\KEMAMPUAN JAMUR *Metarhizium* spp. SEBAGAI ENTOMOPATOGEN LARVA *Oryctes rhinoceros* L. DAN ANTAGONIS JAMUR *Ganoderma boninense* SECARA *IN VITRO*

(Skripsi)

Oleh

KETUT SEPTIA PUTRI
NPM 1914191028

JURUSAN PROTEKSI TANAMAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023

ABSTRAK

KEMAMPUAN JAMUR *Metarhizium* spp. SEBAGAI ENTOMOPATOGEN LARVA *Oryctes rhinoceros* L. DAN ANTAGONIS JAMUR *Ganoderma boninense* SECARA *IN VITRO*

Oleh

Ketut Septia Putri

Larva *Oryctes rhinoceros* L. dan penyakit busuk pangkal batang kelapa sawit yang disebabkan oleh jamur *Ganoderma boninense* merupakan organisme pengganggu tanaman (OPT) penting pada tanaman kelapa sawit. Salah satu cara pengendalian ramah lingkungan adalah menggunakan jamur agensia hayati yang berpotensi dapat mengendalikan kedua OPT seperti jamur *Metarhizium* spp.. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pertumbuhan dan perkembangan ketiga isolat *Metarhizium* spp., kemampuan patogenesitas tiga isolat *Metarhizium* spp. terhadap *O. rhinoceros*, dan antagonisnya terhadap *G. boninense*. Pada penelitian ini terdapat 3 sub percobaan. Pengujian pertama yaitu, uji pertumbuhan dan perkembangan 3 isolat jamur *Metarhizium* spp. yang terdiri atas uji pertumbuhan koloni, uji sporulasi, dan uji viabilitas spora jamur *Metarhizium* spp.. Pengujian kedua yaitu uji patogenesitas jamur *Metarhizium* spp. terhadap larva *O. rhinoceros*. Pengujian ketiga, yaitu uji antagonis jamur *Metarhizium* spp. terhadap *G. boninense*. Dari hasil penelitian terhadap 3 isolat jamur *Metarhizium* spp. pada uji pertumbuhan, 3 isolat jamur *Metarhizium* spp. memiliki kemampuan tumbuh yang baik, namun ketiga isolat tersebut memiliki kemampuan tumbuh yang tidak

berbeda. Pada uji sporulasi dan viabilitas 3 isolat *Metarhizium* spp. memiliki kerapatan dan daya perkecambahan spora yang berbeda. Sedangkan pada uji patogenesitas pengamatan 21 hari setelah aplikasi (hsa) jamur *Metarhizium* isolat MT yang diisolasi dari *O. rhinoceros* lapang dapat menyebabkan kematian larva *O. rhinoceros* uji sebesar 88,21 %. *Metarhizium* isolat MF dpat menyebabkan kematian 36,19 % terhadap larva *O. rhinoceros*. Pada aplikasi *Metarhizum* isolat MS dapat menyebabkan kematian larva sebesar 17,02 %. Semua 3 isolat jamur *Metarhizium* spp. dapat menghambat *G. boninense* meskipun tingkat penghambatannya terbilang rendah karena tidak berbeda nyata antar perlakuannya.

Kata kunci : busuk pangkal batang kelapa sawit, *Ganoderma boninense,* jamur entomopatogen, *Metarhizium* spp., *Oryctes rhinoceros.*

KEMAMPUAN JAMUR *Metarhizium* spp. SEBAGAI ENTOMOPATOGEN LARVA *Oryctes rhinoceros* L. DAN ANTAGONIS JAMUR *Ganoderma boninense* SECARA *IN VITRO*

Oleh

KETUT SEPTIA PUTRI

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
2023

Judul Skripsi	:	**KEMAMPUAN JAMUR Metarhizium spp. SEBAGAI ENTOMOPATOGEN LARVA Oryctes rhinoceros L. DAN ANTAGONIS JAMUR Ganoderma boninense SECARA IN VITRO**
Nama Mahasiswa	:	Ketut Septia Putri
Nomor Pokok Mahasiswa	:	**1914191028**
Jurusan	:	**Proteksi Tanaman**
Fakultas	:	**Pertanian**

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

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

Dr. Radix Suharjo, S.P., M.Agr.
NIP 19810621 200501 1 003

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.**

Sekertaris : **Dr. Radix Suharjo, S.P., M.Agr.**

Penguji
Bukan Pembimbing : **Ir. Lestari Wibowo, M.P.**

2. Dekan Fakultas Pertanian

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

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **08 September 2023**

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini, menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul "**Kemampuan Jamur *Metarhizium* spp. sebagai Entomopatogen Larva *Oryctes rhinoceros* L. dan Antagonis Jamur *Ganoderma boninense* secara *In Vitro***" merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil karya orang lain. Semua hasil yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Apabila dikemudian hari terbukti bahwa skripsi ini merupakan hasil salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 02 Oktober 2023
Penulis

Ketut Septia Putri
NPM. 1914191028

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Wirata Agung, Kecamatan Seputih Mataram, Kabupaten Lampung Tengah pada tanggal 20 September 2001. Penulis adalah anak kedua dari empat bersaudara pasangan Bapak Drs. I Nengah Ngenteg dan Ibu Dra. Hestina Tristyawati. Penulis memiliki 1 kakak perempuan dan 2 adik perempuan. Penulis menyelesaikan Pendidikan Taman Kanak-kanak (TK) pada tahun 2006 di TK Saraswati. Sekolah Dasar (SD) penulis diselesaikan di SD Negeri 1 Wirata Agung pada tahun 2012, Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMP Negeri 1 Seputih Mataram pada tahun 2015, dan Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMA Negeri 1 Seputih Mataram pada tahun 2019**.**

Pada tahun 2019, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN). Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah aktif mengikuti kegiatan Himpunan Mahasiswa Proteksi Tanaman (HIMAPROTEKTA) sebagai anggota pada periode 2021 dan menjabat sebagai kepala bidang seminar dan diskusi periode 2022. Bergabung dalam organisasi Unit Kegiatan Mahasiswa fakultas Lembaga Studi Mahasiswa Pertanian (UKMF-LS MATA) sebagai anggota pada periode 2021-2022. Penulis juga merupakan anggota Unit Kegiatan Mahasiswa Hindu Universitas Lampung pada tahun 2020-2021. Penulis juga bergabung dalam organisasi Kesatuan Mahasiswa Hindu Indonesia Bandar Lampung pada tahun 2020. Pada tahun 2022 penulis telah melaksanakan Kuliah Kerja Nyata - Mandiri Putera Daerah (KKN-MDP) di Kelurahan Rejosari Mataram, Kecamatan Seputih Mataram, Kabupaten Lampung Tengah. Penulis juga telah melaksanakan Praktik Umum di PT Perkebunan

Nusantara VII Unit Rejosari-Pematang Kiwah, Kecamatan Natar, Kabupaten Lampung Selatan pada tahun 2022. Penulis pernah menjadi Asisten Dosen Mata Kuliah Pendidikan Agama (2020-2021), Hama Penting Tanaman (2022), Klinik Tanaman (2022), dan Ilmu Hama Tumbuhan (2023).

PERSEMBAHAN

Teruntuk keluargaku tercinta
Bapak “Drs. I Nengah Ngenteg” Ibu “Dra. Hestina Tristyawati” Kakakku “Made Ayu Agustin” dan kedua Adikku “Wayan Deswita Sari dan Kadek Zenia Devi”
Kupersembahkan karya kecil ini sebagai salah satu wujud kesungguhanku
Terimakasih untuk kedua orang tuaku tercinta atas limpahan cinta dan kasih sayang yang tiada hentinya, memberi dukungan baik moril maupun materil juga Kakak dan Adikku atas dukungan dan kepercayaan penuh hingga hari ini.

Teruntuk seluruh pihak yang terlibat dalam proses penyusunan ini, keluarga, pasangan, sahabat dan teman-teman seperjuangan.
Serta Almamater Tercinta Universitas Lampung.

SANWACANA

Puji syukur atas kehadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "**Kemampuan Jamur *Metarhizium* spp. sebagai Entomopatogen Larva *Oryctes rhinoceros* L. dan Antagonis Jamur *Ganoderma boninense* secara *In Vitro***".

Dalam proses penulisan skripsi ini, penulis mendapatkan bantuan, bimbingan, saran, dan kritik dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan rasa terimakasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung yang telah menyediakan fasilitas kepada penulis untuk melakukan penelitian hingga selesai.
2. Ibu Dr. Yuyun Fitriana, S.P., M.P., selaku Ketua Jurusan Proteksi Tanaman dan Pembimbing satu yang telah membimbing penulis dengan sebaik-baiknya, ilmu, saran dan nasihat yang diberikan kepada penulis.
3. Bapak Dr.Radix Suharjo, S.P., M.Agr., selaku Pembimbing kedua yang bersedia meluangkan waktu, tenaga, pikiran serta selalu memberikan dorongan kepada penulis.
4. Ibu Ir. Lestari Wibowo, M.P., selaku Ketua Penguji utama atas waktu, saran, dan ilmu yang telah diberikan dalam proses penulisan skripsi ini.
5. Seluruh staff dan dosen Fakultas Pertanian Universitas Lampung atas ilmu dan waktu bimbingan yang telah diberikan dalam proses perkuliahan ini.
6. Kedua orang tuaku tercinta, Bapak Drs. I Nengah Ngenteg dan Ibu Dra. Hestina Tristyawati, Mba ayu, Wiwit, dan Nia atas doa yang tak pernah putus, semangat, dukungan, dan kebutuhan yang selalu tersedia.

7. Kekasihku I Geda Asta Agustiawan atas segala bantuan dan dukungan yang selalu ada saat diminta maupun tidak. Doa, semangat, dan tutur penuh kehangatan yang selalu terucapkan.
8. Sahabatku Ica Kartika Cahyani, Gita Ayu Puspita, Azrah Humairah Sirait, Angraini Subasari, Atikah Ramadini Juafar, Adela Safitri, Aesah, Angely Chintana Wilyasari, Salsabila Fitra Ikhsani, Haura Rana Farahdiba, Lisa Tri Sulistianingrum, dan Hikmah Hasanah, Anisa Khoirina Rahayu, Carissa Vania Rimam Pramesti, Dinda Safa Maura, Anggun Oktaviana, Asvarraehanie Rachma Alviena atas doa, dukungan, hiburan dan selalu memberikan semangat kepada penulis selama ini.
9. Sahabat kecilku, Putu Ayu Laksmi, Nyoman Riantini, Made Bagi Rate, Ani Purwanti, Wayan Febrianti, Ketut Reka Andika, Ketut Lia Natalia.
10. Keluarga Laboratorium Bioteknologi, Mba Tari, Mba Yeyen, Bang Nando, Hafizh, Defi, Dita M, Dita O, Iis, Andreas, Puja, Syifa, Azis, dan Vina atas ilmu dan sarannya.
11. Teman - teman Jurusan Proteksi Tanaman angkatan 2019 serta Keluarga Besar HIMAPROTEKTA yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu yang memberikan rasa kekeluargaan kepada penulis selama ini.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Oleh karena itu, saran dan masukan sangat penulis harapkan, semoga karya ini dapat bermanfaat.

Bandar Lampung, 02 Oktober 2023

Ketut Septia Putri
NPM. 1914191028

DAFTAR ISI

halaman

DAFTAR ISI..... iii

DAFTAR TABEL vi

DAFTAR GAMBAR..... viii

I. PENDAHULUAN..... 1

1.1 Latar Belakang..... 1

1.2 Tujuan.....u 3

1.3 Kerangka Pemikiran..... 3

1.4 Hipotesis..... 4

II. TINJAUAN PUSTAKA..... 5

2.1 Kelapa sawit 5

2.2 Kumbang Badak (*Oryctes rhinoceros* L.) 6

2.2.1 Taksonomi Kumbang Badak (*O. rhinoceros* L.)..... 6

2.2.2 Biologi *O. rhinoceros* L. 6

2.3.2 Gejala Serangan *O. rhinoceros* L. 7

2.3 *Ganoderma boninense*..... 8

2.3.1 Taksonomi *G. boninense*..... 8

2.3.3 Penyebaran *G. boninense* 10

2.3.4 Mekanisme Serangan *G. boninense* 10

2.3.5 Gejala Serangan *G. boninense*..... 11

2.4 *Metarhizium* spp. 12

2.4.1 Taksonomi *Metarhizium* spp. 12

2.4.2 Biologi *Metarhizium* spp. 12

2.4.3 *Metarhizium* spp. sebagai jamur entomopatogen dan antagonis patogen tanaman 14

III. METODE PENELITIAN 16

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian 16

3.2 Bahan dan Alat 16

3.3 Metode Penelitian 16

3.4 Pelaksanaan Penelitian 17

3.4.1 Isolat *Metarhizium* spp. yang digunakan 17

3.4.2 Pembuatan media *Potata Dextrose Agar* (PDA) 17

3.4.3 Uji pertumbuhan dan perkembangan isolat *Metarhizium* spp. 18

3.4.4 Uji patogenesitas *Metarhizium* spp. terhadap larva *O. rhinoceros* ... 20

3.4.5 Uji antagonis *Metarhizium* spp. terhadap *G. boninense* 21

3.4.6 Analisis Data 22

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN 23

4.1 Hasil Penelitian 23

4.1.1 Uji pertumbuhan dan perkembangan jamur *Metarhizium* spp. 23

4.1.2 Kemampuan jamur *Metarhizium* spp. menyebabkan kematian larva *O. rhinoceros* 25

4.1.3 Uji antagonis jamur *Metarhizium* spp. terhadap *G. boninense* 28

4.2 Pembahasan 29

4.2.1 Pertumbuhan dan perkembangan jamur *Metarhizium* spp. 29

4.2.2 Kematian Larva *O. rhinoceros* 30

4.2.3 Gejala larva *O. rhinoceros* yang terinfeksi jamur *Metarhizium* spp. 30

4.2.4 Kemampuan *Metarhizium* spp. sebagai antagonis *G. boninense In Vitro* 31

V. SIMPULAN DAN SARAN 33

5.1 Simpulan 33
5.2 Saran 33
DAFTAR PUSTAKA 36
LAMPIRAN 40

DAFTAR TABEL

Tabel Halaman

1. Identitas isolat *Metarhizium* spp. yang digunakan..... 17
2. Pertumbuhan koloni jamur *Metarhizium* spp..... 23
3. Sporulasi jamur isolat MF, MS, dan MT. 24
4. Viabilitas spora jamur dengan isolat MF, MS, dan MT..... 24
5. Persentase mortalitas larva *O. rhinoceros*..... 25
6. Persentase daya hambat *Metarhizuim* spp. terhadap *G. boninense*..... 28
7. Data Pertumbuhan *Metarhizium* spp. 2 hsi. 46
8. Hasil analis ragam uji pertumbuhan 2 hsi. 46
9. Data Pertumbuhan *Metarhizium* spp. 3 hsi. 46
10. Hasil analisis ragam uji pertumbuhan 3 hsi. 46
11. Data Pertumbuhan *Metarhizium* spp. 4 his. 46
12. Hasil analisis ragam uji pertumbuhan 4 hsi. 46
13. Data Pertumbuhan *Metarhizium* spp. 5 hsi. 47
14. Hasil analisis ragam uji pertumbuhan 5 hsi. 47
15. Data Pertumbuhan *Metarhizium* spp. 6 hsi. 47
16. Hasil analisis ragam uji pertumbuhan 6 hsi. 47
17. Data Pertumbuhan *Metarhizium* spp. 7 hsi. 47
18. Hasil analisis ragam uji pertumbuhan 7 hsi. 47
19. Data Pertumbuhan *Metarhizium* spp. 8 hsi. 48
20. Hasil analisis ragam uji pertumbuhan 8 hsi. 48
21. Data Pertumbuhan *Metarhizium* spp. 9 hsi. 48
22. Hasil analisis ragam uji pertumbuhan 9 hsi. 48
23. Data Pertumbuhan *Metarhizium* spp. 10 hsi. 48
24. Hasil analisis ragam uji pertumbuhan 10 hsi. 48

25. Sporulasi ketiga isolat *Metarhizium* spp. 49
26. Viabilitas ketiga isolat jamur *Metarhizium* spp. 49
27. Persentase data kumulatif mortalitas larva pada 7 hsa..... 49
28. Analisis ragam mortalitas larva pada 7 hsa..... 49
29. Persentase data kumulatif mortalitas larva pada 14 hsa..... 50
30. Analisis ragam mortalitas larva pada 14 hsa..... 50
31. Persentase data kumulatif mortalitas larva pada 21 hsa..... 50
32. Analisis ragam mortalitas larva pada 21 hsa..... 50
33. Persentase daya hambat *Metarhizium* spp. terhadap *G. boninense* 2 hsi..... 53
34. Hasil analisis daya hambat *Metarhizium* spp. terhadap *G. boninense* 2 hsi. .. 53
35. Persentase daya hambat *Metarhizium* spp. terhadap *G. boninense* 3 hsi..... 53
36. Hasil analisis ragam daya hambat *Metarhizium* spp. terhadap *G. boninense* 3 hsi..... 53
37. Persentase daya hambat *Metarhizium* spp. terhadap *G. boninense* 4 hsi..... 53
38. Hasil analisis ragam daya hambat *Metarhizium* spp. terhadap *G. boninense* 4 hsi..... 53
39. Persentase daya hambat *Metarhizium* spp. terhadap *G. boninense* 5 hsi..... 54
40. Hasil analisis ragam daya hambat *Metarhizium* spp. terhadap *G. boninense* 5 hsi..... 54
41. Persentase daya hambat *Metarhizium* spp. terhadap *G. boninense* 6 hsi..... 54
42. Hasil analisis ragam daya hambat *Metarhizium* spp. terhadap *G. boninense* 6 hsi..... 54
43. Persentase daya hambat *Metarhizium* spp. terhadap *G. boninense* 7 hsi..... 54
44. Hasil analisis ragam daya hambat *Metarhizium* spp. terhadap *G. boninense* 7 hsi..... 55
45. Persentase daya hambat *Metarhizium* spp. terhadap *G. boninense* 8 hsi..... 55
46. Hasil analisis ragam daya hambat *Metarhizium* spp. terhadap *G. boninense* 8 hsi..... 55

DAFTAR GAMBAR

Gambar Halaman

1. Stadia hama *O. rhinoceros.* (a) Telur *O. rhinoceros.* (b) Larva *O. rhinoceros.* (c) Pupa *O. rhinoceros* (d) Imago jantan dan betina *O. rhinoceros* (Josephrajkumar *et al*., 2018)..... 7
2. Gejala bekas potongan berbentuk huruf V akibat serangan *O. rhinoceros* (Bandu dkk., 2018). 8
3. Jamur *G. boninense*; (a) Tubuh Buah *G. boninense*; (b) Koloni *G. boninense* pada media agar (Fitriani dkk., 2015). 10
4. Serangan berat oleh *G. boninense* ditandai munculnya tubuh buah pada pangkal batang kelapa sawit (Payung, 2019). 11
5. Bentuk konidia *M. anisopliae* (Siswanto dan Trisawa, 2013). 13
6. *Metarhizium* sp. pada media agar. 14
7. Pengukur diameter pertumbuhan jamur *Metarhizium* spp.; a) *Metarhizium* spp. 18
8. *Haemocytometer*. 19
9. Pengujian viabilitas spora *Metarhizium* spp. pada media PDA. (A) titik suspensi ulangan 1; (B) titik suspensi ulangan 2; (C) titik suspensi ulangan 3. 20
10. Uji antagonis kultur ganda; D1 diameter *G.boninense* pada kontrol; D2= diameter *G. boninense* pada kultur ganda. 22
11. Larva *O. rhinoceros* yang terinfeksi *Metarhizium* spp.;(a). isolat MT pada 2 hsm; (b) isolat MT pada 4 hsm; (c). isolat MT pada 5 hsm; (d). isolat MF pada 2 hsm; (e). isolat pada MF 4 hsm; (f). isolat MF pada 5 hsm. 26
12. Mikroskopis jamur *Metarhizium* spp. yang tumbuh pada larva *O. rhinoceros*. (a). perlakuan MF; (b). perlakuan MT. 27

13. Larva *O. rhinoceros* yang diaplikasikan dengan jamur isolat MS;
(a) 2 hsm; (b) 3 hsm; (c) 5 hsm. 27
14. Daya hambat oleh *Metarhizium* spp. terhadap *G. boninense* pada 8 HSI.
(a) kontrol; (b) MS; (c) MT; (D) MF. 29
15. Pertumbuhan koloni jamur *Metarhizium flavoviride.* (a) 2 hsi; (b)4 hsi;
(c) 6 hsi; (d) 8 hsi; (e) 10 hsi. 41
16. Pertumbuhan koloni jamur *Metarhizium* spp. isolat MS. (a) 2 hsi;
(b) 4 hsi; (c) 6 hsi; (d) 8 hsi; (e) 10 hsi. 42
17. Pertumbuhan koloni jamur *Metarhizium* spp. isolat MT. (a) 2 hsi;
(b) 4 hsi; (c) 6 hsi; (d) 8 hsi; (e) 10 hsi. 43
18. Sporulasi *Metarhizium* spp. (a) MF; (b) MS; (c) MT. 44
19. Viabilitas spora *Metarhizium* spp. (a) MF; (b) MS; (c) MT. 45

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara produsen sawit terbesar kedua di dunia. Luas areal perkebunan sawit di Indonesia pada tahun 2015 tercatat 11,3 juta ha dan pada 2019 naik menjadi 14,68 juta ha, dengan produksi tandan buah segar pada tahun 2019 mencapai 43 juta ton pertahun (Patone dkk., 2020). Lampung merupakan provinsi ke-13 dengan produksi hasil kelapa sawit terbesar di Indonesia. Luas areal perkebunan kelapa sawit di Lampung tercatat mencapai 193.004 ha pada tahun 2019. Produksi *Crude Palm Oil* (CPO) yang dihasilkan pada tahun 2019 mencapai 414.206 ton (Direktorat Statistik Tanaman Pangan, Hortikultura, dan Perkebunan, 2020).

Salah satu kendala dalam pengelolaan tanaman kelapa sawit adalah adanya serangan hama dan patogen tanaman. Hama penggerek pucuk (*Oryctes rhinoceros* L.) dan penyakit busuk pangkal batang (BPB) yang disebabkan oleh *Ganoderma boninense* merupakan hama dan penyakit utama pada tanaman kelapa sawit. Kerugian yang ditimbulkan akibat serangan hama dan patogen ini cukup besar hingga menyebabkan kematian tanaman kelapa sawit. Oleh karena itu perlu segera dicari solusinya.

Serangan hama *O. rhinoceros* dapat merugikan secara langsung maupun secara tidak langsung. Kerugian secara langsung dengan menyebabkan tanaman mati akibat terserangnya titik tumbuh tanaman kelapa sawit. Kerugian secara tidak langsung dengan rusaknya pelepah kelapa sawit yang menyebabkan penurunan produksi. Menurut Herman dkk. (2012), *O. rhinoceros* mengakibatkan produksi

tandan buah segar mengalami penurunan mencapai 69% pada tahun pertama dan menyebabkan tanaman mati sebesar 25% pada tanaman belum menghasilkan.

Penyakit BPB yang disebabkan oleh *G. boninense* menyebabkan kerugian ekonomi yang serius bagi industri kelapa sawit. Zakaria dkk. (2005) melaporkan bahwa pada kebun peremajaan, kematian tanaman akibat busuk pangkal batang dapat mencapai 60%. Potensi kerugian akibat penyakit BPB di Indonesia diperkirakan mencapai lebih dari USD 250 juta untuk setiap 1% tingkat kejadian penyakit di lapangan (Darmono, 2011). Oleh karena itu, busuk pangkal batang dianggap sebagai ancaman serius industri kelapa sawit di negara-negara Asia Tenggara (Saragih dkk., 2019).

Saat ini, pestisida sintetik menjadi alternatif pengendalian utama penyakit busuk pangkal batang dan penggerek pucuk kelapa sawit. Penggunaan pestisida sintetik secara terus-menerus telah banyak dilaporkan dapat membahayakan keselamatan hayati termasuk manusia dan keseimbangan ekosistem (Suwahyono, 2009). Pengendalian menggunakan pestisida sintetik akan meninggalkan residu berbahaya pada tanaman maupun lingkungan. Selain itu, penggunaan pestisida sintetik juga dapat menyebabkan resistensi dan resurjensi (Semangun, 2007). Sehingga perlu dicari alternatif pengendalian yang ramah lingkungan seperti penggunaan agens hayati.

Jamur *Metarhizium* spp. merupakan agens hayati yang telah banyak dilaporkan mampu mengendalikan berbagai jenis hama dan patogen tanaman. Selain sebagai jamur entomopatogen bagi larva *O. rhinoceros* (Mangoendiharja dan Mahrub, 1970), *Metarhizium* spp. juga dilaporkan dapat menjadi antagonis patogen tanaman seperti *Fusarium* sp. (Rachmawati dkk., 2016), dan dapat menghambat pertumbuhan jamur *Rhizoctonia solani* (Indahsari, 2018).

Di Laboratorium Bioteknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, terdapat beberapa isolat jamur *Metarhizium* spp. yang telah dilakukan pengujian pada serangga seperti wereng, patogen *Rigidoporus microporus* akan tetapi hingga saat ini belum diketahui kemampuannya sebagai entomopatogen larva *O. rhinoceros* dan antagonis *G. boninense*. Oleh karena itu, perlu dilakukan

penelitian untuk mengetahui potensi dari *Metarhizium* spp. koleksi Laboratorium Bioteknologi Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Lampung sebagai entomopatogen bagi larva *O. rhinoceros* dan antagonis *G. boninense.*

1.2 Tujuan

Tujuan penelitian ini sebagai berikut.

1. Mengetahui kemampuan pertumbuhan koloni, kerapatan spora, dan viabilitas spora jamur *Metarhizium* spp. koleksi Laboratorium Bioteknologi Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
2. Mengetahui kemampuan isolat *Metarhizium* spp. koleksi Laboratorium Bioteknologi Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Lampung sebagai entomopatogen larva *O. rhinoceros* L.
2. Mengetahui kemampuan isolat *Metarhizium* spp. koleksi Laboratorium Bioteknologi Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Lampung dalam menekan pertumbuhan *G. boninense* secara *In Vitro*.

1.3 Kerangka Pemikiran

Jamur *G. boninense* dan *O. rhinoceros* merupakan organisme pengganggu tanaman (OPT) penting pada tanaman kelapa sawit. Alternatif pengendalian OPT yang ramah lingkungan salah satunya adalah dengan memanfaatkan agens hayati seperti jamur entomopatogen. Selain dimanfaatkan sebagai pengendali serangga, beberapa jamur entomopatogen juga dapat menekan pertumbuhan patogen tanaman.

Metarhizium spp. merupakan jamur yang dapat menginfeksi serangga dari ordo Lepidoptera, Isoptera, Hemiptera, dan Coleoptera. *Metarhizium* spp. dapat secara langsung membunuh serangga pada fase larva melalui aktivitas enzimatis (Septiana, 2015). Athifa dkk. (2018) menyatakan bahwa jamur *M. anisopline* mampu menyebabkan kematian larva uji *O. rhinoceros* mencapai 100%. Sementara itu, menurut penelitian Jarlina (2019), *M. flavoviride* dapat menyebabkan kematian hama wereng dan walang sangit.

Selain sebagai patogen serangga, jamur entomopatogen juga berpotensi sebagai antagonis jamur patogen tanaman. *Beauveria* sp. dilaporkan dapat menghambat pertumbuhan *F. solani* melalui mekanisme antibiosis (Halwiyah dkk., 2019) dan memiliki aktivitas anti jamur yang efektif terhadap *F. oxysporum* penyebab penyakit layu pada tanaman tomat (Culebro-Ricaldi *et al*., 2017). Sementara itu, *Metarhizium* spp. dapat menjadi antagonis dari patogen seperti *Fusarium* sp. (Rachmawati dkk., 2016) dan dapat menghambat pertumbuhan jamur *Rhizoctonia solani* (Indahsari dkk., 2018). Oleh sebab itu, jamur entomopatogen yang bersifat antagonis terhadap patogen tanaman dapat menjadi alternatif pengendalian biologi patogen tanaman (Listiyowati dkk., 2023).

1.4 Hipotesis

Hipotesis yang diajukan adalah sebagai berikut.

1. Isolat *Metarhizium* spp. koleksi Laboratorium Bioteknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung mempunyai kemampuan tumbuh berbeda-beda.
2. Isolat *Metarhizium* spp. koleksi Laboratorium Bioteknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung mampu menginfeksi dan menyebabkan kematian larva *O. rhinoceros* L.
3. Isolat *Metarhizium* spp. koleksi Laboratorium Bioteknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung mampu menekan pertumbuhan jamur *G. boninense*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kelapa sawit

Klasifikasi tanaman kelapa sawit menurut Pahan (2012), yaitu:

Divisi : Embryophyta Siphonagama
Kelas : Angiospermae
Ordo : Monocotyledonae
Famili : Arecaceae (Palmae)
Subfamili : Cocoideae
Genus : *Elaeis*
Spesies : *Elaeis guineensis* Jacq.

Produksi kelapa sawit di Lampung pada tahun 2017-2021 mengalami kenaikan dan penurunan. Pada tahun 2017 produksi CPO sebesar 486.714 ton. Pada tahun 2018 produksi CPO mengalami kenaikan yakni menjadi 487.203 ton. Produksi CPO pada tahun 2019 mengalami penurunan sehingga menjadi 414.206 ton. Pada tahun 2020, angka sementara produksi CPO sebesar 384.948 ton. Pada tahun 2021 menunjukkan angka estimasi produksi CPO sebesar 395.967 ton. Produksi CPO di provinsi Lampung berasal dari luas lahan kelapa sawit sebesar 81.233 ha tanaman menghasilkan (TM) (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2019).

Produksi kelapa sawit dipengaruhi oleh perawatan yang dilakukan. Pemupukan yang tidak tepat dapat menyebabkan tanaman berproduksi kurang optimal. Selain pemupukan, produksi kelapa sawit juga dipengaruhi oleh adanya serangan hama dan penyakit yang dapat menyebabkan penurunan tingkat produksi kelapa sawit

akibat gangguan fisiologis oleh hama dan patogen tanaman. Sehingga tindakan pemeliharaan yang benar sangatlah penting dalam usaha peningkatan produksi (Sastrosayono, 2003).

2.2 Kumbang Badak (*Oryctes rhinoceros* L.)

2.2.1 Taksonomi Kumbang Badak (*O. rhinoceros* L.)

Klasifikasi Kumbang Badak (*O. rhinoceros* L.) menurut Kalshoven (1981) sebagai berikut.

Kingdom : Animalia
Filum : Arthropoda
Kelas : Insekta
Ordo : Coleoptera
Family : Scarabaeidae
Genus : *Oryctes*
Spesies : *Oryctes rhinoceros* L.

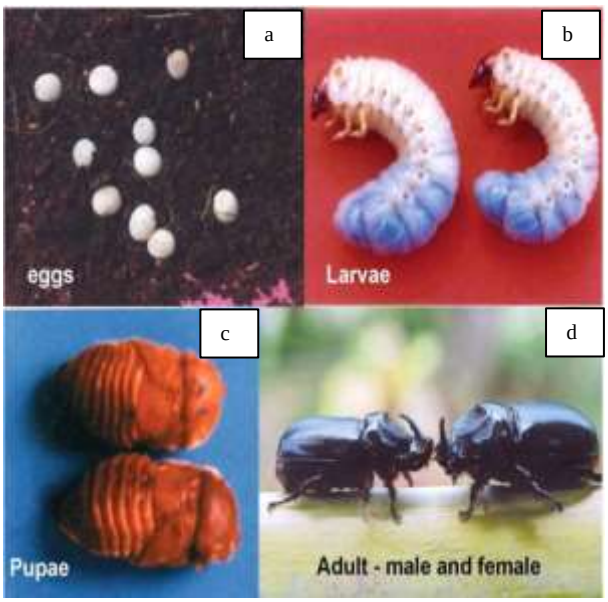
Kumbang badak *O. rhinoceros* L. merupakan hama penggerek pucuk kelapa sawit. Hama *O. rhinoceros* menyerang tanaman kelapa sawit umur 2,5 tahun dengan merusak pelepah daun dan tajuk tanaman. Hal ini mengakibatkan produksi tandan buah segar mengalami penurunan mencapai 69% pada tahun pertama. Selain itu, *O. rhinoceros* juga dapat mematikan tanaman muda mencapai 25%. Hal ini disebabkan adanya tumpukan tandan kosong kelapa sawit atau sisa tumbuhan kayu yang sudah membusuk di lapangan sebagai tempat berkembang biak larva *O. rhinoceros.* Hama *O. rhinoceros* juga menyerang bagian pangkal pelepah yang belum membuka. Akibat serangan hama ini proses fotosintesis terganggu dan akan berpengaruh pada pertumbuhan serta produktivitas tanaman kelapa sawit (Siahaan dan Syahnen, 2013).

2.2.2 Biologi *O. rhinoceros* L.

Imago *O. rhinoceros* berukuran 40-50 mm, berwarna coklat kehitaman, pada bagian kepala terdapat tanduk kecil. Pada betina, ujung abdomen terdapat bulu-

bulu halus. Kumbang menggerek pupus yang belum terbuka mulai dari pangkal pelepah, terutama pada tanaman muda di areal peremajaan. Larva berwarna putih kekuningan, panjangnya 40-60 mm, berbulu halus, mempunyai rahang yang besar dan kuat. Pupanya berwarna coklat kekuningan, berkembang dalam kokon yang terbuat dari hancuran serat-serat pohon (Salbiah dkk., 2013).

Lama siklus hidup hama ini 6-7 bulan dimana stadium telur 1-13 hari, setelah 12 hari telur akan menetas menjadi larva. Lama stadium larva mencapai 2-4 bulan (Gambar 1). Stadium larva terdiri dari tiga instar yaitu instar I selama 11-21 hari, instar II selama 12-21 hari, dan instar III selama 60-165 hari. Larva instar III normal memiliki ukuran 10-12 cm. Stadium kumbang berlangsung 3-4 bulan. Kumbang berpindah dari satu pohon ke pohon lain tiap 4-7 hari (Erawati dan Wardati, 2016).



Gambar 1. Stadia hama *O. rhinoceros.* (a) Telur *O. rhinoceros.* (b) Larva *O. rhinoceros.* (c) Pupa *O. rhinoceros* (d) Imago jantan dan betina *O. rhinoceros* (Josephrajkumar *et al*., 2018).

2.3.2 Gejala Serangan *O. rhinoceros* L.

Kumbang berpindah-pindah dari satu tanaman ke tanaman lain setiap 4-5 hari, sehingga seekor kumbang dapat merusak 6-7 pohon/bulan. *O. rhinoceros* hinggap

pada daun agak muda kemudian mulai menggerek kearah titik tumbuh kelapa sawit. Panjang lubang gerekan dapat mencapai 4,2 cm dalam sehari (Salbiah dkk., 2013).

Gejala yang ditimbulkan akibat serangan kumbang *O. rhinoceros* yaitu adanya bekas gerekan imago *O. rhinoceros* pada bagian tajuk tanaman pada bagian daun yang belum membuka. Kumbang dewasa terus masuk dan menggerek bagian ketiak pelepah daun yang paling atas meninggalkan bekas potongan yang berbetuk seperti huruf V (Gambar 2). Selain gejala serangan pada pelepah daun, gejala lain yaitu, buah jatuh sebelum waktunya akibatnya produktivitas tandan buah segar (TBS) maupun buah kelapa sawit menurun, dan pada tingkat serangan berat tanaman kelapa sawit dapat mati. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengendalian untuk dapat mengendalikan hama utama tanaman kelapa sawit (Ratmawati, 2014).

Gambar 2. Gejala bekas potongan berbentuk huruf V akibat serangan *O. rhinoceros* (Bandu dkk., 2018).

2.3 *Ganoderma boninense*

2.3.1 Taksonomi *G. boninense*

Secara sistematika menurut Yanti dan Susanto (2004), *G. boninense* tergolong ke dalam :

Kingdom : Mycota
Fylum : Basidiomycota
Kelas : Basidiomycetes
Ordo : Polyporales
FamIly : Polyporaceae

Divisi : Eymycophyta
Genus : *Ganoderma*
Spesies : *Ganoderma boninense*

G. boninense termasuk ke dalam filum Basidiomycota, yaitu jamur multiseluler yang hifanya bersekat. Hifa vegetatifnya berada di substratnya sendiri seperti di kulit kayu, tanah dan serasah daun. Hifa generatif ada yang membentuk tubuh buah maupun tidak. Tubuh buahnya berukuran makroskopik dan memiliki bermacam bentuk seperti payung, kuping dan setengah lingkaran. Basidiokarp jamur ini ada yang memiliki batang, ada pula yang tidak. Reproduksi terjadi secara aseksual dengan membentuk konidiospora dan reproduksi seksual terjadi antar hifa yang berbeda jenis menghasilkan spora seksual (Nadiah, 2013).

Tubuh buah *G. boninense* dapat mencapai diameter 30 cm (Gambar 3). Warna permukaan atas tubuh buah berwarna kecoklatan dengan garis putih kekuningan. Pada saat matang, bagian atas tubuh buah mengkilat. Permukaan bawah berwarna putih suram yang terdiri atas pori tempat terbentuknya basidium berupa tabung hialin bulat dengan diameter 12 μm, basidiospora berwarna kecoklatan dengan ukuran 11 μm x 7-8 μm (Susanto dkk., 2013). Pada media agar *G. boninense* memiliki koloni berwarna putih. Secara mikroskopis basidiospora *G. boninense* adalah uniseluler, haploid, berbentuk ellipsoid, bujur atau truncate. Sumber patogen *G. boninense* yaitu inokulum yang ditinggalkan oleh tanaman inang alternatif, inokulum yang berasal dari kelapa sawit terinfeksi (disebarkan oleh kontak akar) dan basidiospora yang diterbangkan angin (diproduksi dan dilepaskan oleh tubuh buah atau sporofor) (Fee, 2011).

Gambar 3. Jamur *G. boninense*; (a) Tubuh Buah *G. boninense*; (b) Koloni *G. boninense* pada media agar (Fitriani dkk., 2015).

2.3.3 Penyebaran *G. boninense*

Tubuh buah atau sporofor *G. boninense* merupakan tempat spora yang menghasilkan spora dalam jumlah yang banyak. Basidiospora *G. boninense* yang sangat kecil ukurannya, tersebar melalui bantuan pergerakan udara dan angin yang kencang. Menurut Turner (1981), basidiospora tidak memiliki peran penting dalam menyebarkan penyakit di perkebunan, namun basidiospora yang berkoloni membentuk substrat baru dan dapat menyebabkan terjadinya infeksi baru. Basidiospora dibebaskan dan menyebar secara besar-besaran pada pukul 22.00-06.00, dan lebih sedikit pada pukul 12.00-16.00. Penyebaran ini juga biasanya dibantu oleh kumbang *O. rhinoceros* (Susanto dkk., 2013). Penyakit busuk pangkal batang pada umumnya menyerang tanaman kelapa sawit generasi kedua atau ketiga, sehingga lebih rentan terserang dibandingkan dengan generasi pertama (Purba dkk., 2005).

2.3.4 Mekanisme Serangan *G. boninense*

G. boninense lebih cepat menyerang tanaman kelapa sawit dilahan gambut karena tunggul-tunggul kelapa sawit yang masih tersisa dalam tanah merupakan sumber infeksi utama pada kebun peremajaan. Jamur *G. boninense* dapat menyerang kelapa sawit pada tahap produksi dan pembibitan. Gejala yang khas sebelum terbentuknya tubuh buah jamur ditandai dengan adanya pembusukan pada pangkal batang yang menyebabkan busuk kering pada jaringan dalam (Semangun, 2008). Pada jaringan batang yang busuk, lesio tampak sebagai daerah berwarna

coklat muda disertai adanya daerah berwarna gelap berbentuk pita tidak beraturan. Jaringan korteks akar yang sakit berubah warna dari putih menjadi coklat. Pada serangan yang sudah lanjut, jaringan korteks rapuh dan mudah hancur.

2.3.5 Gejala Serangan *G. boninense*

G. boninense lebih mudah menyerang akar dan pangkal batang sawit pada daerah yang lembap dan pada lahan yang tidak dilakukan rotasi tanaman. *G. boninense* dapat meluas melalui kontak akar sehat atau sakit. Gejala awal terlihat daun tanaman yang sakit tampak pucat, lebih dari 3 pelepah termuda tidak membuka seperti tombak. Setelah gejala awal muncul tanaman kelapa sawit kurang lebih akan mati dalam 6-12 bulan. Pada serangan berat daun-daun tua menjadi layu dan berubah menjadi kuning. Terbentuknya badan buah *G. boninense* pada pangkal batang (Gambar 4). Badan buah berbentuk bulat, diameter 1-20 cm, bagian atas berwarna putih abu-abu kotor sedangkan bagian pinggir membengkok, mengeras dengan warna putih. Jika batang tanaman diketok, menunjukkan bunyi yang berbeda dengan tanaman yang sehat. Apabila dibongkar, terlihat gejala pembusukan pada pangkal batang yang berwarna coklat kehitaman (Susanto dkk., 2013).

Gambar 4. Serangan berat oleh *G. boninense* ditandai munculnya tubuh buah pada pangkal batang kelapa sawit (Payung, 2019).

2.4 *Metarhizium* spp.

2.4.1 Taksonomi *Metarhizium* spp.

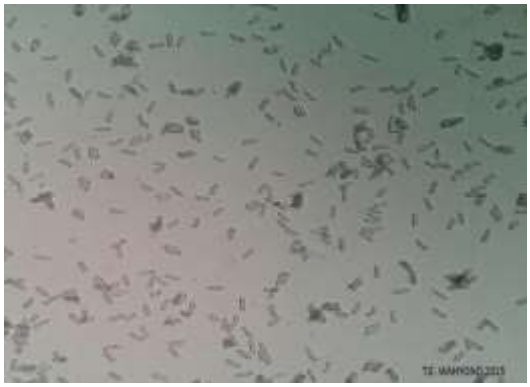
Menurut Bischoff *et al.* (2009), klasifikasi jamur *Metarhizium* sp. adalah sebagai berikut:

Kingdom : Eumycota
Filum : Ascomycota
Kelas : Sardariomycetes
Ordo : Hypocreales
Famili : Clavicipitaceae
Genus : *Metarhizium*

Metarhizium sp. merupakan jamur entomopatogen yang dikembangkan sebagai insektisida mikroba. Pengendalian menggunakan jamur *Metarhizium* sp. sudah dilakukan sejak 85 tahun yang lalu. Pengendalian ini digunakan di beberapa negara yang memiliki lahan pertanaman kelapa maupun kelapa sawit termasuk Indonesia. Jamur *Metarhizium* sp. dilaporkan menginfeksi beberapa jenis serangga dari ordo Lepidoptera, Isoptera, Hemiptera, dan Coleoptera, dan (Perwira, 2016).

2.4.2 Biologi *Metarhizium* spp.

Morfologi *M. anisopliae* yaitu konidiofor berbentuk tegak, spora berbentuk silindris atau lonjong dengan panjang 6-16 mm. Miselianya berupa septa serta konidia berbentuk lonjong (Gambar 5). Jamur *M. anisopliae* tumbuh dan berkembang pada pH 3,3-8,5. Suhu optimum bagi pertumbuhan dan perkembangan spora berkisar 22-30 °C. *M. anisopliae* merupakan pilihan dalam mengendalikan populasi serangga hama karena menyebabkan penyakit "*green muscardin fungus*" terhadap serangga sasaran (Idham, 2007).



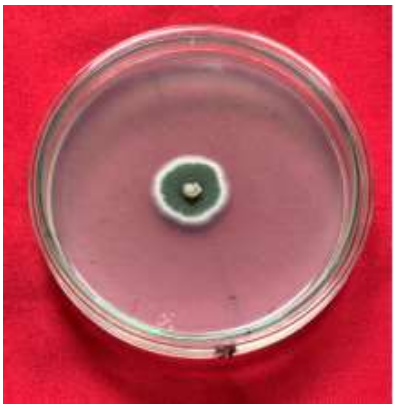
Gambar 5. Bentuk konidia *M. anisopliae* (Siswanto dan Trisawa, 2013).

M. anisopliae menyerang larva dengan cara masuk ke dalam tubuh larva tersebut.Terdapat dua cara *M. anisopliae* masuk ke tubuh larva yaitu *passive entry* dan *active entry*. *Passive entry* yaitu dengan cara inang menelan individual patogen selama proses makan. Sedangkan *active entry* adalah ketika patogen masuk melalui lubang alami atau penetrasi langsung ke kutikula serangga. Kemampuan stadia infektif *M. anisopliae* untuk bertahan hidup di luar inangnya adalah faktor utama dalam pengembangan biosinsektisida berbahan aktif jamur *M. anisopliae*.

Salah satu manfaat dari penggunaan bioinsektisida berbahan aktif jamur *M. anisopliae* adalah esensial karena tidak toksik bagi manusia dan vertebrata lainnya. Umumnya bioinsektisida ini menyerang pada hama tertentu dan jarang yang berdampak buruk pada serangga berguna. Bioinsektisida juga cepat mengalami penurunan aktivitas di lapang dan tidak persisten. Kenyataan ini membuat bioinsektisida itu perlu diaplikasikan berkali-kali untuk memberi efek pengendalian yang berarti bagi serangga hama (Irwan, 2016).

Jamur *M. anisopliae* dapat dikembangkan dalam beberapa media seperti *Potato Dextrose Agar* (PDA), jagung, beras dan lain sebagainya. Jamur *M. anisopliae* bersifat saprofit jika ditumbuhkan pada media buatan. Pada awal pertumbuhan konidium membengkak dan membentuk tabung-tabung kecambah. Tabung kecambah kemudian memanjang dan membentuk cabang setelah 30 jam. Beberapa cabang membentuk konidiofor yang pendek dan bercabang. Miselia jamur berwarna putih pada bagian tepi koloni setelah masa inkubasi 14 hari dan

miselia jamur berangsur angsur berwarna hijau (Gambar 6) (Petani Pengembang Agensia Pengendali Hayati, 2010).



Gambar 6. *Metarhizium* sp. pada media agar.

2.4.3 *Metarhizium* spp. sebagai jamur entomopatogen dan antagonis patogen tanaman

Menurut Darwis dan Wahyunita (2015), jamur *M. anisopliae* mampu menyebabkan kematian pada serangga karena jamur ini memiliki aktivitas larvasida yaitu mampu menghasilkan senyawa *dextruxin* A, B, C, D, E dan *demethyl destruxintin* yang dipertimbangkan sebagai bahan insektisida generasi baru. Efek yang ditimbulkan dari senyawa *destruxin* yaitu pada organel target seperti mitokondria, retikulum endoplasma dan membran nukleus yang menyebabkan parasitis sel dan kelainan fungsi terhadap lambung tengah, tabung malpigi, hemosol dan jaringan otot. Ciri larva yang terinfeksi jamur *M. anisopliae* adalah larva yang mati berwarna putih pucat dan bagian posterior mengecil, lama kelamaan menjadi kaku.

Terdapat empat tahap *Metarhizium* sp. untuk menginfeksi inangnya yaitu dengan inokulasi, penempelan, penetrasi, dan destruksi. Tahap pertama yaitu inokulasi merupakan kontak antara propagul jamur dengan tubuh serangga. Tahap kedua adalah proses penempelan dan perkecambahan propagul jamur pada integumen serangga. Ketiga, penetrasi dan invasi,yaitu jamur melakukan penetrasi menembus integumen dapat membentuk tabung kecambah (*appresorium*). 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 beredar ke dalam *haemolymph*, membentuk hifa sekunder untuk menyerang jaringan lain. Umumnya semua jaringan dan cairan tubuh seranggga habis digunakan oleh jamur, sehingga serangga dengan tubuh yang mengeras dan terdapat miselium jamur atau disebut dengan mumifikasi (Setiawan, 2012).

Metarhizium spp. dilaporkan menunjukkan aktivitas antagonis terhadap *Fusarium* sp.. Hal ini menunjukan *Metarhizium* spp. memiliki potensi sebagai agens pengendali yang dapat menghambat jamur patogen *Fusarium* sp. meskipun tingkat penghambatnya terbilang rendah yaitu 20,43% (Picardal *et al*., 2019). Menurut Rachmawati dkk. (2016), mekanisme antagonis *M. anisopliae* terhadap *Fusarium* sp. adalah kompetisi dan antibiosis. Penelitian lain juga menyebutkan bahwa *Metarhizium* sp. menekan perkembangan *Phytophthora capsici* sebesar 9,32% (Anggraini, 2020), dan menghambat pertumbuhan jamur *Rhizoctonia solani* (Indahsari, 2018).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Bioteknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Penelitian ini dilaksanakan pada Januari-Juli 2023.

3.2 Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah 3 isolat *Metarhizium* spp. dan isolat *G. boninense* yang merupakan koleksi Laboratorium Bioteknologi Fakultas Pertanian Universitas Lampung, larva *O. rhinoceros,* alkohol 70%, agar batang, *dextrose monohydrate*, akuades, asam laktat. Media biakan yang digunakan yaitu *Potato Dextrose Agar* (PDA).

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu, *laminar air flow* (LAF), autoklaf, *microwave, shaker*, bor gabus, jarum ose, tabung erlenmeyer, cawan petri, mikro pipet, lampu bunsen, gelas ukur, *alumunium foil*, plastik wrap, nampan, plastik tahan panas, *haemocytometer*.

3.3 Metode Penelitian

Pada pelaksanaan penelitian ini isolat *Metarhizium* spp. yang digunakan sebanyak 3 isolat. Isolat tersebut merupakan koleksi Laboratorium Bioteknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Penelitian ini terdiri dari 3 percobaan, yaitu. 1) uji pertumbuhan dan perkembangan jamur yang terdiri atas uji pertumbuhan koloni, uji sporulasi, dan uji viabilitas spora isolat

Metarhizium spp., 2) uji kemampuan antagonis *Metarhizium* spp. terhadap *G. boninense*, 3) uji kemampuan patogenesitas jamur *Metarhizium* spp. terhadap larva *O. rhinoceros.*

3.4 Pelaksanaan Penelitian

3.4.1 Isolat *Metarhizium* spp. yang digunakan

Sebanyak 3 isolat *Metarhizium* spp. akan digunakan pada penelitian ini. Isolat tersebut merupakan koleksi dari Laboratorium Bioteknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Semua isolat terindikasi sebagai *Metarhizium* spp. (Tabel 1).

Tabel 1. Identitas isolat *Metarhizium* spp. yang digunakan

Nama isolat	Kode isolat	Asal isolasi	Tahun isolasi
M. flavoviridae	MF	Rhizosfer jagung	2016
Meta hebat	MT	*Oryctes rhinoceros*	2021
Metarhizium sp.	MS	*Spodoptera frugiperda*	2021

3.4.2 Pembuatan media *Potata Dextrose Agar* (PDA)

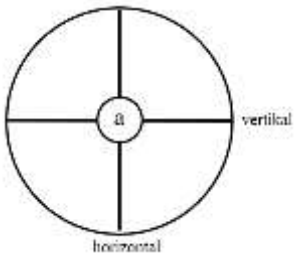
Pembuatan media PDA diawali dengan merebus 200 g kentang dalam 1 L akuades hingga mendidih. Kemudian 1 L ekstrak kentang dituang pada erlenmeyer yang telah berisi 20 g *dextrose* dan 20 g agar batang. Setelah itu, media ditutup menggunakan *alumunium foil* dan karet dan disterilkan dengan autoklaf pada suhu 121℃ dengan tekanan 1 atm selama 15 menit. Kemudian pada PDA ditambahkan 1400 μL asam laktat untuk 1 L media PDA, media dituang ke dalam cawan hingga padat dan media siap digunakan.

3.4.3 Uji pertumbuhan dan perkembangan isolat *Metarhizium* spp.

Uji pertumbuhan koloni terdiri atas 3 perlakuan dan 6 ulangan, sporulasi terdiri atas 3 perlakuan dengan 5 ulangan, sedangkan viabilitas spora terdiri atas 3 perlakuan dan 3 ulangan.

3.4.3.1 Uji pertumbuhan koloni

Pengujian kemampuan tumbuh isolat *Metarhizium* spp. dilakukan dengan cara menumbuhkan 1 bor gabus berdiameter 0,5 cm biakan murni *Metarhizium* spp. yang berusia 10 hari setelah diremajakan pada cawan petri yang berisi media PDA. Pengamatan pertumbuhan diameter koloni *Metarhizium* spp. dilakukan setiap hari selama 10 hari dengan cara mengukur diameter jamur secara vertikal dan horizontal. Diameter koloni dihitung dengan cara menjumlahkan diameter vertikal dan horizontal dan dibagi dua (Gambar 7).

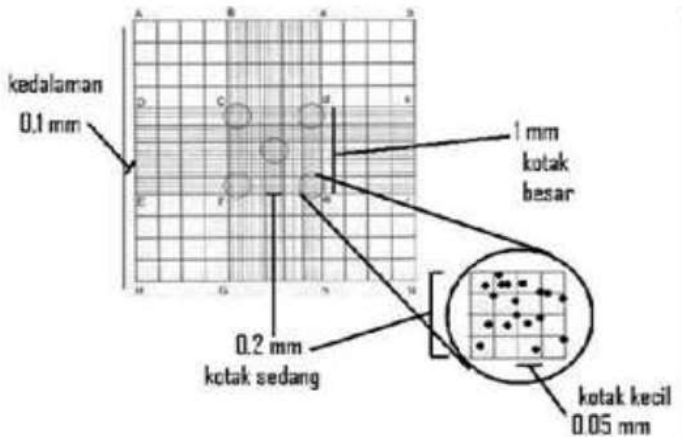


Gambar 7. Pengukur diameter pertumbuhan jamur *Metarhizium* spp.; (a) *Metarhizium* spp.

3.4.3.2 Uji sporulasi

Pengamatan sporulasi atau kerapatan spora dilakukan dengan cara memanen spora dari biakan murni *Metarhizium* spp. berumur 10 hari. Pemanenan spora dilakukan dengan cara menambahkan 10 mL larutan *Tween* 80 0,1% ke dalam cawan petri yang berisi biakan murni *Metarhizium* spp.. Kemudian spora jamur dipanen dengan menggunakan drigalski sehingga diperoleh suspensi spora yang pekat. Suspensi spora tersebut dimasukkan ke dalam tabung reaksi, kemudian dihomogenkan dengan rotamixer selama 1 menit. Setelah dihomogenkan, suspensi diambil 1 mL dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi baru yang telah diisi 9 mL air steril. Larutan kedua dihomogenkan selama 1 menit. Tahap ini dinamakan

pengenceran tingkat 10^{-1}. Kegiatan ini dilakukan hingga pengenceran tingkat 10^{-2}. Setelah itu diamati kerapatan spora dengan meneteskan suspensi spora sebanyak 25 µL di atas *haemocytometer* yang selanjutnya diamati menggunakan mikroskop dengan perbesaran 400 kali. Pengamatan dilakukan terhadap jumlah spora. Kerapatan spora dihitung menggunakan kotak sedang yang tampak pada *haemocytometer* (Gambar 8).



` Gambar 8. *Haemocytometer*.

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

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

Keterangan :

S : jumlah spora

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

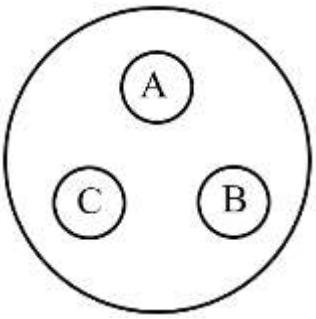
K : konstanta koefisien alat ($2,5 \times 10^5$)

F : faktor pengenceran yang dilakukan

3.4.3.3 Viabilitas spora

Suspensi yang digunakan untuk tahap ini adalah suspensi spora pada pengenceran 10^{-2} (suspensi sisa dari uji sporulasi). Suspensi diteteskan ke dalam media PDA sebanyak 20 µl pada tiga titik yang berbeda (Gambar 9). Suspensi diinkubasi dan diamati pada 18 jam setelah inkubasi (jsi), 28 jsi dan 48 jsi menggunakan

mikroskop majemuk dengan perbesaran 400 kali hingga spora berkecambah. Spora dapat dikatakan berkecambah apabila panjang kecambah berukuran 2 kali diameter spora.



Gambar 9. Pengujian viabilitas spora *Metarhizium* spp. pada media PDA. (A) titik suspensi ulangan 1; (B) titik suspensi ulangan 2; (C) titik suspensi ulangan 3.

Pengukuran dilakukan dengan menghitung jumlah spora yang berkecambah dan tidak berkecambah, dihitung menggunakan rumus Syahnen dkk. (2014).

$$\text{Viabilitas}(\%) = \frac{Spora\ yang\ berkecambah}{spora\ seluruhnya}\ x\ 100\%$$

3.4.4 Uji patogenesitas *Metarhizium* spp. terhadap larva *O. rhinoceros*

Uji patogenesitas terdiri atas 4 perlakuan dengan 4 ulangan, tiap perlakuan menggunakan 15 ekor sampel larva *O.rhinoceros.* Perlakuan dalam uji patogenesitas yaitu,

Kontrol : Larva *O. rhinoceros* tanpa aplikasi jamur *Metarhizium* spp.

MF : Aplikasi jamur *Metarhizium flavoviridae* terhadap larva *O. rhinoceros.*

MS : Aplikasi jamur *Metarhizium* spp. dengan isolat MS terhadap larva *O. rhinoceros.*

MT : Aplikasi jamur *Metarhizium* spp. dengan isolat MT terhadap larva *O. rhinoceros.*

Larva *O rhinoceros* diperoleh dari perkebunan kelapa sawit di Natar, Lampung Selatan. Selanjutnya larva yang diperoleh diletakkan pada toples berisi 500 g

media hidup larva *O. rhinoceros*. Media hidup larva *O. rhinoceros* adalah media hidup larva *O. rhinoceros* di alam yang telah di sterilkan dengan cara di kukus.

Larva yang digunakan adalah larva instar 3. Tiap perlakuan menggunakan larva uji sejumah 15 ekor. Aplikasi jamur *Metarhizium* sp. dilakukan dengan menggulingkan larva *O. rhinoceros* pada PDA berisi jamur *Metarhizium* spp. yang telah berumur 7 hari. Larva kemudian dipindahkan ke media hidup dalam toples plastik dan di inkubasi pada suhu 22 ℃.

3.4.4.1 Pengamatan

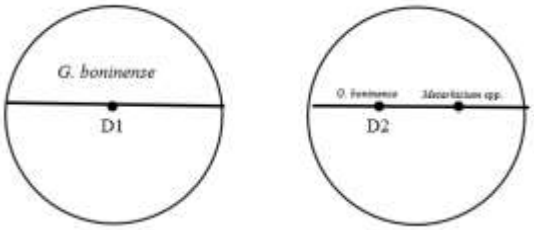
Pengamatan dilakukan setiap 7 hari sekali setelah aplikasi (hsa) selama 21 hsa. Pengamatan dilakukan dengan membongkar media dalam toples untuk mencari larva *O. rhinoceros* yang mati kemudian dikumpulkan dan diamati. Larva yang mati diamati perubahan visualnya selama beberapa hari hingga larva diselimuti spora jamur. Kemudian spora tersebut diambil menggunakan ose dan dilihat secara mikroskopis dengan menggunakan mikroskop perbesaran 400x. Mortalitas larva dapat dilihat dari berapa total larva yang mati akibat perlakuan. Perhitungan mortalitas dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$\text{Mortalitas (\%)}=\frac{serangga\ hidup\ pada\ kontrol-serangga\ hidup\ pada\ perlakuan}{serangga\ hidup\ pada\ kontrol}\ x100\%$$

3.4.5 Uji antagonis *Metarhizium* spp. terhadap *G. boninense*

Uji kemampuan antagonis terhadap *G. boninense* terdiri atas 4 perlakuan (K= kontrol, MF = jamur *M. flavoviride* , MT= *Metarhizium* spp. dengan kode MT, MS= jamur *Metarhizium* spp. dengan kode MS) yang diulang sebanyak 5 kali. Uji antagonis ini dilakukan dengan menggunakan metode kultur ganda pada media PDA dalam cawan petri. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan isolat *G. boninense* dan *Metarhizium* spp. dengan usia 10 hsi yang diletakkan di dalam cawan petri yang berisi media PDA (Gambar 10). Sebagai kontrol, satu isolat *G.*

boninense ditumbuhkan 1 bor gabus berukuran 0,5 cm di tengah cawan petri yang berisi media PDA.



Gambar 10. Uji antagonis kultur ganda; D1 diameter *G.boninense* pada kontrol; D2= diameter *G. boninense* pada kultur ganda.

Pengamatan dilakukan setiap hari dimulai umur 2 hsi sampai 8 hsi. Pengamatan dilakukan dengan mengukur diameter korelasi jamur *G. boninense* pada kontrol dan kultur ganda. Persentase penghambatan dihitung dengan rumus (Muksin dkk., 2013*).*

$$R = \frac{D1 - D2}{D1} x100\%$$

Keterangan:

R : persentase penghambatan pertumbuhan

D1 : diameter pertumbuhan *G. boninense* pada kontrol (cm)

D2 : diameter *G. boninense* pada kultur ganda (cm)

3.4.6 Analisis Data

Data pengamatan yang diperoleh akan dianalisis menggunakan analisis ragam, dengan terlebih dahulu dilakukan uji asumsi, uji *Bartlett* untuk uji homogenitas dan uji aditivitas dengan uji tukey. Apabila hasil analisis ragam berbeda nyata, maka akan dilanjutkan dengan pengujian nilai tengah perlakuan dengan uji *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf 5%.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan kesimpulan sebagai berikut.

1. Tiga isolat *Metarhizium* spp. koleksi Laboratorium Bioteknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung memiliki kemampuan tumbuh yang tidak berbeda tetapi memiliki kerapatan dan daya perkecambahan spora yang berbeda.

2. Tiga isolat *Metarhizium* spp. koleksi laboratorium Bioteknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung mampu menginfeksi dan menyebabkan kematian larva *Oryctes rhinoceros* L. Mortalitas tertinggi larva uji *O. rhinoceros* sebesar 88,21% terjadi pada perlakuan aplikasi *Metarhizium* spp. isolat MT, dan pada perlakuaan aplikasi *Metarhizium* spp. MF 36,19%, sedangkan isolat MS hanya memperoleh 17,02%.

3. Tiga isolat *Metarhizium* spp. koleksi Laboratorium Bioteknologi Pertanian, Universitas lampung dapat menghambat pertumbuhan *G. boninense* secara *In Vitro*, meskipun tingkat penghambatannya terbilang rendah dan tidak berbeda nyata antar perlakuan. Tiga isolat *Metarhizium* spp. mampu menghambat *G. boninense* dengan berkompetisi mendapatkan nutrisi dan ruang sehingga bentuk aktivitas antagonis *Metarhizium* spp. adalah kompetisi.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, ada baiknya dilakukan uji lanjut seperti uji virulensi pada isolat MT dan MF untuk mengetahui kerapatan jamur

yang dapat menyebabkan kematian larva *O. rhinoceros* serta perlu dilakukannya identifikasi lebih lanjut pada isolat jamur *Metarhizium* spp.

DAFTAR PUSTAKA

Afifah, N. dan Susanti, A. 2020. Kemampuan menghambat jamur endofit agens pengendali layu *Fusarium indigenous* tanaman jambu bol gondang mas. *Prosiding Seminar Nasional Biologi IP2B IV 2020*.

Anggraini, S. 2020. Kemampuan *Purpureocillium lilacinum, Metarhizium flavoviride*, dan *Penicillium* sp.sebagai Antagonis Jamur *Phytophtora capsici*, Endofit dan Pemacu Pertumbuhan Tanaman Lada. *Skripsi*. Universitas Lampung. Bandar Lampung.

Athifa, S., Anwar, S., dan Kristanto, B. A. 2018. Pengaruh keragaman jamur *Metarhizium anisopliae* terhadap mortalitas larva hama *Oryctes rhinoceros* dan *Lepidiota stigma*. *Jurnal AgroComplex.* 2(2): 120-127.

Bandu, M.L., Tarore, D., dan Tairas, R.W. 2018. Serangan Hama Kumbang (*Oryctes rhinoceros* L.) pada Tanaman Kelapa (*Cocos nucifera* L.) di Desa Mapanget Kecamatan Talawaan Kabupaten Minahsa Utara. *Skripsi*. Universitas Samratulangi. Manado.

Bischoff, J.F., Rehner, S.A., Humber, R.A. 2009. A multilocus phylogeny of the *Metarhizium anisopliae* Lineage. *Mycologia*. 101(4): 512-530.

Culebro-Ricaldi, J. M., Ruiz-Valdiviezo, V. M., Rodriguez-Mendiola, M. A., Avila-Miranda, M. E., Gutierrez-Miceli, F.A., CruzRodríguez, R. I., Dendooven, L., Montes-Molina, J. A. 2017. Antifungal properties of *Beauveria bassiana* strains against *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* race 3 in tomato crop. *Journal Environment Biology*. 38(5): 821-827.

Darwis, H.S. dan Wahyunita. 2015. *Isolasi dan Identifikasi beberapa Jamur Entomopatogen Hama Brontispa longissima* Gestro (Coleoptera: Chrysomelidae) *pada Tanaman Kelapa.* Balai Besar Perbenihan dan Proteksi Tanaman Perkebunan (BBPPTP) Medan. Medan.

Darmono, T. 2011. *Strategi berperang melawan Ganoderma pada perkebunan kelapa sawit.* Simposium. Nasional & Lokakarya *Ganoderma* Sebagai Patogen Penyakit Tanaman & Bahan Baku Obat Tradisional. Bogor.

Direktorat Jendral Perkebunan. 2019. *Statistik Perkebunan Indonesia : Kelapa Sawit*. Sekretariat Direktorat Jendral Perkebunan. Jakarta.

Direktorat Statistik Tanaman Pangan, Hortikultura, dan Perkebunan. 2020. *Statistik Kelapa Sawit Indonesia*. Badan Pusat Statistik. Jakarta.

Erawati, D. N. dan Wardati, I. 2016. Teknologi Pengendali Hayati *Metarhizium anisopliae* dan *Beauveria bassiana* terhadap Hama Kumbang Kelapa Sawit (*Oryctes rhinoceros*). *Seminar Nasional Hasil Penelitian dan Pengabdian Masyarakat.* Jember.

Fee, C.G. 2011. Management of *Ganoderma* disease in oil palm plantation. *The Planter Kuala Lumpur*. 87(1022): 325-339.

Fitriani, Mardina, V., Fadhliani, Baiduri, N. 2015. Aktivitas *Ganoderma boninense* sebagai biofungisida terhadap jamur patogen *Aspergilus flavus* pada benih padi lokal aceh. *Biota : Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Hayati*. 7(3): 183-188.

Freimoser, F.M., Screen, S., Bagga, T. S., Hu, G., dan Lager, RJ. St. 2003. Expressed Sequence Tag (EST) Analysis of two subspecies of *Metarhizium anisoplice* reveals a plethora of secreted proteins with potential activity in insect hosts. *Journal of Microbiology*.149(1): 239-247.

Ginting, S., Santoso, T., dan Harahap, I.S. 2008. Patogenisitas beberapa isolat jamur entomopatogen terhadap *Coptotermes curvignathus* Holmgren dan *Schedorhinotermes javanicus* Kemmer. *Jurnal Agroekoteknologi Tropika*. 2(1): 20-33.

Hadi, M. M. 2004. *Teknik Berkebun Kelapa Sawit*. Adicita Karya Nusa. Yogyakarta.

Halwiyah, N., Raharjo, B., dan Purwantisari, S. 2019. Uji antagonisme jamur patogen *Fusarium solani* penyebab penyakit layu pada tanaman cabai dengan menggunakan *Beauveria bassiana* secara *In Vitro. Jurnal Akademika Biologi*. 8(2): 8-17.

Herman, J., Hennie, L., dan Desita, S. 2012. Uji Tingkat Ketinggian Perangkap Feromon untuk Mengendalikan Kumbang Tanduk *Oryctes rhinoceros* L. (Coleoptera : Scarabaeidae) pada Tanaman Kelapa Sawit. *Skripsi*. Universitas Riau. Riau.

Idham. 2007. Potensi dan perkembangan pemanfaatan jamur entomopatogen *Metarhizium anisopliae* dalam budidaya pertanian. *Jurnal Inti Tani*. 8(98): 43-39.

Indahsari, W.M.N. 2018. Kemampuan Antagonis isolat Entomopatogen *Beauveria bassiana* dan *Metarhizium anisopliae* terhadap *Rhizoctonia solani. Sarjana Thesis*. Universitas Brawijaya. Malang.

Irwan. 2016. Potensi bioinsektisida formulasi cair berbahan aktif *Beauveria bassiana* (bals.) Vuill dan *Metarhizium* sp. untuk mengendalikan wereng coklat pada tanaman padi. *Jurnal Sain dan Teknologi Tadulako*. 5(3): 25-30.

Jarlina, S. 2019. Kemampuan Bertahan Jamur *Metarhizium flavoviride Compost tea* Setelah Masa Penyimpanan dan Pengaruhnya terhadap Mortalitas Wereng dan Walang Sangit serta Kemampuannya dalam Memacu Pertumbuhan Tanaman. *Tesis*. Universitas Lampung. Bandar Lampung.

Josephrajkumar, A., Chandrika, M., Prathibha, P.S., Rajkumar, Nalinakumari, T., Nair, C.P.R. 2018. *The Coconut Palm (Cocos nucifera* L.*). Research and Development Perspectives.* Springer. Singapore.

Kalshoven. 1981. The Pests of Crops in Indonesia. *Laan PA van der, penerjemah Jakarta: Ichtiar Baru-Van Hoeven. Terjemahan dari: De Plagen van de Culture Gewassen in Indonesia*. PT Ichtiar Baru. Jakarta.

Listiyowati, S., Rustiani, T., dan Rahayu, G. 2023. Mekanisme antagonisme jamur entomopatogen terhadap *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* penyebab penyakit tanaman pisang. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*. 19(3): 99-110.

Mangoendihardjo dan Mahrub, E. 1970. *Ilmu Hama Khusus Tanaman Keras*. Pembina Fakultas Pertanian UGM.Yogyakarta.

Masyitah, I., S.F. Sitepu dan I. Safni. 2017. Potensi jamur entomopatogen untuk mengendalikan ulat grayak *Spodoptera litura* F. pada tanaman tembakau in vivo. *Jurnal Agroekoteknologi FP USU*. 5(3): 484-493.

Muksin, R., Rosmini, dan Panggeso, I. 2013. Uji antagonis *Trichoderma* sp. terhadap jamur patogen *Alternaria porri* penyebab penyakit bercak ungu pada bawang merah secara *in-vitro. Jurnal Agrotekbis.* 1(2): 140-144.

Nadiah, A. 2013. *Jamur Ganoderma* sp.*: Peran ganda yang bertentangan.* BBPPTP. Surabaya.

Pahan, I. 2012. *Panduan Lengkap Kelapa Sawit. Manajemen Agribisnis dari Hulu ke Hilir,* Penebar Swadaya. Jakarta.

Patone, C.D., Kumaat, R.J., dan Mandeij, D. 2020. Analisis daya saing ekspor sawit indonesia ke negara tujuan ekspor tiongkok dan india. *Jurnal Berkala Ilmiah Efisiensi.* 20(3): 1-10.

Payung, D.L. 2019. Tingkat Serangan Penyakit Busuk Pangkal Batang (*Ganoderma boninense* Pat) pada Kelapa Sawit. *Tugas Akhir*. Politeknik Pertanian Pangkep. Pangkajenne Kepulauan.

Petani Pengembang Agensia Pengendali Hayati. 2010. *Uji Berbagai Media Tumbuh dalam Pengembangan Masal APH Golongan Jamur.* Petani Pengembang Agensia Pengendali Hayati. Jombang.

Perwira, P. 2016. Virulensi Beberapa Isolat Jamur *Metarhizium anisopliae* terhadap Walang Sangit (*Leptocorisa oratorius* F.) di Laboratorium. *Skripsi.* Universitas Lampung. Bandar Lampung.

Picardal, J.P., Tundag, E.D.L., Picardal, M.T., dan Goc-ong, G.B. 2019. Antagonistic activity of *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) against phytopathogenic *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* (Schlecht.) as a biological control. *CNU Journal of Higher Education.*13(1): 25-33.

Purba, P., Sutarta, E.S., Fadli, M.L., Koedadiri, A.D., Rahutomo, S., dan Susanto, A. 2005. *Pemeliharaan Tanaman Kelapa Sawit Belum Menghasilkan. Buku Saku*. Pusat Penelitian Kelapa Sawit. Medan.

Rachmawati, R., Rahabistara, A., dan Afandhi, A. 2016. Daya antagonis tiga jamur patogen serangga terhadap patogen tular tanah *Fusarium* sp. (Hypocreales: Nectriaceae) secara *In Vitro*. *Jurnal Hama dan Penyakit Tanaman*. 4(2): 1-10.

Ratmawati, I. 2014. *Bedanya Serangan Kwangwung atau Ulah Manusia pada Tanaman Kelapa.* Dinas Perkebunan dan Kehutanan Probolinggo. Jawa Tengah.

Salbiah, D., Laoh, J.H., dan Nurmayani. 2013. Uji beberapa dosis *Beauveria bassiana* Vuillemin terhadap larva hama kumbang tanduk *Oryctes rhinoceros* (Coleoptera: Scarabaeidae) pada kelapa sawit. *Jurnal Ilmiah Sains Terapan.* 4(2): 137-142.

Saragih, W.S., Purba, E.,dan Tampubolon, K. 2019. Analisis hara Cu dan Zn pada vegetasi gulma sebagai penanda keberadaan jamur *Ganoderma* dari kebun kelapa sawit. *Jurnal Agrotek Tropika*. 7(3): 1-10.

Sastrosayono, S. 2003. *Budidaya Kelapa Sawit*. Agromedia Pustaka. Purwekerto.

Semangun, H. 2007. *Penyakit-Penyakit Tanaman Hortikultura di Indonesia*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.

Semangun, H. 2008. *Penyakit-Penyakit Tanaman Pangan di Indonesia. Edisi kedua.* Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.

Septiana, E. 2015. Jamur entomopatotogen potensi dan tantangan sebagai insektisida alami terhadap serangga perusak tanaman dan vektor penyakit manusia. *BioTrends.* 1(1): 1-10.

Setiawan, A. 2012. Selektivitas Infeksi Jamur *Metarhizium* sp. terhadap Hama Wereng Batang Cokelat *Nilaparvata lugens* Stål (Hemiptera: Delphacidae) dan Predator *Paederus fuscipes* Curtis (Coleoptera: Staphylinidae). *Skripsi.* Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Siahaan, I.R.T dan Syahnen. 2013. *Mengapa O. rhinoceros Menjadi Hama pada Tanaman Kelapa Sawit.* Laboratorium Lapangan Balai Besar Perbenihan dan Proteksi Tanaman Perkebunan (BBPPTP). Medan.

Siswanto dan Trisawa, I.M. 2017. Uji Mutu dan Keefektifan *Metarhizium anisopliae* Isolat Kalimantan Tengah terhadap *Oryctes rhinoceros* (Coleoptera: Scarabaeidae). *Laporan Penelitian*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan. Bogor.

Suwahyono, U. 2009. *Biopestisida*. PT Niaga Swadaya. Jakarta.

Susanto, A., Prasetyo, E.A., Priwiratama, H., Wening, S., dan Surianto. 2013. *Ganoderma boninense* penyebab penyakit busuk batang atas kelapa sawit. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*. 9(4): 123-126.

Suziani, W. 2012. Uji Patogenitas Jamur *Metarhizium anisopliae* dan Jamur *Cordyceps militaris* terhadap Larva Penggerek Pucuk Kelapa Sawit (*Oryctes rhinoceros*) (Coleoptera ; Scarabaeidae). *Skripsi.* Universitas Sumatera Utara. Medan.

Syahnen, Normalisa, D.D., Ekanitha, S., dan Pinem. 2014. *Teknik Uji Mutu Agens Pengendali Hayati (APH) di Laboratorium.* Laboratorium Lapangan Balai Besar Penelitian dan Proteksi Tanaman Perkebunan. Medan.

Tular, M.A.M., Tulung,M., dan Kaligis,J.B. 2022. Patogenesitas jamur entomopatogen *Metarhizium anisopliae* Metch. terhadap kepinding tanah *Scotinophara coarctata, fabricius* pada tanaman padi sawah. *COCOS - ejournal UNSRAT.* 14(2): 1-10.

Turner, P.D. 1981. *Oil Palm Disease and Disorders Oxford*. Oxford University Press. United Kingdom.

Widiarti, D.G. 2018. Uji patogenesitas Jamur *Metarhizium* sp; Isolat Lampung Selatan dan Salatiga terhadap Larva *Oryctes rhinoceros* di Laboratorium. *Skripsi.* Universitas Lampung. Bandar Lampung.

Yanti, F. dan Susanto, A. 2004. Cara praktis isolasi tubuh buah *G. boninense* pada medium *potato dextrose agar* (PDA). *Jurnal Pusat Penelitian Kelapa Sawit*.12(2): 1-11.

Yuningsih dan Widiyaningrum, T. 2014. Uji patogenitas jamur *Metarhizium anisopliae* terhadap bahan ajar biologi sma kelas x. *Jupemasi-pbio*. 1(1): 53-59.

Zakaria, L., Kulaveraasingham, H., Guan, T.S., Abdullah, F., dan Wan, H.Y. 2005. Random am- plified polymorphic DNA (RAPD) and random amplified microsatellite (RAMS) of *Ganoderma* from infected oil palm and coconut stumps in Malaysia. *Asia Pacific Journal Molecular Biology Biotechnology*. 13(2): 23-34.