, R., Hasbi, Setiawan, A., Elfita, and Verawaty, M. 2020. New emerging entomopathogenic fungi isolat from soil in South Sumatera (Indonesia) and their filtrate and conidial insecticidal activity against *Spodoptera litura*. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*. 21(11): 5102-5113.
- Herlinda, S., Era, M.S., Yulia, P., Suwandi, Elisa, N., dan Anung, R. 2005. Variasi virulensi strain strain *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. terhadap larva *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae). *Agritrop*. 24(2): 52-57.
- Hidayah, A., Harijani, W., Widajati, W., dan Ernawati, D. 2019. Potensi jamur entomopatogen *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana* dan *Streptomyces* sp. terhadap mortalitas *Lepidiotia stigma* pada tanaman tebu. *Plumula* 7(2): 64–72.
- Johnpulle, A.L. 1997. Temperatures Lethal to the green Muscardine Fungus, *Metarhizium anisopliae* (Metch.) Sorok. *Topical Agriculturalist*. (1): 29–46.
- Khatiresan, K. and Manivannan, S. 2006. α - Amylase Production by *Penicillium fellutanum* Isolated from Mangrove Rhizosphere Soil. *African Journal of Biotechnology*. 5(10): 829-832.
- Kementan (Kementerian Pertanian). 2019. *Pengenalan Fall Armyworm (Spodoptera frugiperda* J. E. Smith) *Hama Baru pada Tanaman Jagung di Indonesia*. Balai Penelitian Tanaman Serealia. Jakarta.
- Ladja, F.T., Santoso, T., dan Nurhayati, E. 2011. Potensi Cendawan Entomopatogen *Verticillium lecani* dan *Beauveria bassiana* dalam Mengendalikan Wereng Hijau dan Menekan Intensitas Penyakit Tungro. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*. 30: 114-120.
- Madigan, M.T., and Martinko, J. M. 2006. *Biology of Microorganisms*. PrenticeHall. New Jersey.

- Madigan, M.T., Martinko, J.M., and Parker, J. 2000. *Brock Biology of Microorganism Ninth Edition*. Prentice-Hall Inc. New Jersey.
- Maharani, T. 2021. Pengaruh Ekstrak Biji Sirsak (*Annona Muricata* L.) Dengan Berbagai Jenis Pelarut Terhadap *Spodoptera Frugiperda* J. E. Smith. *Skripsi*. Universitas Lampung. Lampung.
- Maharani, Y., Dewi, V. K., Puspasari, L. T., Rizkie, L., Hidayat, Y., and Danar, D. 2019. Cases of fall army worm *Spodoptera frugiperda* J. E. Smith (Lepidoptera: noctuidae) attack on maize in Bandung, Garut and Sumedang district, West Java. *Jurnal Cropsaver*. 2(1): 38-46.
- Namasivayam, Karthick, R., dan Prakash. 2014. Screening of Bioactive Compound by Ge-Me from *Fusarium Venenatum*. *International Journal of PhaPSPech Research*. 6 (6): 1833-1837.
- Nonci, Nurnina, Muis, A., dan Kalqutny H.S. 2019. *Pengenalan Fall Armyworm Hama Baru pada Tanaman Jagung di Indonesia*. Balai Penelitian Tanaman Serealia. Maros.
- Nuningtyas, M. 2018. Pertumbuhan Dan Uji Patogenisitas Delapan Jamur Entomopatogen Sebagai Agensia Pengendali Hama Ulat Grayak (*Spodoptera Litura* F.) Di Laboratorium. *Skripsi*. Fakultas Pertanian. Universitas Lampung. Lampung.
- Nurariaty, A. 2006. Identifikasi Jamur Entomopatogen dan Peranannya Sebagai Agens Hayati Pupa Penggerek Buah Kakao (*Conopomorpha cramerella* Snellen) (Lepidoptera: Gracillariidae) di Pertanian Kakao. *Buletin Penelitian Seri Hayati*. 9(2): 94-180.
- Pasaribu, L.T. 2018. Patogenisitas dan Identifikasi Molekuler Delapan Jamur entomopatogen sebagai agensia pengendali hama wereng coklat batang padi (*Nilaparvata lugens* Stal) pada tanaman padi. *Skripsi*. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Permadi, M.A., Lubis, R.A., dan Siregar, I.K. 2019. Studi keragaman jamur entomopatogen dari berbagai rizosfer tanaman hortikultura di Kota Padangsidempuan. *Jurnal Penelitian dan Pembelajaran MIPA*. 4(1): 1-9.
- Prayogo, Y., Tengkan, W., dan Suharsono. 2002. Efektivitas Jamur *Beauveria bassiana* Isolat Probolinggo untuk Mengendalikan Hama Penghisap Polong Kacang-kacangan. *Seminar Nasional Perkembangan Terkini Pengendalian Hayati di Bidang Pertanian dan Kesehatan*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.

- Prayogo, Y., Tengkano, W., dan Marwoto. 2005. Prospek jamur entomopatogen *Metarhizium anisopliae* untuk mengendalikan ulat grayak *Spodoptera litura* pada kedelai. *Jurnal Litbang Pertanian*. 24(1): 19-26.
- Prayogo, Y. 2017. Perbandingan Metode Aplikasi Jamur Entomopatogen *Beauveria bassiana* untuk Mengendalikan *Cylas formicarius* (Coleoptera: Curculionidae). *J. HPT Tropika*. 17(1): 84-95.
- Purwantisari, S. dan Rini B.H, 2009. Uji Antagonisme Jamur Patogen *Phytophthora infestans* Penyebab Penyakit Busuk Daun dan Umbi Tanaman Kentang Dengan Menggunakan *Trichoderma* spp. Isolat Lokal. *BIOMA*. 11(1): 24-32.
- Reddy, G.V.P., Antwi, F.B., Shrestha, G., and Kuriwada, T. 2016. Evaluation of toxicity of biorational insecticides against larvae of the *Alfalfa weevil*. *Toxicology Reports* 3: 473–480.
- Rosmayuningsih, A., Rahardjo, B.T., dan Rachmawati, R. 2014. Patogenisitas jamur *Metarhizium anisopliae* terhadap hama kepinding tanah (*Stibaropus molginus*) (Hemiptera: Cydnidae) dari beberapa formulasi. *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan*. 2(2): 28–37.
- Samsudin, M.A., dan Khoiruddin. 2008. Ekstraksi, Filtrasi dan Uji Stabilitas Zat Warna dari Kulit Manggis (*Garcinia mangostana*). *Jurnal Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro*. 11(2): 1-8.
- Sanjaya, E. M., Tobing, M.C., dan Lisnawita. 2018. Toksisitas Metabolit Sekunder *Penicillium* sp. pada berbagai Media Kultur untuk Mengendalikan *Spodoptera* sp. *In vitro*. Universitas Umatara Utara. Medan.
- Sardjono, R. S., Rahayu, E.S., and Rahayu, K. 2004a. Indigenous proteolytic *Aspergillus* isolat from koji and its ability for aflatoxin B1 degradation. *Agritech*. 24:139145.
- Sardjono, R.S., Rahayu, E.S., and Rahayu, K. 2004b. Detoxification of aflatoxin B1 by extracellular enzymes of *Aspergillus oryzae* KKB4. *Indonesian Food and Nutrition Progress*. 11:3034.
- Sihombing, D. T. H. 1999. *Satwa Harapan I: Cacing Tanah, Bekicot, Keong, Kupu-kupu, Ulat Hongkong*. Pengantar Ilmu dan Teknologi Budidaya. Pusaka Wirausaha Muda. Bogor.

- Singh, G. and Prakash, S. 2010. Fungi *Beauveria bassiana* (Balsamo) metabolites for controlling malaria and filarial in tropical countries. *Advance in Biomedical Research*. 104: 238-242.
- Sitompul, R. H. 2006. Pertumbuhan dan konversi pakan ulat tepung (*Tenebrio molitor* L.) pada kombinasi pakan komersial dengan dedak padi, onggok, dan pollard. *Skripsi*. Fakultas Peternakan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Soetanto, L. 2008. *Pengantar Pengendalian Hayati Penyakit Tanaman*. Raja Grafindo Persada.
- Soetanto, L. 2014. Metabolit Sekunder Agensia Pengendali Hayati: Terobosan Baru Pengendalian Organisme Pengganggu Tanaman Perkebunan. Fakultas Pertanian, Universitas Jendral Soedirman. Diakses dari <https://www.researchgate.net/publication/278261729> pada tanggal 12 September 2017.
- Soetopo, D., dan Indrayani.I.G.A.A. 2007. Status teknologi dan prospek *B. bassiana* untuk pengendalian serangga hama tanaman perkebunan yang ramah lingkungan. *Perspektif*. 6(1): 29-46.
- Suanda, I. W., dan Ratnadi, N. W. 2015. Daya Antagonis *Trichoderma* sp. Isolat Lokal terhadap Jamur Patogen Penyebab Penyakit Rebah Kecambah pada Tanamn Tomat. Prodi Biologi FMIPA IKIP PGRI Bali. *Jurnal Ema Sains*. 4 (2): 155- 162.
- Sulistiani, R. 2020. Potensi Tujuh Isolat Jamur Entomopatogen Sebagai Agensia Pengendali Hayati Hama Jagung (*Spodoptera Frugiperda* J.E. Smith) Di Laboratorium. Skripsi. Fakultas Pertanian. Univesitas Lampung. Lampung.
- Sukanto, S., Junianto, Y. D., Sulistyowati, L., dan Sari, L. 1999. *Keefektifan Trichoderma sp. Sebagai Agens Pengendali Hayati Rhizoctonia solani pada Bibit Kopi*. Pelita Perkebunan Universitas Lampung. Lampung.
- Suriawiria, U. 1986. *Pengantar untuk Mengenal dan Menanam Jamur*. Angkasa. Bandung.
- Syahnen, Sirait, D.D.N & Pinem S.E. Br. 2014. *Teknik Uji Mutu Agens Pengendali Hayati (APH) di Laboratorium*. Laboratorium Lapangan Balai Besar Perbenihan dan Proteksi Tanaman Perkebunan (BBPPTP). Medan.

- Tanada, Y. and Kaya, H.K. 1993. *Insect Pathology*. Academic Press. Inc. Harcourt Brace Jovanovich Publ, San Diego, New york, London.
- Tarman, P.E. 2006. Pengaruh Lama Masa Inkubasi Jamur Antagonis *Trichoderma harzianum* terhadap Daya Hambat Perkembangan Jamur Patogen *Fusarium oxysporum* Penyebab Penyakit Layu Tanaman Tomat. *Jurnal Unbar*. 1(1): 1-8.
- Thungrabeab, M., Blaeser, P., Sengonca, C. 2006. Possibilities for Biocontrol of The Onion thrips *Thrips tabaci* Lindeman (Thysanoptera: Thripitidae) using Difference Entomopathogenic from Thailand. *Mitt. Dtach. Ges Allg. Angew. Entomology* 15.
- Untung, K. 2001. *Pengantar Pengelolaan Hama Terpadu*. Gadjah Mada Press. Yogyakarta.
- Varela, A. and E. Morales. 1996. Charcterization of some *Beauveria bassiana* isolates and their virulence toward the coffee berry borer *Hypotenemus hampei*. *J. Invertebr. Phatol.* (67):147-152.
- Vinale, F., Manganiello, G., Nigro, M., Mazzei, P., Piccolo, A., Pascale, A., and Woo, S. 2014. A Novel Fungal with Beneficial Properties for Agricultural Applications. *Molecules*. 19 (7): 9760- 9772.
- Widiarta, I.N. dan Kusdiaman, D. 2005. Uji Lapangan Kemampuan Jamur *Metarhizium* Menekan Pemencaran Wereng Hijau dan Menularkan Tungro. Laporan Akhir Tahun. Balai Penelitian Tanaman Padi.
- Widiastuti, D. and Kalimah, I. F. 2016. Larvicidal Effect of *Beauveria bassiana* Secondary Metabolite Against *Aedes aegypti* Larvae. *Spirakel*. Balai Litbang P2B2. Banjar negara.
- Yunita, E.A.N. H., Suprapti, J.S. dan Hidayat. 2009. Ekstrak Daun Teklan (*Eupatorium riparium*) terhadap Mortalitas dan Perkemabangan Larva *Aedes aegeypri*. *Bioma*. 11(1): 11-17.
- Zanuncio, J.C., Batalha, V.C., Guedes, R.N.C., and Picancio, M.C. 1998. Insecticide selectivity to *Supputius cincticeps* (Stal) (Het. Pentatomidae) and its prey *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lep., Noctuidae). *J. Appl. Entomol.* 122: 457-460.