

**IDENTIFIKASI DAN UJI KEMAMPUAN ANTAGONIS *Beauveria* sp.,
Metarhizium sp., *Trichoderma* sp., DAN *Aspergillus* sp. TERHADAP
PATOGEN DAN SERANGGA HAMA TANAMAN SETELAH
MENGALAMI MASA PENYIMPANAN SATU TAHUN**

(Skripsi)

Aulian Nabilah Ramadhani
1654191006



**JURUSAN PROTEKSI TANAMAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

ABSTRAK

IDENTIFIKASI DAN UJI KEMAMPUAN ANTAGONIS *Beauveria* sp., *Metarhizium* sp., *Trichoderma* sp., DAN *Aspergillus* sp. TERHADAP PATOGEN DAN SERANGGA HAMA TANAMAN SETELAH MENGALAMI MASA PENYIMPANAN SATU TAHUN

Oleh

AULIAN NABILAH RAMADHANI

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui identitas isolat yang telah mengalami masa penyimpanan satu tahun (*Beauveria* sp., *Metarhizium* sp., *Trichoderma* sp., dan *Aspergillus* sp.) serta mengetahui kemampuan antagonis isolat tersebut terhadap patogen dan serangga uji. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Bioteknologi Pertanian, Laboratorium Ilmu Penyakit Tanaman, dan Laboratorium Ilmu Hama Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Pelaksanaan penelitian dimulai dari bulan April 2021 sampai September 2021. Penelitian ini diawali dengan identifikasi dengan cara melakukan pengamatan secara mikroskopis dan makroskopis terhadap isolat. Uji pertumbuhan isolat yang meliputi diameter koloni, kerapatan spora dan viabilitas spora. Uji kemampuan antagonis *Trichoderma* sp. terhadap lima isolat patogen. Uji patogenisitas 3 isolat (*Beauveria* sp., *Metarhizium* sp., dan *Aspergillus* sp.) terhadap kumbang beras (*Sitophilus oryzae*). Perlakuan pengujian pertumbuhan dan uji antagonis pengujian disusun dalam Rancangan Acak Lengkap (RAL), sedangkan uji patogenisitas pengujian disusun dalam Rancangan Acak Kelompok (RAK). Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa pengamatan morfologi keempat isolat tersebut berasal dari genus *Aspergillus*, *Beauveria*, *Metarhizium* dan *Trichoderma*. Keempat isolat memiliki hasil yang berbeda-beda, pertumbuhan koloni jamur tertinggi dihasilkan oleh isolat *Trichoderma* sp. (7,82 cm), sporulasi tertinggi dihasilkan oleh isolat *Beauveria* sp. (3,41 spora/ml), viabilitas tertinggi dihasilkan oleh isolat *Aspergillus* sp. (75,55%). Presentase penghambatan *Trichoderma* sp. terhadap isolat patogen tertinggi yaitu pada *Ganoderma boninense* (88,48%) dan *Phytophthora capsici* (84,01%). *Beauveria* sp., *Metarhizium* sp., dan *Aspergillus* sp. mampu menyebabkan mortalitas *S. Oryzae* masing-masing sebesar 43%, 17%, dan 17%.

Kata kunci : Jamur entomopatogen, patogenisitas, *Sitophilus oryzae*.

ABSTRACT

IDENTIFIKASI DAN UJI KEMAMPUAN ANTAGONIS *Beauveria* sp., *Metarhizium* sp., *Trichoderma* sp., DAN *Aspergillus* sp. TERHADAP PATOGEN DAN SERANGGA HAMA TANAMAN SETELAH MENGALAMI MASA PENYIMPANAN SATU TAHUN

Oleh

AULIAN NABILAH RAMADHANI

The objective of the research was aimed to determine the identity of isolates that have undergone a one year storage period (*Beauveria* sp., *Metarhizium* sp., *Trichoderma* sp., and *Aspergillus* sp.) and to determine the antagonistic ability of these isolates against pathogens and insects. This research was conducted at the Laboratory of Plant Biotechnology, Laboratory of Plant Diseases, and Laboratory of Plant Pest Science, Faculty of Agriculture, University of Lampung. The implementation of the research starts from April 2021 to September 2021. This research begins with identification by means of microscopic and macroscopic observations of the isolates. The isolate growth test included colony diameter, spore density and spore viability. *Trichoderma* sp. antagonist ability test. against five pathogenic isolates. Pathogenicity test of 3 isolates (*Beauveria* sp., *Metarhizium* sp., and *Aspergillus* sp.) against rice beetle (*Sitophilus oryzae*). The growth test treatments and the antagonist test were arranged in a Completely Randomized Design (CRD), while the pathogenicity test was arranged in a Randomized Block Design (RAK). The results of the study showed that the morphological observations of the four isolates came from the genera *Aspergillus*, *Beauveria*, *Metarhizium* and *Trichoderma*. The four isolates had different results, the highest fungal colony growth was produced by *Trichoderma* sp. (7,82 cm), the highest sporulation was produced by isolates of *Beauveria* sp. (3,41 spores/ml), the highest viability was produced by isolates of *Aspergillus* sp. (75,55%). The percentage of inhibition of *Trichoderma* sp. the highest pathogenic isolates were *Ganoderma boninense* (88.48%) and *Phytophthora capsici* (84,01%). *Beauveria* sp., *Metarhizium* sp., and *Aspergillus* sp. capable of causing *S. oryzae* mortality by 43%, 17%, and 17%, respectively.

Keywords: Entomopathogenic fungi, pathogenicity, *Sitophilus oryzae*.

**IDENTIFIKASI DAN UJI KEMAMPUAN ANTAGONIS *Beauveria* sp.,
Metarhizium sp., *Trichoderma* sp., DAN *Aspergillus* sp. TERHADAP
PATOGEN DAN SERANGGA HAMA TANAMAN SETELAH
MENGALAMI MASA PENYIMPANAN SATU TAHUN**

**Oleh:
AULIAN NABILAH RAMADHANI**

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

**pada
Jurusan Proteksi Tanaman
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**JURUSAN PROTEKSI TANAMAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

Judul Skripsi : **IDENTIFIKASI DAN UJI KEMAMPUAN ANTAGONIS *Beauveria sp.*, *Metarhizium sp.*, *Trichoderma sp.*, DAN *Aspergillus sp.* TERHADAP PATOGEN DAN SERANGGA HAMA TANAMAN SETELAH MENGALAMI MASA PENYIMPANAN SATU TAHUN**

Nama Mahasiswa : **Aulian Nabilah Ramadhani**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1654191006**

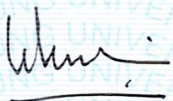
Program Studi : **Proteksi Tanaman**

Fakultas : **Pertanian**




1. Komisi Pembimbing


Dr. Yuyun Fitriana, S.P., M.P.
NIP 19810815 200812 2 001


Ir. Lestari Wibowo, M.P.
NIP 19620814 198610 2 001

2. Ketua Jurusan Proteksi Tanaman


Dr. Yuyun Fitriana, S.P., M.P.
NIP 19810815 200812 2 001

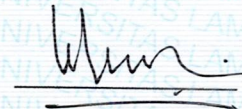
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

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



Sekretaris/Anggota : **Ir. Lestari Wibowo, M.P.**



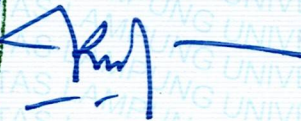
Penguji Utama : **Prof. Dr. Ir. Purnomo, M.S.**



2. Dekan Fakultas Pertanian



Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.
NIP 19611020 198603 1 002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **09 Februari 2022**

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan dengan sebenarnya bahwa:

1. Skripsi dengan judul Identifikasi dan Uji Kemampuan Antagonis *Beauveria* sp., *Metarhizium* sp., *Trichoderma* sp., dan *Aspergillus* sp. terhadap Patogen dan Serangga Hama Tanaman setelah Mengalami Masa Penyimpanan Satu Tahun adalah karya saya sendiri dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan atas karya penulis lain dengan cara yang tidak sesuai dengan tata etika ilmiah yang berlaku dalam masyarakat akademik atau yang disebut Plagiarism.
2. Hak Intelektual atas karya ilmiah ini diserahkan sepenuhnya kepada Universitas Lampung.

Atas pernyataan ini, apabila di kemudian hari adanya ketidakbenaran saya bersedia menanggung akibat dan sanksi yang diberikan kepada saya, saya bersedia dituntut sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 09 Februari 2022

Pembuat Pernyataan



Aulian Nabilah Ramadhani

NPM 1654191006

RIWAYAT HIDUP



Aulian Nabilah Ramadhani dilahirkan di Bandar Lampung pada tanggal 19 Januari 1998, yang merupakan anak kedua dari tiga bersaudara, buah hati pasangan Bapak Rosmadi dan Ibu Masyati. Penulis menyelesaikan pendidikan Taman Kanak-kanak Sukapura pada tahun 2004, Sekolah Dasar Negeri 3 Perumnas Way Kandis pada tahun 2010, Sekolah Menengah Pertama Negeri 29 Bandar Lampung diselesaikan pada tahun 2013 dan Sekolah Menengah Atas Negeri 5 Bandar Lampung diselesaikan pada tahun 2016. Penulis tercatat sebagai Mahasiswa Fakultas Pertanian Universitas Lampung melalui jalur Penelusuran Mandiri pada tahun 2016.

Selama mengikuti perkuliahan, penulis aktif dalam organisasi kampus Himpunan Mahasiswa Proteksi Tanaman (HIMAPROTEKTA) Fakultas Pertanian Universitas Lampung (2017–2019). Memegang jabatan tertinggi sebagai Sekretaris Umum. Penulis juga pernah mengikuti Program Magang di PT *Great Giant Pineapple Plantation Group* 4 Kecamatan Labuhan Ratu Kabupaten Lampung Timur. Pada tahun 2020 penulis mengikuti kegiatan Kuliah Kerja Nyata (KKN) Periode II selama 40 hari di Desa Sidomulyo, Kecamatan Sumberejo, Kabupaten Tanggamus, Provinsi Lampung.

MOTTO

“Engkau tak dapat meraih ilmu kecuali dengan enam hal yaitu: cerdas, selalu ingin tahu, tabah, punya bekal dalam menuntut ilmu, bimbingan dari guru, dan dalam waktu yang lama” (Ali bin Abi Thalib)

“Mula-mula, kau harus merubah dirimu sendiri, atau tidak akan ada yang berubah untukmu” (Sakata Gintoki)

“Hal yang paling penting adalah menikmati hidupmu, menjadi bahagia, apapun yang terjadi” (Audrey Hepburn)

“Do what you can, with what you have, where you are” (Theodore Roosevelt)

“Develop an ‘Attitude of Gratitude’ say thank you to everyone you meet for everything they do for you” (Brian Tracy)

SANWACANA

Puji dan syukur saya panjatkan kepada Allah SWT atas segala rahmat, nikmat, dan karunia yang senantiasa dicurahkan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Identifikasi dan Uji Kemampuan Antagonis *Beauveria* sp., *Metarhizium* sp., *Trichoderma* sp., dan *Aspergillus* sp. terhadap Patogen dan Serangga Hama Tanaman setelah Mengalami Masa Penyimpanan Satu Tahun”.

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
2. Dr. Yuyun Fitriana, S.P., M.P. selaku Ketua Jurusan Proteksi Tanaman serta pembimbing utama yang senantiasa sabar dalam memberikan perhatian, saran, nasihat, arahan selama menjadi mahasiswa, penelitian dan penulisan skripsi.
3. Ir. Lestari Wibowo, M.P. sebagai pembimbing kedua yang telah memberikan nasihat, saran, dan arahan selama penulis melakukan penelitian serta penulisan skripsi.
4. Prof. Dr. Ir. Purnomo, M.S. sebagai pembimbing akademik serta pembahas yang telah memberikan masukan, kritik, dan saran kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik dan benar.
5. Ayah dan Ibu tercinta yang senantiasa memberikan kasih sayang, pengorbanan, nasihat, semangat, dan doa untuk putri tercintanya.
6. Kakak dan adikku yang selalu menghibur, memberi semangat, dalam suasana apapun dan kondisi apapun.

7. Sahabat tersayang Adella Meriska Ardani yang selalu memberikan dukungan semangat, perhatian, nasihat, serta support system terbaik dari maba.
8. Teman teman Proteksi Tanaman 16: Desta, Made, Fakhmi, Intan, dan Risa serta Gianluigi Silva dari Ilmu Tanah yang telah memberikan dukungan.
9. Mba Tari, Mba Yeyen, Mba Mutiara, Nastiti, Shinta, Jenita, Bang Sam, teman-teman Proteksi Tanaman 17 serta teman-teman di Laboratorium Bioteknologi yang telah membantu dalam penelitian ini.
10. Teman-teman nongkrong, Levina, Julia, Shany, Dennis yang selalu sabar membantu dan menemani penulis saat mengerjakan skripsi.
11. Kepada semua pihak yang terlibat dalam penyusunan karya tulis ini, yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu.

Bandar Lampung, 09 Februari 2022

Penulis

Aulian Nabilah Ramadhani

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvi
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	2
1.3 Kerangka Pemikiran.....	3
1.4 Hipotesis	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pengendalian Hayati.....	5
2.2 Macam-macam Jamur Entomopatogen	7
2.2.1 <i>Beauveria bassiana</i>	7
2.2.2 <i>Metarhizium</i> sp.	9
2.2.3 <i>Aspergillus</i> sp.	11
2.2.4 <i>Trichoderma</i> sp.....	13
2.3 Hama Kumbang Beras (<i>Sitophilus oryzae</i>)	15
III. METODE PENELITIAN	18
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	18
3.2 Alat dan Bahan.....	18
3.3 Metode Penelitian	18
3.4 Pelaksanaan Penelitian	19
3.4.1 Isolat yang digunakan.....	19
3.4.2 Pembuatan Media <i>Potato Dextrose Agar</i> (PDA)	19
3.4.3 Uji Pertumbuhan Produksi dan Viabilitas Spora	20
3.4.3.1 Uji Pertumbuhan.....	20
3.4.3.2 Kerapatan Spora	20
3.4.3.3 Viabilitas Spora.....	21

3.4.4 Uji Kemampuan Antagonis <i>Trichoderma</i> sp. terhadap <i>Rhizoctonia solani</i> , <i>Fusarium</i> sp., <i>Phytophthora capsici</i> , <i>Rigidoporus microporus</i> , <i>Ganoderma boninense</i> di Media PDA.....	22
3.4.5 Uji Patogenisitas 3 Isolat (<i>Beauveria</i> sp., <i>Metarhizium</i> sp., dan <i>Aspergillus</i> sp.) terhadap kumbang beras (<i>Sitophilus oryzae</i>)	23
3.4.5.1 Penyediaan kumbang beras (<i>Sitophilus oryzae</i>) sebagai serangga uji	23
3.4.5.2 Pembuatan suspensi spora jamur 3 isolat (<i>Beauveria</i> sp., <i>Metarhizium</i> sp., dan <i>Aspergillus</i> sp.).....	23
3.4.5.3 Aplikasi suspensi spora 3 isolat (<i>Beauveria</i> sp., <i>Metarhizium</i> sp., dan <i>Aspergillus</i> sp.) pada kumbang beras.....	24
3.4.5.4 Tingkat mortalitas kumbang beras setelah aplikasi 3 isolat (<i>Beauveria</i> sp., <i>Metarhizium</i> sp., dan <i>Aspergillus</i> sp.)	24
3.4.6 Pengamatan Morfologi 4 Isolat (<i>Beauveria</i> sp., <i>Metarhizium</i> sp., <i>Trichoderma</i> sp., dan <i>Aspergillus</i> sp.)	24
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	25
4.1 Hasil Penelitian	25
4.1.1 Uji Pertumbuhan Produksi dan Viabilitas Spora	26
4.1.1.1 Uji Pertumbuhan	26
4.1.1.2 Kerapatan Spora	27
4.1.1.3 Viabilitas Spora.....	28
4.1.2 Kemampuan Antagonis <i>Trichoderma</i> sp. terhadap <i>Rhizoctonia solani</i> , <i>Fusarium</i> sp., <i>Phytophthora capsici</i> , <i>Rigidoporus microporus</i> , dan <i>Ganoderma boninense</i>	29
4.1.3 Patogenisitas (isolat <i>Beauveria</i> sp., <i>Metarhizium</i> sp., dan <i>Aspergillus</i> sp.) terhadap kumbang beras (<i>Sitophilus oryzae</i>).....	30
4.2 Pembahasan	31
V. KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan.....	35
5.2 Saran.....	35
DAFTAR PUSTAKA	36

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Identitas isolat yang digunakan	19
2. Diameter koloni isolat jamur <i>Aspergillus</i> sp., <i>Beauveria</i> sp., <i>Metarhizium</i> sp. dan <i>Trichoderma</i> sp. yang digunakan	26
3. Kerapatan spora isolat jamur <i>Aspergillus</i> sp., <i>Beauveria</i> sp., <i>Metarhizium</i> sp. dan <i>Trichoderma</i> sp. yang digunakan	28
4. Viabilitas isolat jamur <i>Aspergillus</i> sp., <i>Beauveria</i> sp., <i>Metarhizium</i> sp., dan <i>Trichoderma</i> sp. yang digunakan	28
5. Presentase penghambatan <i>Trichoderma</i> sp. terhadap <i>Rhizoctonia solani</i> , <i>Fusarium</i> sp., <i>Phytophthora capsici</i> , <i>Rigidoporus microporus</i> , dan <i>Ganoderma boninense</i> pada 7 hsi	29
6. Tingkat mortalitas kumbang beras setelah diaplikasikan isolat <i>Aspergillus</i> sp., <i>Beauveria</i> sp., dan <i>Metarhizium</i> sp. pada 8 hsa	30
7. Data rata-rata diameter koloni (cm) 1 hsi	44
8. Analisis ragam diameter koloni (cm) 1 hsi	44
9. Data rata-rata diameter koloni (cm) 2 hsi	44
10. Analisis ragam diameter koloni (cm) 2 hsi	45
11. Data rata-rata diameter koloni (cm) 3 hsi	45
12. Analisis ragam rata-rata diameter koloni (cm) 3 hsi	45
13. Data rata-rata diameter koloni (cm) 4 hsi.....	46
14. Analisis ragam diameter koloni (cm) 4 hsi.....	46
15. Data rata-rata diameter koloni (cm) 5 hsi	46
16. Analisis ragam diameter koloni (cm) 5 hsi	47

17. Data rata-rata diameter koloni (cm) 6 hsi	47
18. Analisis ragam diameter koloni (cm) 6 hsi	47
19. Data rata-rata diameter koloni (cm) 7 hsi	48
20. Analisis ragam diameter koloni (cm) 7 hsi	48
21. Data kerapatan spora (10^9) isolat jamur	48
22. Analisis ragam kerapatan spora (10^9) isolat jamur	49
23. Data viabilitas (%) isolat jamur	49
24. Analisis ragam viabilitas (%) isolat jamur	49
25. Data kemampuan antagonis (%) isolat jamur pada 1 hsi	50
26. Analisis ragam kemampuan antagonis (%) isolat jamur pada 1 hsi	50
27. Data kemampuan antagonis (%) isolat jamur pada 4 hsi	51
28. Analisis ragam kemampuan antagonis (%) isolat jamur pada 4 hsi	51
29. Data kemampuan antagonis (%) isolat jamur pada 7 hsi	52
30. Analisis ragam kemampuan antagonis (%) isolat jamur pada 7 hsi	52
31. Data mortalitas kumbang beras (<i>Sitophilus oryzae</i>) (%) 8 hsa	53
32. Analisis ragam mortalitas kumbang beras (<i>Sitophilus oryzae</i>) (%) 8 hsa	53

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. <i>Haemocytometer</i> dan bagiannya	21
2. Pengujian viabilitas spora 4 isolat (<i>Beauveria</i> sp., <i>Metarhizium</i> sp., <i>Trichoderma</i> sp., dan <i>Aspergillus</i> sp.) pada media PDA	22
3. Uji antagonis metode dua kultur.....	23
4. Jamur isolat umur 7 hsi pada media PDA	25
5. Uji antagonis isolat jamur umur 7 hsi	30
6. Mortalitas kumbang beras (<i>Sitophilus oryzae</i>)	33
7. Spora <i>Aspergillus</i> sp. pada kotak <i>haemocytometer</i>	54
8. Spora <i>Beauveria</i> sp. pada kotak <i>haemocytometer</i>	54
9. Spora <i>Metarhizium</i> sp. pada kotak <i>haemocytometer</i>	55
10. Spora <i>Trichoderma</i> sp. pada kotak <i>haemocytometer</i>	55
11. Viabilitas spora <i>Aspergillus</i> sp. setelah diinkubasi selama 8 jam	56
12. Viabilitas spora <i>Beauveria</i> sp. setelah diinkubasi selama 16 jam	56
13. Viabilitas spora <i>Metarhizium</i> sp. setelah diinkubasi selama 8 jam	57
14. Viabilitas spora <i>Trichoderma</i> sp. setelah diinkubasi selama 10 jam	57

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Studi tentang mikrobiologi pertanian terus berkembang, salah satu area yang sangat menarik adalah pengendalian hayati patogen tanaman dengan memanfaatkan mikroorganisme antagonis. Eksplorasi dan penelitian tentang pengendalian hayati terhadap patogen tanaman menjadi perhatian pemerintah dan industri swasta sejak tingkat kesadaran masyarakat akan kesehatan meningkat, khususnya komoditi pertanian yang bebas bahan beracun pestisida (Nigam and Mukerji, 1988).

Semenjak orang mengenal pestisida pada sekitar tahun 1800-an, penggunaan pestisida dari tahun ke tahun semakin meningkat. Sebagai akibatnya adalah banyak ditemukan efek samping yang membahayakan dari penggunaan pestisida ini. Penggunaan pestisida yang berlebihan akan meninggalkan residu di dalam tanaman/bagian tanaman. Residu pestisida dalam kadar tertentu berisiko buruk bagi kesehatan konsumennya, terutama produk-produk pertanian yang langsung dikonsumsi seperti sayuran dan buah-buahan. Penggunaan pestisida juga dapat membunuh organisme bukan sasaran khususnya mikroorganisme bermanfaat seperti antagonis dan entomopatogen (Nigam and Mukerji, 1988).

Untuk menekan dampak negatif penggunaan pestisida tersebut, maka perlu ditemukan alternatif metode pengendalian yang ramah lingkungan. Salah satu teknik pengendalian yang banyak diteliti dan dikembangkan adalah pengendalian hayati dengan memanfaatkan musuh alami seperti predator, patogen hama/entomopatogen atau parasitoid (Prawirosukarto dkk., 1997). Saat ini banyak sekali agensia pengendali hayati yang sudah ditemukan dan dilaporkan mampu

menekan serangan hama dan patogen tanaman, salah satunya berasal dari golongan jamur (Hyakumachi *et al.*, 2014).

Penggunaan musuh alami seperti jamur entomopatogen merupakan teknik pengendalian yang telah dilaporkan efektif. Selain aman dan ramah lingkungan, penggunaan jamur entomopatogen dapat dibuat dalam bentuk formulasi kering sehingga lebih praktis, dan mudah diaplikasikan (Prayogo dan Tengkan, 2002). Namun begitu, virulensi dari jamur entomopatogen ini dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, seperti suhu, kelembapan, pH (Milner *et al.*, 1997; Roddam and Rath, 2000; Bidochka *et al.*, 2000) dan masa simpan (Prayogo dkk., 2005).

Laboratorium Bioteknologi Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Lampung mempunyai 4 isolat jamur yang belum diketahui identitas, kemampuan tumbuh, produksi konidia, viabilitas dan virulensinya setelah satu tahun masa simpan.

1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan sebagai berikut :

1. Mengetahui kemampuan tumbuh, produksi konidia, viabilitas, serta kemampuan antagonis isolat jamur *Beauveria* sp., *Metarhizium* sp., *Aspergillus* sp., dan *Trichoderma* sp. yang telah mengalami masa penyimpanan selama satu tahun.
2. Mengetahui patogenisitas isolat jamur *Beauveria* sp., *Metarhizium* sp., dan *Aspergillus* sp., setelah masa penyimpanan selama satu tahun terhadap serangga uji dan kemampuan antagonis *Trichoderma* sp.
3. Melakukan pengamatan secara morfologi terhadap isolat jamur *Beauveria* sp., *Metarhizium* sp., *Aspergillus* sp., dan *Trichoderma* sp.

1.3 Kerangka Pemikiran

Indonesia mempunyai kekayaan sumberdaya hayati yang melimpah dan potensial, namun masih belum banyak yang digali dan dimanfaatkan. Salah satu sumberdaya hayati yang belum banyak dimanfaatkan adalah yang berasal dari mikroorganisme untuk mengendalikan organisme pengganggu tanaman (OPT) yang potensial dan ramah lingkungan (Djunaedy, 2009). Pengendalian hayati dengan memanfaatkan jamur yang patogenik bagi serangga hama berpotensi untuk dikembangkan (Herlinda *et al.*, 2008a). Peluang penggunaan agensia hayati pada saat ini semakin meningkat sehubungan dengan semakin meningkatnya kesadaran masyarakat akan kelestarian lingkungan. Pengendalian hama secara hayati berkembang dengan adanya faktor pendorong seperti semakin tingginya harga pestisida dan dampak negatif penggunaan pestisida kimia sintetik. Sebagai gantinya, saat ini mulai tersedia agensia pengendalian hayati serta teknologi pengembangbiakannya (Sulistiyowati dan Junianto, 2000).

Salah satu kelompok entomopatogen yang dapat digunakan sebagai agensia hayati adalah jamur entomopatogen (Trizelia dkk., 2015). Jamur entomopatogen yang digunakan antara lain *Beauveria* sp., *Metarhizium* sp., *Aspergillus* sp., dan *Trichoderma* sp. Agensia pengendali hayati yang diterapkan pada produk pertanian mempunyai masa hidup terbatas. Hal ini khususnya terjadi jika kondisi lingkungan ruang simpan produk tanaman tidak sesuai untuk kehidupan agensia pengendali hayati. Selain itu, penyimpanan agensia hayati di laboratorium khususnya membutuhkan penanganan khusus agar viabilitas agensia pengendali hayati dapat dipertahankan untuk jangka waktu lama. Masing-masing agensia pengendali hayati mempunyai medium penyimpanan yang tidak sama (Soesanto, 2006).

Beberapa penelitian melaporkan bahwa pertumbuhan masa virulensi dan viabilitas pada jamur dipengaruhi oleh masa penyimpanan. Junianto dan Sulistiyowati (2000) melaporkan bahwa spora kering *B. bassiana* dapat dinyatakan mempunyai viabilitas yang tinggi apabila daya kecambah yang dihasilkan lebih dari 80%,

dikeringanginkan masih dapat bertahan hidup sampai 2 tahun bila disimpan pada suhu 5 °C, akan tetapi keberhasilan *B. bassiana* masih belum konsisten.

Keberhasilan pertumbuhan masa virulensi dan viabilitas *B. bassiana* masih belum konsisten dikarenakan ada beberapa faktor penyebab, yaitu viabilitas dan virulensi (Sudarmadji dan Gunawan, 1994; Junianto dan Sulistyoti, 2000), kondisi lingkungan (English *et al.*, 1997) dan formulasi (Knudsen *et al.*, 1990, dalam Junianto dan Sulistyoti, 2000).

Sama seperti *B. bassiana*, *M. anisopliae* dapat bertahan hidup sampai 2 tahun bila disimpan pada suhu 5 °C. Milner *et al.* (1997) menyatakan kelembapan yang dibutuhkan jamur *Metarhizium* sp. membentuk kecambah di atas 90%. Akan tetapi, Bidochka *et al.* (2000) melaporkan virulensi jamur akan terus menurun apabila kelembapan udara lebih rendah dari 86%. *Trichoderma* sp. dapat tumbuh dengan baik pada suhu kamar yaitu 28 °C (Zali dan Purdiyanto, 2011), viabilitas tahan sampai 9 minggu jika kandungan nutrisi yang cukup (Muljowati dan Purnomowati, 2010). Spora jamur dapat menurun apabila kurangnya asupan protein dari media biakan, sedangkan viabilitas dapat menurun dikarenakan penurunan sumber karbon selama subkultur terjadi, seperti pati, glukosa, glukosamin, kitin, dan nitrogen untuk hifa tumbuh (Tanada and Kaya, 1993).

1.4 Hipotesis

Hipotesis yang diajukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Isolat jamur *Beauveria* sp., *Metarhizium* sp., *Trichoderma* sp., dan *Aspergillus* sp. yang telah mengalami penyimpanan satu tahun tetap memiliki kemampuan tumbuh, produksi konidia, dan viabilitas yang baik.
2. Isolat jamur *Beauveria* sp., *Metarhizium* sp., antagonis *Trichoderma* sp., dan *Aspergillus* sp. yang telah mengalami penyimpanan satu tahun memiliki daya patogenisitas yang baik.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengendalian Hayati

Pengendalian hayati adalah pengendalian serangga hama dengan cara biologi, yaitu dengan memanfaatkan musuh-musuh alaminya, seperti predator, parasit dan patogen. Pengendalian hayati adalah salah satu teknik pengelolaan OPT dengan sengaja dengan memanfaatkan/memanipulasikan musuh alami untuk kepentingan pengendalian, biasanya pengendalian hayati akan dilakukan perbanyakkan musuh alami yang dilakukan di laboratorium, sedangkan pengendalian alami merupakan proses pengendalian yang berjalan sendiri tanpa campur tangan manusia, tidak ada proses perbanyakkan musuh alami (Jumar, 2000).

Organisme yang meliputi spesies, subspecies, varietas, nematoda, protozoa, jamur, bakteri, virus, mikroplasma serta organisme lainnya yang dalam semua tahap perkembangannya dapat digunakan untuk keperluan pengendalian hama penyakit tanaman atau organisme pengganggu dalam proses produksi, pengolahan hasil pertanian, dan berbagai keperluan disebut dengan agensia pengendali hayati (*Biological Control Agent*). Agensia pengendali hayati ini disebut patogen yang dapat dikelompokkan menjadi 2 kelompok yaitu patogen serangga dan agensia antagonis patogen tumbuhan (Flint dan Bosch, 2000).

Pengendalian hayati dengan memanfaatkan jamur yang patogenik bagi serangga hama berpotensi untuk dikembangkan (Herlinda *et al.*, 2008a). Kelompok entomopatogen yang dapat digunakan sebagai agensia hayati adalah jamur entomopatogen (Trizelia *et al.*, 2015). Jamur patogen serangga adalah jamur yang menjadi parasit pada serangga. Jamur ini hidup, tumbuh, dan berkembang dengan mengambil nutrisi dari inang yang ditumpanginya sehingga inangnya tidak

mampu melakukan metabolisme yang kemudian diikuti kematian (Herlinda *et al.*, 2008b).

Jamur entomopatogen merupakan salah satu jenis bioinsektisida yang mampu menginfeksi serangga dengan cara masuk ketubuh serangga inang melalui kulit, saluran pencernaan, spirakel dan lubang lainnya. Inokulum jamur yang menempel pada tubuh serangga inang akan berkecambah dan berkembang membentuk tabung kecambah, kemudian masuk menembus kulit tubuh. Penembusan dilakukan secara mekanis dan atau kimiawi dengan mengeluarkan enzim atau toksin. Miselia jamur menembus keluar tubuh inang, tumbuh menutupi tubuh inang dan memproduksi konidia (Herdatiarni dkk., 2014).

Jamur entomopatogen yang telah banyak digunakan untuk pengendalian serangga hama secara hayati adalah *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Nomuraea rileyi*, *Paecilomyces fumosoroseus*, *Aspergillus* sp. dan *Verticillium lecanii* (Prayogo, 2006).

Jamur-jamur ini bersifat patogenik terhadap berbagai jenis serangga dengan kisaran inang yang luas. Kemampuan jamur entomopatogen dalam mematikan serangga hama bervariasi dan sangat dipengaruhi oleh karakter fisiologi dan genetik jamur (Trizelia dkk., 2015).

Dalam pengendalian hayati terdapat keuntungan dan kerugian. Keuntungan pengendalian hayati menurut (Jumar, 2000) adalah: (1) bersifat aman karena tidak menyebabkan pencemaran terhadap lingkungan, maupun keracunan terhadap manusia dan hewan; (2) tidak menimbulkan resistensi terhadap hama; (3) musuh alami bekerja selektif terhadap mangsa atau inangnya; dan (4) lebih murah dan dapat bersifat permanen dalam jangka panjang. Kelemahan pengendalian hayati diantaranya yaitu: (1) hasilnya sulit diramalkan dalam waktu yang singkat; (2) diperlukan biaya yang cukup besar pada tahap awal baik untuk penelitian maupun untuk pengadaan sarana dan prasarana; (3) pembiakan di laboratorium kadang-kadang menghadapi kendala karena musuh alami menghendaki kondisi

lingkungan yang khusus; dan (4) teknik aplikasi di lapangan belum banyak dikuasai.

2.2 Macam-macam Jamur Entomopatogen

2.2.1 *Beauveria bassiana*

Menurut Hughes (1971), klasifikasi *B. bassiana* adalah sebagai berikut:

Kingdom	: Fungi
Filum	: Ascomycota
Kelas	: Ascomycetes
Ordo	: Hypocreales
Famili	: Clavicipitaceae
Genus	: <i>Beauveria</i> (Bals.)
Spesies	: <i>Beauveria bassiana</i> (Bals.) Vuill

Jamur *B. bassiana* adalah jamur mikroskopik dengan tubuh berbentuk benang-benang halus atau hifa. Hifa membentuk koloni yang disebut miselia. Konidia bersel satu berbentuk oval agak bulat sampai dengan bulat telur dengan warna hialin berdiameter 2–3 µm. konidiafor berbentuk zig zag yang merupakan ciri khas dari genus *Beauveria*. Miselium dari jamur *B. bassiana* bersekat dengan warna putih. Jamur *B. bassiana* mempunyai kapasitas reproduksi yang tinggi, mudah diproduksi dan pada kondisi yang kurang menguntungkan dapat membentuk spora yang mampu bertahan lama di alam (Utami dkk., 2014).

Jamur *B. bassiana* dilaporkan sebagai agensia pengendali hayati yang sangat efektif mengendalikan sejumlah spesies serangga dari ordo Coleoptera, Lepidoptera, Hemiptera, Homoptera, Orthoptera, dan Diptera. *B. bassiana* merupakan jamur penyebab penyakit “*white muscardine*” pada ulat sutera (Mangoendihardjo dan Mahrub, 1983). *Beauveria bassiana* (Bals.) yang terdapat pada ulat sutera sering diketemukan pada Lepidoptera yang lain khususnya pada penggerek batang jagung *Ostrinia nubilalis* di Eropa dan *O. furnacalis* di Indonesia, tetapi biasanya dapat menyerang serangga dari marga yang sama (Mangoendihardjo dan Mahrub, 1983). *White muscardine* pada serangga hama menghasilkan miselium dan konidium (spora) berwarna putih (Soetopo dan

Indrayani, 2007). 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 and Kaya, 1993).

Serangga yang terinfeksi jamur entomopatogen ditandai dengan pertumbuhan hifa berwarna putih pada permukaan kutikula, dan memasuki hemocel. Di dalam hemocel, hifa *B. bassiana* membentuk “*yeastlike hyphal bodies*” (blastopora) yang memperbanyak diri dengan cara pembentukkan tunas. Blastopora tumbuh dan berkembang di dalam hemocel dengan menyerap cairan haemolymph. Selain itu infeksi jamur ini menghasilkan enzim protease, kitinase, amilase, dan lipolitik yang bersifat toksik dan menimbulkan kerusakan pada jaringan tubuh serangga (Tanada and Kaya, 1993), dengan demikian antara jamur entomopatogen dan serangga inang terjadi simbiosis parasitisme. Jamur entomopatogen memanfaatkan tubuh serangga inang sebagai makanan dan tempat hidupnya, sementara serangga inang mengalami kematian.

Jamur entomopatogen *B. bassiana* dalam mengendalikan serangga hama memproduksi Beauvericin yang mengakibatkan gangguan pada fungsi hemolimfa dan inti sel serangga inang. Pada umumnya jamur *B. bassiana* menginfeksi serangga inang melalui kontak fisik yaitu dengan menempelkan konidia pada integumen. Perkecambahan konidia terjadi dalam waktu 1–2 hari kemudian dan menumbuhkan miselianya di dalam tubuh inang. Serangga yang terinfeksi akan berhenti makan sehingga menyebabkan imunitasnya menurun. Setelah 3–5 serangga kemudian mati dengan ditandai adanya pertumbuhan konidia pada integumen (Untung, 1993).

Hal ini diperkuat oleh hasil penelitian sebelumnya yang melaporkan bahwa perbedaan sifat virulensi *Beauveria* sp. terhadap hama sasaran bisa dipengaruhi oleh asal geografi, dan bisa dipengaruhi asal inangnya (Trizelia *et al.*, 2012).

Waktu yang dibutuhkan untuk mematikan walang sangit antar isolat *Beauveria* nampak bervariasi. Keragaman periode mematikan tersebut kemungkinan disebabkan oleh perbedaan virulensi antar isolat dan perbedaan respon serangga inang. Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya dilaporkan bahwa waktu kematian serangga bisa dipengaruhi oleh dosis aplikasi dan virulensi dari isolat (Neves and Alves, 2004). Selain itu, kematian serangga juga dipengaruhi oleh adanya fenomena perbedaan respon serangga inang terhadap patogennya (Tohidin dkk., 1993; Sabbahi *et al.*, 2008).

Selain itu *Beauveria bassiana*, adalah jamur entomopatogen untuk wereng batang coklat, walang sangit, ulat grayak, kutu kebul, aphid, dsb (Sopialena, 2018).

2.2.2 *Metarhizium sp.*

Klasifikasi jamur *M. anisopliae* menurut Alexopoulos (1996) adalah :

Kingdom : Mycetes
 Divisio : Amastigomycotina
 Classis : Deuteromycetes
 Ordo : Moniliales
 Familia : Moniliaceae
 Genus : *Metarhizium*
 Species : *Metarhizium anisopliae*

Metarhizium anisopliae merupakan pilihan dalam mengendalikan populasi serangga hama karena menyebabkan penyakit “*green muscardin fungus*” yang patogen terhadap serangga sasaran. Spora jamur yang melekat pada permukaan kutikula larva akan membentuk hifa yang memasuki jaringan internal larva melalui interaksi biokimia yang kompleks antara inang dan jamur. Selanjutnya, enzim yang dihasilkan jamur berfungsi mendegradasi kutikula larva serangga, hifa jamur akan tumbuh ke dalam sel-sel tubuh serangga, dan menyerap cairan tubuh serangga. Hal ini akan mengakibatkan serangga mati dalam keadaan tubuh yang mengeras seperti mumi (Tanada and Kaya, 1993).

Penyakit *green muscardine* yang disebabkan *Metarhizium anisopliae* Metch. dapat memberantas uret *Oryctes* dan telah dapat dikembangkan biakkan di laboratorium (Mangoendihardjo dan Mahrub, 1983). *Metarizium* sp. adalah cendawan entomopatogen untuk mengendalikan hama wereng batang coklat, kutu kebul, uret, kumbang kelapa, kutu bubuk kopi, dsb (Sopialena, 2018).

Ciri umum dari jamur *M. anisopliae* pada awal pertumbuhan koloni jamur berwarna putih dan berubah menjadi hijau gelap dengan bertambahnya umur. Sedangkan dalam penelitian Nunilahwati dkk. (2012) warna semua isolat *M. anisopliae* secara makroskopis diawal pertumbuhan berwarna putih, kemudian berubah menjadi warna hijau gelap. Secara mikroskopis spora hialin, berbentuk silindris dan membentuk rantai. Hal ini diperjelas oleh Barnett and Hunter (1972) yang menyatakan spora *M. anisopliae* bersel satu, hialin, dan berbentuk bulat silinder.

Koloni dapat tumbuh dengan cepat pada beberapa media seperti *Potato Dextrose Agar* (PDA), jagung, dan beras. Miselium bersekat dengan diameter 1,98–2,97 μm . Konidiofor tersusun tegak, berlapis, serta bercabang yang dipenuhi dengan konidia. Konidia bersel satu berwarna hialin, berbentuk bulat silinder dengan ukuran 9,94–3,96 μm . Jamur ini bersifat parasit pada beberapa jenis serangga dan bersifat saprofit di dalam tanah dengan bertahan pada sisa-sisa tanaman. Temperatur optimum untuk pertumbuhan *M. anisopliae* berkisar 22–27 °C dan masih dapat tumbuh pada keadaan temperatur yang lebih dingin. Konidia akan membentuk kecambah pada kelembapan di atas 90% serta konidia akan berkecambah dengan baik dan patogenisitasnya meningkat bila kelembapan udara mencapai 100%. Patogenisitas jamur *M. anisopliae* akan menurun apabila kelembapan udara di bawah 80% (Prayogo dkk., 2005).

Untuk menjaga viabilitas ataupun virulensinya, spora *Metarhizium* sp. sama halnya dengan spora *Beauveria* sp. bila dikeringanginkan masih dapat bertahan hidup sampai 2 tahun bila disimpan pada suhu 5 °C, sedangkan spora yang tidak diawetkan hanya berumur beberapa minggu. Viabilitas (perkecambahan),

pertumbuhan, virulensi dan persistensi *Metarhizium* sp. sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan fisik. Suhu optimum untuk pertumbuhan berkisar 22–27 °C (Roddam and Rath, 2000).

Menurut Prayogo dkk. (2005), tahapan cara kerja jamur *M. anisopliae* dibagi menjadi empat bagian. Tahap pertama adalah inokulasi terjadinya kontak antara propagul jamur dengan tubuh serangga berupa konidia. Tahap kedua adalah proses penempelan dan perkecambahan propagul jamur pada integumen serangga dengan membutuhkan kelembapan udara yang tinggi bahkan kadang-kadang air. Pada tahapan ini jamur dapat memanfaatkan senyawa-senyawa yang terdapat pada integumen. Tahap ketiga yaitu penetrasi dan invasi. Dalam melakukan penetrasi menembus integumen jamur membentuk tabung kecambah. Dalam hal ini titik penetrasi sangat dipengaruhi oleh konfigurasi morfologi integumen. Penembusan dilakukan secara mekanis atau kimiawi dengan mengeluarkan enzim dan toksin. Tahap keempat yaitu destruksi pada titik penetrasi dan terbentuknya blastospora yang kemudian beredar ke dalam hemolimfa dan membentuk hifa sekunder untuk menyerang jaringan lainnya pada umumnya serangga sudah mati sebelum proliferasi blastospora.

2.2.3 *Aspergillus* sp.

Klasifikasi jamur *Aspergillus* sp. menurut Sudiro (1993) adalah sebagai berikut:

Domain	: Eukaryota
Kingdom	: Fungi
Phylum	: Ascomycota
Subphylum	: Pezizomycotina
Class	: Eurotiomycetes
Order	: Eurotiales
Family	: Trichocomaceae
Genus	: <i>Aspergillus</i>
Spesies	: <i>Aspergillus</i> sp.

Aspergillus sp. adalah suatu jamur yang termasuk dalam kelas Ascomycetes yang dimana-mana di alam ini. Termasuk organisme saprofit pada tumbuh-tumbuhan yang membusuk dan terdapat pula pada tanah, debu organik, makanan dan merupakan kontaminan yang lazim ditemukan di rumah sakit dan laboratorium. *Aspergillus* adalah jamur yang membentuk filamen-filamen panjang bercabang, dan dalam media biakan membentuk miselium dan konidiospora. *Aspergillus* berkembang biak dengan pembentukan hifa atau tunas dan menghasilkan konidiofora pembentuk spora (Tarigan, 1991).

Aspergillus adalah jamur saprofit ber konidia dan melepaskan banyak konidia dalam proses reproduksinya. Beberapa spesies membentuk vesikula pada ujung konidio sporanya. Jamur ini sebagai penghasil mikstotoksin yang menyebabkan kerusakan pada biji dan benih tanaman biji-bijian. *Aspergillus* dijumpai pada berbagai habitat dan kondisi lingkungan berbeda, serta banyak dijumpai dalam tanah, udara dan lingkungan perairan (Nurmaliah, 2014).

Menurut Srikandi (1992), *Aspergillus* sp. secara mikroskopis dicirikan sebagai hifa berseptata dan bercabang, konidiofora muncul dari *foot cell* (miselium yang bengkak dan berdinding tebal) membawa stigmata dan akan tumbuh konidia yang membentuk rantai berwarna hijau atau hitam. *Aspergillus* sp. secara makroskopis mempunyai hifa fertil yang muncul dipermukaan dan hifa vegetatif terdapat dibawah permukaan. Jamur tumbuh membentuk koloni mold berserabut, *smoth*, cembung serta koloni yang kompak berwarna hijau kelabu, hijau coklat, hitam, dan putih. Warna koloni dipengaruhi oleh warna spora misalnya spora berwarna hijau yang semula berwarna putih tidak tampak lagi.

Ada sejumlah spesies entomopatogen dari *Aspergillus* seperti *A. flavus*, *A. parasiticus*, *A. tamari*, *A. ochraceus*, *A. fumigates*, *A. repend*, dan *A. bicolor*. jamur ini merupakan jamur saprofit, tetapi dapat menginfeksi berbagai spesies serangga, namun yang paling banyak dipelajari adalah *A. flavus*. Beberapa racun telah diisolasi dari kultur *A. flavus*, seperti asam kacid, yang toksisitas akutnya rendah, tetapi dapat bertindak sebagai insektisida yang memberantas larva lalat

rumah pada konsentrasi yang tinggi. Strain virulensi dari *A. flavus* untuk ulat yang sangat terkait dengan produksi asam kocsid dan perlawanan dari strain ke formalin (Mutmainna, 2015).

Racun yang paling banyak di kenal dan diteliti dari *A. flavus* dan *A. parasiticus* adalah alfatoksin. Alfatoksin karsinogen ini sangat kuat dan dapat menyebabkan tumor, terutama dibagian hati pada vertebrata. Aflatoksin sangat beracun ketika diuji cobakan ke serangga (misalnya *Heliothis virescens*, *Heliothis zea*, *Spodoptera frugiperda*, *Spodoptera littoralis*, *Ostrinia nubilalis*, *Sitophilus zeamais*, dan *Drosophila melanogaster*) (Mutmainna, 2015).

Menurut Reflinaldon dkk. (2014) di Indonesia, *Aspergillus* sp. telah berhasil diisolasi dari tanah sekitar perakaran kacang tanah di Sumatera Barat dan dapat menginfeksi *Tribolium molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae). Assaf *et al.* (2011) juga menjelaskan bahwa *Aspergillus* juga berhasil diisolasi dari *Dolycoris baccarum* L. (Hemiptera: Pentatomidae), *Eurygaster integriceps* Put. (Hemiptera: Scutelleridae), *Acrotylus insubricus* Scop. (Orthoptera: Acrididae) dan *Aelia acuminata* L. (Hemiptera: Pentatomidae) di Duhok, Iraq dan bersifat entomopatogen. Hal ini menunjukkan bahwa genus *Aspergillus* memiliki kisaran inang yang luas dan dapat menginfeksi serangga dari berbagai ordo.

2.2.4 *Trichoderma* sp.

Menurut Wikipedia (2018), klasifikasi dari jamur *Trichoderma* adalah sebagai berikut:

Kerajaan	: Fungi
Divisi	: Ascomycota
Subdivisi	: Pezizomycotina
Kelas	: Sordariomycetes
Ordo	: Hypocreales
Famili	: Hypocreaceae
Genus	: <i>Trichoderma</i>

Jamur *Trichoderma* sp. merupakan salah satu jenis yang banyak dijumpai pada semua jenis tanah dan pada berbagai habitat yang merupakan salah satu jenis 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).

Devi dkk. (2000) menjelaskan jamur *Trichoderma* sp. memiliki ciri morfologi yaitu miselium bersepta, konidioforanya bercabang dengan arah yang berlawanan, konidianya berbentuk bulat atau oval dan satu sel melekat satu sama lain, warna hijau terang. Setelah konidia atau tubuh buahnya terbentuk maka jamur ini akan terlihat berwarna hijau kebiruan. Konidia tersebut merupakan sel tunggal yang berbentuk oval yang saling melekat satu sama lain sehingga membentuk suatu kumpulan pada ujung konidiofora. Koloni jamur ini mudah dikenali dengan pertumbuhan yang cepat dan matang pada pertumbuhan 5 hari. Pada temperatur 25 °C dan dalam media *Potato Dextro Agar* (PDA) jamur ini tumbuh seperti bulu domba dan awalnya terlihat putih, selanjutnya konidia mulai terbentuk menjadi warna hijau. Selain itu, Watanabe (2002) juga menyebutkan bahwa jamur *Trichoderma* sp. memiliki panjang konidiofor 60–110 µm, tinggi fialid 7,2–9,8 × 2,4–2,7 µm. Bentuk konidia bulat dengan ukuran 2,1–3 µm, dan bulat telur 4–6 × 2,8–4,8 µm.

Jamur *Trichoderma* sp. mampu menjadi antagonis melalui tiga mekanisme antara lain antibiosis, mikoparasit dan kompetisi (Kubicek and Harman, 2002).

Mekanisme antibiosis merupakan penghambatan patogen oleh senyawa metabolik yang dihasilkan oleh agensia hayati berupa toksin untuk melawan organisme lainnya, jamur antagonis mampu berkompetisi dengan cara menekan aktivitas patogen terhadap zat organik, zat anorganik, ruang dan faktor-faktor pertumbuhan lainnya, selain itu mekanisme hiperparasit merupakan perusakan patogen oleh senyawa atau zat yang dihasilkan oleh agensia hayati seperti kitinase, selulase, glukonase, dan enzim pelisis (Nurhayati, 2011).

Menurut Amaria dkk. (2013), *Trichoderma* sp. berfungsi sebagai biokontrol patogen tanaman. Kemampuan *Trichoderma* sp. dalam menghasilkan enzim-enzim yang dapat menyerang dan menurunkan kitin yang menyebabkan patogen yang terserang mati perlahan. Kitin merupakan komponen struktural pada dinding sel jamur dan serangga.

Beberapa penelitian telah dilakukan terkait kemampuan *Trichoderma* sp. sebagai antagonis patogen tanaman seperti pengendalian terhadap patogen *Phytophthora infestans* penyebab penyakit busuk daun dan umbi kentang (Purwantisari dan Hastuti, 2009), *R. microporus* penyebab penyakit jamur akar putih pada tanaman cengkeh (Shofiana dkk., 2015), *Phytophthora capsici* penyebab penyakit busuk pangkal batang tanaman lada (Prasetyo dkk., 2009), dan *Phytophthora palmivora*, sebagai patogen penyakit hawar daun bibit kakao (Sutarman, 2017).

2.3 Hama Kumbang Beras (*Sitophilus oryzae*)

Klasifikasi dari *Sitophilus oryzae* menurut Borror and White (1970) yaitu sebagai berikut:

Kingdom	: Animalia
Filum	: Arthropoda
Kelas	: Insecta
Ordo	: Coleoptera
Famili	: Curculionidae
Genus	: <i>Sitophilus</i>
Spesies	: <i>Sitophilus oryzae</i>

Ordo Coleoptera merupakan ordo terbesar dari serangga-serangga dan mengandung kira-kira 40% yang terkenal dalam hexapoda. Ordo Coleoptera diambil dari kata coeloe yang berarti seludang dan petron yang berarti sayap, maka dapat disimpulkan Coleoptera adalah serangga yang memiliki seludang pada sayapnya. Ordo Coleoptera sering disebut kumbang karena kebanyakan didominasi oleh kelompok kumbang, dan memiliki sayap depan yang keras, tebal dan merupakan penutup bagi sayap belakang dan tubuhnya. Tipe alat mulut

kumbang yaitu tipe penggigit dan pengunyah, kumbang juga memiliki kepala yang bebas dan kadang memanjang ke depan atau ke bawah sehingga berubah menjadi moncong (Borror *et al.*, 1992).

Family curculionidae merupakan family terbesar dalam ordo coleopteran, anggotanya lebih dari 60 ribu spesies. Larva dan imago bersifat fitofag, banyak yang memiliki inang spesifik, dan banyak juga yang merupakan hama penting, seperti hama gudang *rice meevil* (*Sitophilus oryzae*) dan *maize meevil* (*Sitophilus zeamais*) (Borror *et al.*, 1992).

Serangga ini pertama kali dideskripsikan oleh Linnaeus pada tahun 1798 sebagai *Curculio oryzae* yang kemudian direvisi oleh De Clairville dan Scheltenburg, sehingga berubah nama menjadi *Calandra oryzae*. Para peneliti sesudah masa itu menemukan perbedaan ukuran pada serangga tersebut yaitu ada yang besar dan ada yang kecil. Tahun 1855, Motschulsky menyatakan bahwa serangga yang berukuran besar memang berbeda dengan yang kecil dan dia memberikan nama *Sitophilus zeamais* untuk serangga yang ukurannya lebih besar. Sayangnya hanya sebagian kecil peneliti yang mengetahui tentang revisi yang dilakukan oleh Motschulsky sehingga nama *Calandra* masih terus digunakan untuk kompleks serangga jenis ini. Pada tahun 1928 dan 1931 Takahashi menyatakan bahwa serangga yang berukuran kecil secara khusus dinamai *Calandra sasakii* (Floyd dan Newsom, 1959; Kalshoven, 1981; Suputa, 2003).

Imago *Sitophilus* spp. berwarna hitam, hitam kecoklatan dan coklat. Serangga betina bertelur sepanjang stadium dewasa. Setiap betina mampu bertelur lebih dari 150 butir. Telur diletakkan satu per satu dalam lubang yang dibuat oleh serangga betina pada biji yang diserangnya. Telur dilindungi oleh lapisan lilin/gelatine hasil sekresi serangga betina. Periode telur berlangsung selama 6 hari pada suhu 25 °C. Setelah menetas, larva segera memakan bagian biji yang di sekitarnya dan membentuk lubang-lubang gerakan. Larva terdiri dari empat instar. Periode pupa berlangsung di dalam biji. Serangga dewasa yang baru muncul segera membuat jalan keluar dengan cara menggerek bagian biji tersebut sehingga membentuk

lubang besar yang karakteristik. Total periode perkembangan serangga ini antara 35 - 40 hari, tergantung jenis dan mutu biji yang diserangnya (Kalshoven, 1981).

Serangga ini mengalami metamorfosa sempurna (holometabola) yaitu dalam perkembangan dari telur sampai dewasa melalui empat stadium yaitu telur, larva, pupa dan imago. Imago merusak butiran bahan dengan bentuk alat mulutnya yang khas yaitu berbentuk seperti moncong (rostrum), dikhususkan untuk melubangi butiran beras, butiran jagung atau bebijian lainnya yang keras. Bebijian yang terserang, terutama beras akan menjadi berlubang-lubang kecil-kecil sehingga mempercepat hancurnya bijian tersebut menjadi seperti tepung. Kerusakan yang berat mengakibatkan adanya gumpalan-gumpalan pada bahan pascapanen akibat adanya/bercampurnya air liur larva dan kotoran yang dihasilkan oleh serangga (Mallis, 2004; Kartasapoetra, 1991; Surtikianti, 2004; Hilton and Corbet, 1975; Hill, 1990).

III. BAHAN DAN METODE

3.1 Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Ilmu Hama Tumbuhan dan Laboratorium Bioteknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, dari bulan September 2019 sampai April 2021.

3.2 Alat dan Bahan

Bahan-bahan yang digunakan adalah jamur yang telah mengalami satu tahun penyimpanan dalam bentuk formulasi kering (*Beauveria* sp., *Metarhizium* sp., *Aspergillus* sp., *Trichoderma* sp.), *Rhizoctonia solani*, *Fusarium* sp., *Ganoderma boninense*, *Rigidoporus microporus*, *Phytophthora capsici*, kumbang beras (*Sitophilus oryzae*), media PDA (*Potato Dextrose Agar*), Tween 80, alkohol, *aquadest*, dan asam laktat.

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah mikroskop, autoklaf, cawan petri, *laminar air flow*, *haemocytometer*, jarum ose, shaker, spatula, drigalsky, bor gabus, mikropipet, tabung reaksi, erlenmeyer, timbangan, stoples, *handsprayer* (alat semprot), spidol, kertas label, nampan, penggaris, aluminium foil, plastik wrap, kain kasa, karet, pisau, dan tisu.

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini terdiri dari 4 percobaan, yaitu 1) Uji pertumbuhan 4 isolat (*Beauveria* sp., *Metarhizium* sp., *Trichoderma* sp., dan *Aspergillus* sp.), 2) Uji kemampuan antagonis *Trichoderma* sp. terhadap *Rhizoctonia solani*, *Fusarium* sp., *Ganoderma boninense*, *Rigidoporus microporus*, dan *Phytophthora capsici*.

3) Uji patogenisitas 3 isolat (*Beauveria* sp., *Metarhizium* sp., dan *Aspergillus* sp.) terhadap kumbang beras (*Sitophilus oryzae*) 4) Pengamatan morfologi 4 isolat (*Beauveria* sp., *Metarhizium* sp., *Trichoderma* sp., dan *Aspergillus* sp). Pengujian pertumbuhan, kerapatan spora, dan viabilitas masing-masing terdiri atas 4 isolat uji dengan 4 ulangan. Pengujian antagonis terdiri atas 5 isolat uji dan kontrol dengan masing-masing 4 ulangan sedangkan uji patogenisitas terdiri atas 3 isolat dan kontrol dengan masing-masing 5 ulangan. Pada perlakuan pengujian pertumbuhan, kerapatan spora, viabilitas, dan uji antagonis pengujian disusun dalam Rancangan Acak Lengkap (RAL), sedangkan uji patogenisitas pengujian disusun dalam Rancangan Acak Kelompok (RAK).

3.4 Pelaksanaan Penelitian

3.4.1 Isolat yang digunakan

Sebanyak 4 isolat yang akan digunakan dalam penelitian ini, semua isolat tersebut telah mengalami penyimpanan selama satu tahun. Secara lengkap, isolat yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Identitas isolat yang digunakan

No	Nama Isolat	Asal Isolat
1.	<i>Beauveria</i> sp.	Jati Sari
2.	<i>Metarhizium</i> sp.	Gading Rejo
3.	<i>Trichoderma</i> sp.	Gading Rejo
4.	<i>Aspergillus</i> sp.	Gading Rejo

3.4.2 Pembuatan Media *Potato Dextrose Agar* (PDA)

Pembuatan media ini dilakukan dengan cara mencampurkan bahan-bahan yang terdiri dari 100 g agar, 10 g kentang, 10 g dextrose, dan 500 mL *aquadest*. Bahan-bahan yang telah tercampur tersebut dimasukkan ke dalam tabung erlenmeyer kemudian ditutup dengan aluminium foil, dikencangkan dengan karet gelang.

Kemudian media tersebut direbus hingga mendidih dan homogen, setelah itu diautoklaf selama 15 menit pada tekanan 1 atm dan suhu 121 °C. Kemudian media tersebut diangkat dan didinginkan sampai ± 50 °C, lalu ditambahkan asam laktat 0,7 mL sebelum dituang ke cawan petri.

3.4.3 Uji Pertumbuhan 4 Isolat Jamur

3.4.3.1 Uji pertumbuhan Jamur

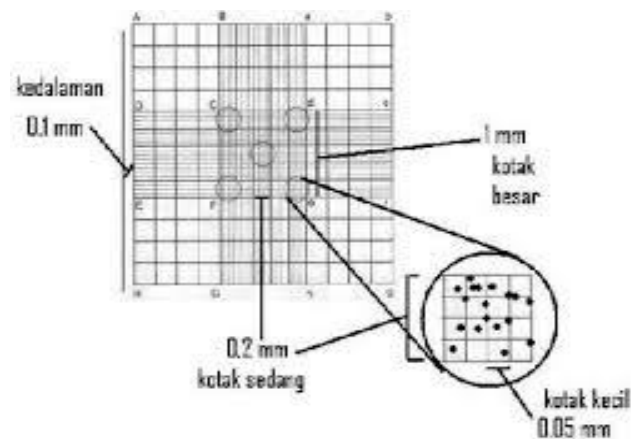
Pengujian kemampuan tumbuh 4 isolat (*Beauveria* sp., *Metarhizium* sp., *Trichoderma* sp., dan *Aspergillus* sp.) dilakukan dengan cara menumbuhkan 1 bor gabus (diameter 0,6 cm) biakan murni 4 isolat (masa penyimpanan satu tahun) yang berusia 4 hari setelah diremajakan di cawan petri. Setelah itu masing-masing isolat jamur diletakkan ditengah cawan petri yang berisi media PDA. Pengamatan diameter koloni pertumbuhan dilakukan pada 1–7 hari setelah inokulasi. Pengukuran diameter koloni pertumbuhan dilakukan secara vertikal dan horizontal sebanyak 4 kali, diameter koloni yang digunakan merupakan rerata hasil dua kali pengukuran diameter.

3.4.3.2 Kerapatan spora

Kemampuan isolat untuk memproduksi spora dilakukan dengan cara memanen spora dari biakan murni 4 isolat yang berumur 7 hari setelah inokulasi. Pemanenan spora dilakukan dengan cara menambahkan 10 mL 0,1% Tween 80 ke dalam cawan petri yang masing-masing berisi 4 isolat biakan murni. Spora jamur dikeruk dengan menggunakan drigalski dengan hati-hati agar media yang tidak terikut diangkat sehingga diperoleh suspensi spora yang pekat. Suspensi spora yang didapatkan selanjutnya dimasukkan ke dalam tabung reaksi. Suspensi tersebut kemudian dihomogenkan selama 1 menit dengan menggunakan *rotamixer*. Setelah dihomogenkan, suspensi diambil 1 mL dan dimasukkan, kedalam tabung reaksi yang baru yang telah diisi air steril sebanyak 9 mL. Larutan kedua dihomogenkan selama 1 menit. Tahap ini dinamakan pengenceran

tingkat 10^{-1} . Langkah ini dilakukan kembali hingga diperoleh pengenceran sampai tingkat 10^{-3} .

Suspensi yang telah diencerkan hingga tingkat 10^{-3} , diamati kerapatan spora dengan meneteskan suspensi spora sebanyak $2,5 \mu\text{l}$ di atas *haemocytometer*, selanjutnya diletakkan dibawah mikroskop dengan pembesaran $400\times$. Pengamatan dilakukan terhadap jumlah spora. Kerapatan spora dihitung dengan menggunakan kotak sedang yang tampak pada *haemocytometer* (Gambar 1).



Gambar 1. *Haemocytometer* dan bagiannya (Utami dkk., 2018)

Jumlah spora yang didapatkan dihitung dengan menggunakan rumus (Syahnen dkk., 2014) sebagai berikut:

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

Keterangan:

S = Jumlah spora

R = Jumlah rata-rata spora pada bidang *haemocytometer* (kotak sedang)

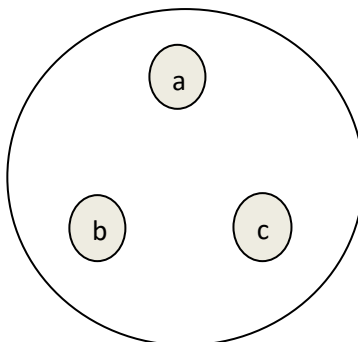
K = Konstanta koefisien alat ($2,5 \times 10^{-5}$)

F = Faktor pengenceran yang dilakukan

3.4.3.3 Viabilitas spora

Suspensi yang digunakan adalah suspensi spora pada pengenceran 10^{-2} (suspensi sisa dari uji sporulasi). Suspensi ditetaskan ke dalam media PDA sebanyak $25 \mu\text{l}$ pada 3 titik yang berbeda (Gambar 2). Selanjutnya suspensi diinkubasi, suspensi

Beauveria sp. diinkubasi selama 16 jam, *Metarhizium* sp. diinkubasi selama 8 jam, *Trichoderma* sp. diinkubasi selama 10 jam, dan *Aspergillus* sp. diinkubasi selama 8 jam. Suspensi diamati di bawah mikroskop majemuk dengan perbesaran 400x. Pengukuran dilakukan dengan cara menghitung jumlah spora yang berkecambah.



Gambar 2. Pengujian viabilitas spora 4 isolat (*Beauveria* sp., *Metarhizium* sp., *Trichoderma* sp., dan *Aspergillus* sp.) pada media PDA. a. titik suspensi ulangan 1; b. titik suspensi ulangan 2; c. titik suspensi ulangan 3.

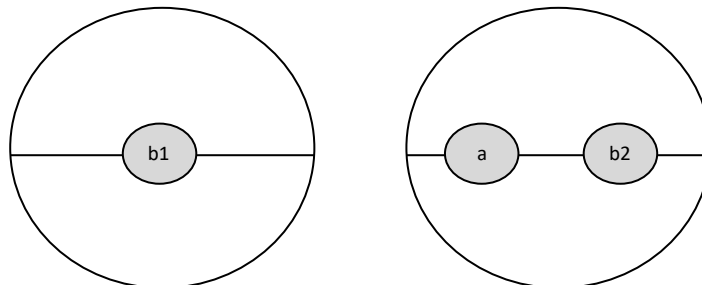
Untuk menghitung viabilitas spora dapat menggunakan rumus dari Syahnen dkk., (2014):

$$P = \frac{\text{Spora yang berkecambah}}{\text{Spora seluruhnya}} \times 100\%$$

3.4.4 Uji Kemampuan Antagonis *Trichoderma* sp. terhadap *Rhizoctonia solani*, *Fusarium* sp., *Phytophthora capsici*, *Rigidoporus microporus*, dan *Ganoderma boninense* di Media PDA

Percobaan pengujian antagonis dilakukan dengan menggunakan metode dual kultur pada media PDA. Pengujian menggunakan jamur *Trichoderma* sp., *Rhizoctonia solani*, *Fusarium* sp., *Ganoderma boninense*, *Rigidoporus microporus*, dan *Phytophthora capsici* yang berumur 4 hsi serta media tumbuh yang digunakan yaitu PDA. Perlakuan percobaan ini yaitu jamur *Trichoderma* sp. ditumbuhkan di media tersebut. Perlakuan kontrol hanya menumbuhkan jamur *Rhizoctonia solani*, *Fusarium* sp., *Ganoderma boninense*, *Rigidoporus microporus*, dan *Phytophthora capsici* ditengah cawan petri di media tersebut, dan setiap perlakuan diulang sebanyak 4 kali. Sedangkan perlakuan antagonis dilakukan dengan menggunakan isolat *Trichoderma* sp. dan 5 isolat patogen (*Rhizoctonia solani*, *Fusarium* sp.,

Ganoderma boninense, *Rigidoporus microporus*, dan *Phytophthora capsici*) dengan usia 4 hsi yang masing-masing 5 isolat tersebut diletakkan di dalam satu cawan petri bersama dengan *Trichoderma* sp. (Gambar 3).



Gambar 3. Uji antagonis metode dual kultur; a = *Trichoderma* sp. b1,b2 = jamur patogen (*Rhizoctonia solani*, *Fusarium* sp., *Ganoderma boninense*, *Rigidoporus microporus* atau *Phytophthora capsici*)

3.4.5 Uji Patogenisitas 3 Isolat (*Beauveria* sp., *Metarhizium* sp., dan *Aspergillus* sp.) terhadap Kumbang Beras (*Sitophilus oryzae*)

3.4.5.1 Penyediaan kumbang beras (*Sitophilus oryzae*) sebagai serangga uji

Kumbang beras diperoleh dari beras yang sudah lama disimpan. Kumbang beras diambil dan dimasukkan ke dalam stoples. Satu stoples berisi 20 ekor kumbang beras.

3.4.5.2 Pembuatan suspensi spora jamur 3 isolat (*Beauveria* sp., *Metarhizium* sp., dan *Aspergillus* sp.)

Cara pembuatan suspensi spora 3 isolat yaitu dilakukan dengan cara memanen spora dari biakan murni 3 isolat yang berumur 7 hari setelah inokulasi.

Pemanenan spora dilakukan dengan cara menambahkan 10 mL Tween 80 ke dalam cawan petri yang masing-masing berisi 3 isolat biakan murni. Spora jamur dikeruk dengan menggunakan drigalski dengan hati-hati agar media yang tidak terikut diangkat sehingga diperoleh suspensi spora yang pekat. Setelah suspensi spora didapatkan selanjutnya diaplikasikan ke kumbang beras.

3.4.5.3 Aplikasi suspensi spora 3 isolat (*Beauveria* sp., *Metarhizium* sp., dan *Aspergillus* sp.) pada kumbang beras

Suspensi jamur 3 isolat sebanyak 10 mL dimasukkan ke dalam cawan petri.

Kumbang beras diambil dengan pinset dan diletakkan dalam cawan petri berisi suspensi jamur dan didiamkan selama 1 menit. Kumbang beras diangkat dan diletakkan ke dalam stoples kecil yang berisi beras.

3.4.5.4 Tingkat mortalitas kumbang beras setelah aplikasi 3 isolat (*Beauveria* sp., *Metarhizium* sp., dan *Aspergillus* sp.)

Pengamatan dilakukan dari hari ke-1 sampai hari ke-8 setelah aplikasi. Kumbang beras yang terinfeksi dipisahkan dan diletakkan ke dalam cawan petri yang dilapisi tisu lembab dan diinkubasi pada suhu ruang. Pengamatan mortalitas kumbang beras dilakukan dengan mengamati jamur yang tumbuh pada permukaan tubuh kumbang beras. Jamur yang tumbuh diisolasi dan diamati secara mikroskopis untuk memastikan kematian kumbang beras tersebut disebabkan oleh 3 isolat jamur yang telah diaplikasikan. Persentasi mortalitas kumbang beras dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

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

3.4.6 Pengamatan Morfologi 4 Isolat (*Beauveria* sp., *Metarhizium* sp., *Trichoderma* sp., dan *Aspergillus* sp.)

Pengamatan morfologi dilakukan untuk mengetahui bentuk dari 4 isolat uji.

Pengamatan dilakukan secara mikroskopis dan makroskopis. Secara mikroskopis meliputi hifa bersekat atau tidak bersekat, pertumbuhan hifa (bercabang atau tidak bercabang), warna hifa (gelap atau hialin transparan), warna konidia (gelap atau tidak hialin transparan), ada tidaknya konidia dan bentuk konidia (bulat, lonjong, berantai atau tidak beraturan) (Ariyanto dkk., 2013). Sedangkan makroskopis antara lain warna koloni, bentuk koloni, tekstur koloni, dan pertumbuhan koloni. Pengamatan mikroskopis dilakukan dengan menggunakan mikroskop majemuk perbesaran 400x.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil penelitian kemampuan tumbuh, produksi konidia, viabilitas, serta kemampuan antagonis isolat jamur *Beauveria* sp., *Metarhizium* sp., *Aspergillus* sp., dan *Trichoderma* sp. setelah mengalami masa penyimpanan satu tahun masih efektif tumbuh berkembang dengan baik.
2. Virulensi dan daya patogenisitas terhadap serangga uji yang paling baik yaitu pada isolat *Beauveria* sp. dengan mortalitas kumbang beras sebesar 43% lalu diikuti dengan isolat *Aspergillus* sp., dan *Metarhizium* sp. Sedangkan pengujian antagonis menunjukkan isolat *Trichoderma* sp. yang mampu menekan semua pertumbuhan lima isolat jamur.
3. Berdasarkan hasil pengamatan mikroskopis dan makroskopis menunjukkan bahwa keempat isolat tersebut berasal dari genus *Aspergillus*, *Beauveria*, *Metarhizium* dan *Trichoderma*.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, disarankan dilakukan uji lebih lanjut dalam identifikasi secara molekuler agar dapat menentukan spesies dari keempat isolat tersebut serta mendapatkan pengamatan struktur yang lebih mendetail.

DAFTAR PUSTAKA

- Alexopoulos. 1996. *Introductory Mycology*. Prentice-Hall, Inc. New York.
- Amaria, W., Taufiq, E., dan Harni, R. 2013. Seleksi dan identifikasi jamur antagonis sebagai agens hayati jamur akar putih (*Rigidoporus microporus*) pada tanaman karet. *Buletin Riset Tanaman Rempah dan Aneka Tanaman Industri*. 4(1): 55–64.
- Ariyanto, E.F., Abadi, A.L., dan Djauhari, S. 2013. Keanekaragaman jamur endofit pada daun tanaman padi (*Oryza sativa*) dengan sistem pengelola hama terpadu (PHT) dan konvensional di Desa Bayem, Kecamatan Kasembon, Kabupaten Malang. *Jurnal HPT*. 1(2): 37–51.
- Assaf, L.H., Haleem, R.A. and Abdullah, S.K. 2011. Association of entomopathogenic and other opportunistic fungi with insect in dormant locatios. *Jordan Journal of Biological Sciences*. 4(2): 87–92.
- Barnett, H.L. and Hunter, B.B. 1972. *Illustrated Genera of Imperfect Fungi*. Minnesota: Burges Publishing Co.
- Bidochka, M.J., Kamp, A.M., and Decroos, J.N.A. 2000. Insect pathogenic fungi: from genes to populations. *Fungal Pathol*. 42: 171–193.
- Borror, D.J., Triplehorn, C.A., dan Johnson, N.F. 1992. *Pengenalan Serangga Edisi Keenam*. Diterjemahkan Soetiyono Partosoedjono. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Borror, D.J. and White, R.E. 1970. *A Field Guide of Insect American North of Mexico*. New York: Houghton Mifflin Company Boston New York.
- Devi, Nugroho, S., Chainulfiffah, T.T., dan Dahliaty, A. 2000. *Pemumian Enzim Selulase Eksrtaseluler dari Jamur Trichoderma viride TNJ63 Isolat dari Wilayah Daratan Riau*. Laporan penelitian Pekanbaru. Lembaga Penelitian Universitas Riau.
- Djunaedy. 2009. Biopestisida sebagai pengendali organisme pengganggu tanaman (OPT) yang ramah lingkungan. *Jurnal Fakultas Pertanian UNIJOYO*. 6(1): 88–95.

- Domsch, K.H., Gams, W., and Anderson, T.H. 1980. *Compendium of Soil Fungi*. Vol. 1. Academic Press, London. pp: 893.
- Flint, L.M. dan Van den Bosch. 2000. *Pengendalian Hama Terpadu*. Kanisius. Yogyakarta.
- Floyd, E.H. and L.D. Newsom. 1959. Biological study of the rice weevil complex. *Annals of the Entomological Society of America*. 52: 687–695.
- Harman, G.E., Howell, C.R., Viterbo, A., Chet, I., and Lorito, M. 2004. Trichoderma species – opportunistic, avirulent plant symbionts. *Nature Reviews Microbiology*. 2: 43–56.
- Herdatiarni, F., Himawan, T., dan Rachmawati, R. 2014. Eksplorasi cendawan entomopatogen *Beauveria* sp. menggunakan serangga umpan pada komoditas jagung, tomat dan wortel organik di Batu, Malang. *Jurnal HPT*. 1(3): 1–11.
- Herlinda, S., Utama, M.D., dan Pujiastuti, Y. 2006. Kerapatan dan viabilitas spora *Beauveria bassiana* (Bals.) akibat subkultur dan pengayaan media, serta virulensinya terhadap larva *Plutella xylostella* (Linn.) *J. HPT Tropika*. 6(2): 70–78.
- Herlinda, S., Mulyati, dan Suwandi. 2008a. Jamur entomopatogen berformulasi cair sebagai bioinsektisida untuk pengendali wereng coklat. *Agritrop*. 27(3): 119–126.
- Herlinda, S., Hartono, dan Irsan, C. 2008b. Efikasi bioinsektisida formulasi cair berbahan aktif *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. dan *Metarhizium* sp. pada wereng punggung putih (*Sogatella furcifera* HORV.). Seminar Nasional dan Kongres PATPI 2008. Palembang.
- Hill, D.S. 1990. *Pests of Stored Products and their Control*. CRC Press, Inc. Publishers. Boca Raton. Ann Arbor. Boston.
- Hinton, H.E. and Corbet, A.S. 1975. *Common Insect Pests Of Stored Food Product. A Guide to Their Identification*. 5 th Edition. British Museum (Natural History) Economic Series No. 15. Trustees of the British Museum (Natural History). London.
- Hughes, S.J. 1971. *Phycomycetes, Basidiomycetes, and Ascomycetes as Fungi Imperfecti*. In: *Taxonomy of Fungi Imperfecti* (B. Kendrick, ed.) pp: 736. University of Toronto Press, Toronto.
- Hyakumachi, M., Takahashi, H., Matsubara, Y., Someya, N., Shimizu, M., Kobayashi, K., and Nishiguchi, M. 2014. Recent studies on biological control of plant diseases in Japan. *J. Gen. Plant Pathol*. 80: 287–302.

- English, G.D., Goettel, M.S., and Johnson, D.L. 1997. Persistence of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* on phylloplanes crested wheatgrass and alfalfa. *Biological Control*. 3: 258–270.
- Jumar. 2000. *Entomologi Pertanian*. Rineka Cipta. Jakarta.
- Junianto, Y.D., Semangun, H., Harsojo, A., dan Rahayu, E.S. 2000. Viabilitas dan virulensi blastospora *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill kering-beku pada beberapa suhu simpan. *Pelita Perkebunan*. 16: 30–39.
- Junianto, Y.D. dan Sulistyowati, E. 2000. Produksi dan aplikasi jamur *B. bassiana* (Deuteromycotina, Hypomycetes) untuk pengendalian penghisap buah kakao (*Helopeltis* spp.) dan penggerek buah kakao (*Conopomorpha cramerella*). *Pelita Perkebunan*. 15: 1–19.
- Kalshoven, L.G.E. 1981. *Pests of Crops in Indonesia*. PT. Ichtiar Baru-Van Hoeve. Jakarta.
- Kamala, T.H., Devi, S.I., Sharma, K.C., and Kennedy, K. 2015. Phylogeny and taxonomical investigation of *Trichoderma* spp. from Indian Region of Indo-Burma Biodiversity Hot Spot Region with Special Reference to Manipur. *BioMed Research International*. 2015: 1–21.
- Kartasapoetra, A.G. 1991. *Hama Hasil Tanaman Dalam Gudang*. Penerbit Rineka Cipta. Cetakan Kedua. Jakarta.
- Knudsen, G.R., J.B. Johnson & D.J. Eschen. 1990. Alginate pellet formulation of a *Beauveria bassiana* (Fungi: Hyphomycetes) isolate pathogenic to cereal aphids. *J. Econ. Entomol.* 83: 2225-2228.
- Kubicek, C.P. and Harman, G.E. 2002. *Trichoderma and Gliocladium*. Basic biology, taxonomy and genetics. *The Taylor & Francis e-Library*.
- Mallis, A. 2004. *Handbook of Pest Control. The Behavior, Life History and Control of Household Pests*. Ninth Edition. Janie Johns, Wild Rice Press, Inc. GIE Media, Inc.
- Mangoendihardjo, S. dan Mahrub, E. 1983. *Pengendalian Hayati*. Faculty of Agriculture Library. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Milner, R.J., Staples, J.A., and Lutton, G.G. 1997. The effect of humidity on germination and infection of termites by the Hypomycetes, *Metarhizium anisopliae*. *J. Invertebr. Pathol.* 69(1): 64–69.
- Muljowati, J.S. dan Purnomowati, P. 2010. Pengaruh kombinasi jenis bahan pembawa dan lama masa simpan yang berbeda terhadap produksi pelet biofungisida *Trichoderma harzianum*. *Majalah Ilmiah Biologi BIOSFERA: A Scientific Journal*. 27(1): 22–29.

- Mutmainna. 2015. Potensi Cendawan Endofit Kakao *Aspergillus* sp. sebagai Entomopatogen. *Skripsi*. Universitas Hasanuddin Makasar.
- Neves, P.M.O.J. and Alves, S.B. 2004. External events related to the infection process of *Cornitermes cumulans* (Kollar) (Isoptera: Termitidae) by the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae*. *Neotropical Entomology*. 33(1): 051–056.
- Nigam, N. and Mukerji, K.G. 1988. Biological Control-Concepts and Practices. Mukerji, K.G. and Garg, K.L. (eds). *Biocontrol of Plant Diseases*. Volume I. CRC Press. Inc. Boca Raton, Florida. pp: 1–13.
- Nunilahwati, H., Herlinda, S., Irsan, C., dan Puji astuti, Y. 2012. Eksplorasi, isolasi dan seleksi jamur entomopatogen *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Yponomeutidae) pada pertanaman caisin (*Brassica chinensis*) di Sumatera Selatan. *J. HPT Tropika*. 12(1): 1–11.
- Nurhayati. 2011. Penggunaan Jamur dan Bakteri dalam Pengendalian Penyakit Secara Hayati yang Ramah Lingkungan; BKS-PTN wilayah Barat 2011. hal: 318–321.
- Nurmaliah, A. 2014. Aplikasi cendawan endofit (*Beauveria* sp., *Aspergillus* sp., dan *Trichoderma* sp.) terhadap serangan hama PBK (*Conopomorpha cramerella snell*) di Kabupaten Bone. *Skripsi*. Universitas Hasanuddin Makasar. hal: 30–31.
- Prasetyo, J., Efri, dan Suharjo, R. 2009. Seleksi dan uji antagonis *Trichoderma* spp. isolat tahan fungisida nabati terhadap pertumbuhan *Phytophthora capsici*. *J. HPT Tropika*. 9(1): 58–66.
- Prawirosukarto, S., Djamin, A., dan Pardede, D.J. 1997. *Pengendalian Oryctes rhinoceros dan Ulat Pemakan Daun Kelapa Sawit secara Terpadu*. Pusat Penelitian Kelapa Sawit. Medan.
- Prayogo, Y. dan Tengkan, W. 2002. Pengaruh Tempat dan Lama Penyimpanan Suspense Spora *Metarhizium anisopliae* terhadap Tingkat Kematian Larva *Spodoptera liturra*. pp. 259–268 dalam Mulya, K., Rusli, S., Supriyadi, Wikardi, E.A., Djazuli, M., Karmawati, E., Manohara, D., dan Rostiana, O (Ed.). 2002. *Prosiding Seminar Nasional dan Pameran Pertanian Organik*. Jakarta. 2–3 Juli.
- Prayogo, Y., Tengkan, W., dan Marwanto. 2005. Prospek cendawan entomopatogen *Metarhizium anisopliae* untuk mengendalikan ulat grayak *Spodoptera litura* pada kedelai. *J. Litbang Pertanian*. 24(1): 19–26.
- Prayogo, Y. 2006. Upaya mempertahankan keefektifan cendawan entomopatogen untuk mengendalikan hama tanaman pangan. *J. Litbang Pertanian* 25: 47–54.

- Putra Kencana, W.G., Ramona, Y., dan Proborini, W.M. 2020. Eksplorasi dan identifikasi mikroba yang diisolasi dari rhizosfer tanaman stroberi (*Fragaria x ananassa* Dutch.) di kawasan Pancasari Bedugul. *Metafosa: Journal Biological Sciences*. 7(2): 205–213.
- Purwantisari, S. dan Hastuti, R.H. 2009. Uji antagonis jamur *Phytophthora infestans* penyebab penyakit busuk daun dan umbi kentang dengan menggunakan *Trichoderma* spp. isolat lokal. *Jurnal Bioma*. 11(1): 24–32.
- Reflinaldon, Trizelia, Hasmiandy, and Ganeshi, J. 2014. Pod borer of peanut and potential entomopathogenic fungi for its control in West Sumatra. *International Journal on Advanced Science Engineering Information Technology*. 4(4): 59–63.
- Roddam, L.F. and Rath, A.D. 2000. Isolation and characterization of *Metarhizium anasopliae* and *Beauveria bassiana* from Subantarctic Macquarie Island. *J. Invertebr. Pathol.* 69: 285–288.
- Sabbahi, R., Merzouki, A., and Guertin, C. 2008. Efficacy of *Beauveria bassiana* against the strawberry pest, *Lygus lineolaris*, *Anthonomus signatus* and *Otiiorhynchus ovatus*. *Journal Applied Entomology*. 132(2): 151–160.
- Samson, R.A., Evans, H.C., and Latge, J.P. 1988. *Atlas of Entomopathogenic Fungi*. Springer-Verlag, New York.
- Semangun, H. 2000. *Ilmu Penyakit Tumbuhan*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Shofiana, R.H., Sulistyowati, L., dan Muhibuddin, A. 2015. Eksplorasi jamur endofit dan khamir pada tanaman cengkeh (*Syzygium aromaticum*) serta uji potensi antagonis nya terhadap jamur akar putih (*Rigidoporus microporus*). *Jurnal HPT*. 3(1): 75–83.
- Soesanto, L. 2006. Penyakit Fusarium pada Tanaman Pangan. *Seminar Nasional II dan Workshop Fussarium*. Universitas Andalas. Padang. 14–16 Agustus 2006.
- Soetopo, D. dan Indrayani, I.G.A.A. 2007. Status teknologi dan prospek *B. bassiana* untuk pengendalian serangga hama tanaman perkebunan yang ramah lingkungan. *J. Perspektif*. 6(1): 29–46.
- Sopialena. 2018. *Pengendalian Hayati dengan Memberdayakan Potensi Mikroba*. Mulawarman University Press. Samarinda.
- Srikandi, F. 1992. *Mikrobiologi Pangan I*. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.

- Sudarmadji, D. dan Gunawan, S. 1994. Patogenitas fungi entomopatogen *Beauveria bassiana* terhadap *Helopeltis antonii*. *Menara Perkebunan*. 62: 1–4.
- Sudiro, W. 1993. *Mikrobiologi Umum*. Erlangga. Jakarta.
- Sulistyowati, E. dan Junianto, Y.D. 2000. *Produksi dan Aplikasi Agens Pengendalian Hayati Hama Utama Kopi dan Kakao*. Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia. Jember.
- Suputra. 2003. *Catatan Taksonomi dan Sistem Penamaan Sitophilus oryzae dan S. zeamais*. Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan. Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta. http://abank-udha123.tripod.com/klasifikasi_hama_pasca_panen.htm. Diakses 14 Februari 2022.
- Surtikanti. 2004. Kumbang bubuk *Sitophilus zeamais* Motsch. (Coleoptera: Curculionidae) dan strategi pengendaliannya. *Jurnal Litbang Pertanian*. 23(4): 123–129.
- Sutarman. 2017. Pengujian *Trichoderma* sp sebagai pengendali hawar daun bibit kakao yang disebabkan oleh *Phytophthora palmivora*. *J. HPT Tropika*. 17(1): 45–52.
- Syahnen, Normalisa, D.D., Ekanitha, S., dan Pinem. 2014. *Teknik Uji Mutu Agens Pengendali Hayati (APH) di Laboratorium*. Laboratorium Lapangan Balai Besar Penelitian dan Protesis Tanaman Perkebunan. Medan.
- Tanada, Y. and Kaya, H.K. 1993. *Insect Pathology*. Academic Press. San Diego. 666 pp.
- Tarigan. 1991. *Isolasi dan Karakteristik Fungi*. Universitas Riau. Riau.
- Tohidin, Lisrianto, A.T., dan Machdar, B.P. 1993. Daya bunuh jamur entomopatogen *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin terhadap *Leptocorisa acuta* di rumah kaca. *Prosiding Makalah Simposium Patologi Serangga I*. Yogyakarta. 12–13 Oktober 1993. pp: 135–143.
- Trizelia, Santoso, T., Sosromarsono, S., Rauf, A., dan Sudirman, L. 2012. Keragaman genetik berbagai isolat *Beauveria basiana* (Bals.) Vuil. (Deuteromycotina: Hyphomycetes) dan virulensinya terhadap *Crocidolomia pavonana*. *Jurnal Natur Indonesia*. 14(3): 176–183.
- Trizelia, Armon, N., dan Jailani, H. 2015. Keanekaragaman cendawan entomopatogen pada rizosfer berbagai tanaman sayuran. *Pros Sem Nas Masy Biodiv Indon*. Volume 1. pp: 998–1004.

- Untung, K. 1993. *Pengantar Pengelolaan Hama Terpadu*. Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Utami, S.R., Isnawati, Ambarwati, R. 2014. Eksplorasi dan karakterisasi cendawan entomopatogen *Beauveria Bassiana* dari Kabupaten Malang dan Magetan. *LenteraBio*. 3(1): 2252–3979.
- Utami, U., Harianie, L., Kusmiyati, N., dan Fitriyasari, P.D. 2018. *Buku Petunjuk Praktikum Mikrobiologi Umum*. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim. Malang.
- Vendenberg, J.D., Ramos, M. and Altre, J.A. 1988. Dose response and age and temperature related susceptibility of the diamond back moth *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) to two isolated of *Beauveria bassiana* (Hypomycetes: Monoliaceae). *Environ. Entomol.* 27: 1017–1021.
- Watanabe, T. 2002. *Pictorial Atlas of Soil and Seed Fungi Morphologies of Cultured Fungi and Key to Species*. CRC Press LLC. U.S.A.
- Wikipedia. 2018. *Trichoderma*. <https://id.wikipedia.org/wiki/Trichoderma>. Diakses pada tanggal 21 Agustus 2020.
- Zali, M. dan Purdiyanto, J. 2011. Penentuan suhu optimum pertumbuhan jamur *Trichoderma* sp. pada proses fermentasi bokashi plus. *Maduranch: Jurnal Ilmu Peternakan*. 8(8): 16–22.