

**PERKEMBANGAN DAN VIRULENSI *Metarhizium anisopliae*
PADA BEBERAPA MEDIA CAIR TERHADAP LARVA
KUMBANG TANDUK *Oryctes rhinoceros*
(Coleoptera: Scarabaeidae)**

SKRIPSI

**OLEH
NOVITAWATI SIMARMATA
198210114**



**PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2024**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 6/6/24

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)6/6/24

**PERKEMBANGAN DAN VIRULENSI *Metarhizium anisopliae*
PADA BEBERAPA MEDIA CAIR TERHADAP LARVA
KUMBANG TANDUK *Oryctes rhinoceros*
(Coleoptera: Scarabaeidae)**

SKRIPSI

*Diajukan sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh
Gelar Sarjana di Program Studi Agroteknologi
Fakultas Pertanian Universitas Medan Area*

**OLEH
NOVITAWATI SIMARMATA
198210114**

**PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2024**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 6/6/24

Access From (repository.uma.ac.id)6/6/24

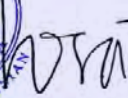
Judul Skripsi : PERKEMBANGAN DAN VIRULENSI *Metarhizium anisopliae*
PADA BEBERAPA MEDIA CAIR TERHADAP LARVA KUMBANG
TANDUK *Oryctes rhinoceros* (Coleoptera: Scarabacidae)
Nama : NOVITAWATI SIMARMATA
NPM : 198210114
Fakultas : PERTANIAN

Disetujui oleh:
Dosen Pembimbing

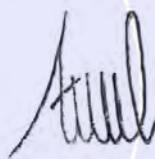


Prof. Dr. Ir. Ahmad Rafiqi Tantawi, MS
Pembimbing

Diketahui oleh:



Dr. Siswa Panjang Hernosa, SP., M.Si
Dekan



Angga Ade Sahfitra, SP., M.Sc
Ketua Program Studi

Tanggal Lulus: 24 Mei 2024

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana hasil karya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas dengan norma, kaidah dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila dikemudian hari ditemukan adanya plagiat skripsi ini.

Medan, 24 Mei 2024



Novitawati Simarmata
198210114

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI
UNTUK KEPENTINGAN AKDEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Novitawati Simarmata

NPM : 198210114

Program Studi : Agroteknologi

Fakultas : Pertanian

Jenis karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Non Eksklusif (*Non-Exclusive Royalty – Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul **Perkembangan Dan Virulensi *Metarhizium anisopliae* Pada Beberapa Media Cair Terhadap Larva Kumbang Tanduk *Oryctes rhinoceros* (Coleoptera: Scarabaeidae)** beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak bebas royalti noneklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalih media/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*data base*), merawat dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat : Medan
Pada Tanggal : 24 Mei 2024
Yang menyatakan



Novitawati Simarmata

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji dan memberikan informasi mengenai perkembangan dan virulensi *Metarhizium anisopliae* pada beberapa media cair terhadap larva kumbang tanduk *Oryctes rhinoceros* (Coleoptera: Scarabaeidae). Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) non faktorial, dengan 4 perlakuan dan 5 ulangan sehingga terdapat 20 unit percobaan, terdiri dari: H1 = Media *Potato Dextrose Broth* (PDB), H2 = Media *Sabouroud Dextrose Yeast extract Broth* (SDYB), H3 = Media *Yeast extract Peptone Glucose Broth* (YPGB) dan H4 = Air Kelapa Tua. Data hasil penelitian ditransformasi menggunakan akar kuadrat (SQRT) kemudian dianalisis dengan *Analysis of Variance* (ANOVA) berdasarkan model linear dari rancangan yang digunakan. Apabila hasil ANOVA menunjukkan hasil berbeda nyata dan sangat nyata, maka dilanjutkan dengan Uji beda rata-rata menurut *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf kepercayaan 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa 1. Pengembangan *M. anisopliae* pada beberapa media cair mempengaruhi tipe spora *M. anisopliae*. Spora yang dihasilkan dari perlakuan H1 (media *Potato Dextrose Broth*), H2 (media *Sabouroud Dextrose Yeast extract Broth*) dan H3 (media *Yeast extract Peptone Glucose Broth*) merupakan spora konidiospor sedangkan perlakuan H4 (air kelapa tua) menghasilkan spora blastospor dan konidiospor. 2. Respon perlakuan pengembangan *M. anisopliae* pada beberapa media cair berpengaruh sangat nyata terhadap kerapatan spora, viabilitas spora dan persentase mortalitas larva *Oryctes rhinoceros*. Perlakuan terbaik terdapat pada perlakuan H4 atau media air kelapa tua dimana persentase mortalitas pada hari ke 12 setelah aplikasi sudah mencapai mortalitas 100% dengan nilai LT_{50} 7,16 hari.

Kata Kunci: *Metarhizium anisopliae*, media cair, *Oryctes rhinoceros*.

ABSTRACT

*This research aims to study and provide information regarding development and virulence *Metarhizium anisopliae* in several liquid media against horn beetle larvae *Oryctes rhinoceros* (Coleoptera: Scarabaeidae). This research used a non-factorial Completely Randomized Design (CRD), with 4 treatments and 5 replications so that there were 20 experimental units, consisting of: H1 = Media Potato Dextrose Broth (PDB), H2 = Media Sabouroud Dextrose Yeast extract Broth (SDYB), H3 = Media Yeast extract Peptone Glucose Broth (YPGB) and H4 = Old Coconut Water. The research data was transformed using square roots (SQRT) and then analyzed using Analysis of Variance (ANOVA) based on the linear model of the design used. If the ANOVA results show significantly or very significantly different results, then proceed with the mean difference test according to Duncan's Multiple Range Test (DMRT) at a 5% confidence level. The results showed that 1. The development of *M. anisopliae* in several liquid media influenced the type of *M. anisopliae* spores. The spores produced from the H1 (Potato Dextrose Broth media), H2 (Sabouroud Dextrose Yeast extract Broth media) and H3 (Yeast extract Peptone Glucose Broth media) treatments are conidiospores, while the H4 (old coconut water) treatment produces blastospores and conidiospores. 2. The response to the development treatment of *M. anisopliae* in several liquid media has a very significant effect on spore density, spore viability and the percentage of mortality of *Oryctes rhinoceros* larvae. The best treatment is in the H4 treatment or old coconut water media where the percentage of mortality on the 12th day after application is already achieved 100% mortality with LT_{50} of 7,16 days.*

Keywords: *Metarhizium anisopliae*, liquid media, *Oryctes rhinoceros*.

RIWAYAT HIDUP

Novitawati Simarmata dilahirkan pada tanggal 28 Maret 2000 di Sibisa Samsosir, Kecamatan Panei, Kabupaten Simalungun, Provinsi Sumatera Utara. Anak kelima dari enam bersaudara dari pasangan Hotman Simarmata dan Herlina Sirait.

Penulis menyelesaikan Pendidikan Sekolah Dasar di SD Negeri 095149 Sibisa Samsosir. Kemudian menyelesaikan Pendidikan Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 1 Panei Tengah. Selanjutnya menyelesaikan Pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 1 Panombeian Panei Kec. Panei, Kabupaten Simalungun, Provinsi Sumatera Utara. Pada bulan September 2019 menjadi mahasiswa Fakultas Pertanian, Universitas Medan Area pada Program Studi Agroteknologi.

Selama mengikuti perkuliahan, penulis pernah mengikuti Program Pertukaran Mahasiswa Daring T.A Ganjil 2021/2022 dalam Rangka Implementasi Kerja Sama Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Medan Area bersama An-Giang University Vietnam dan Kien-Giang University Vietnam. Menyelesaikan Praktek Kerja Lapang (PKL) di PT. PP London Sumatra Indonesia Tbk Bungara Estate pada tanggal 25 Juli sd 09 september 2023. Mengikuti Program Kolaborasi Riset dalam Rangka Implementasi Merdeka Belajar Kampus Merdeka (MBKM) T.A Ganjil 2022/2023 yang ditempatkan di Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS) Unit MARIHAT Jalan Pematang Siantar-Tanah Jawa KM. 5 MARIHAT Ulu, Siantar, Simalungun, Sumatera Utara selama enam (6) bulan. Selain itu penulis juga menjadi asisten mata kuliah Praktikum Biologi Pertanian T.A Ganjil 2023/2024.

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul “Perkembangan Dan Virulensi *Metarhizium anisopliae* Pada Beberapa Media Cair Terhadap Larva Kumbang Tanduk *Oryctes rhinoceros* (Coleoptera: Scarabaeidae)”.

Skripsi ini merupakan salah satu syarat kelulusan strata satu pada Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Medan Area. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih dan rasa hormat kepada :

1. Bapak Dr. Siswa Panjang Hernosa, SP., M.Si selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Medan Area.
2. Bapak Angga Ade Sahfitra, SP, M.Sc selaku Ketua Prodi Agroteknologi Universitas Medan Area.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Ahmad Rafiqi Tantawi, MS selaku ketua komisi pembimbing yang telah membimbing dan memperhatikan selama masa penyusunan skripsi ini.
4. Bapak Tjut Ahmad P. Rozziansha, SP, M.Si selaku anggota komisi pembimbing yang telah membimbing dan memperhatikan selama masa penyusunan skripsi ini.
5. Bapak dan Ibu dosen serta seluruh pegawai Fakultas Pertanian Universitas Medan Area yang telah membimbing dan memperhatikan selama masa pendidikan di program studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Medan Area.

6. Bapak Hotman Simarmata dan Ibu Herlina Sirait, selaku orang tua penulis yang bersusah payah dan penuh kesabaran memberikan dukungan, doa serta memberikan bantuan moril dan materil kepada penulis.
7. Kakak tersayang Nurveni Simarmata S.Pd., Mona Lysa Simarmata Amd.Keb., dan Pitta Hotlina Simarmata S.Pd serta abangda tercinta Mulstori Wander Simarmata S.Si dan adik penulis tercinta Wily Evander Simarmata yang telah memberikan bantuan, dukungan dan doa kepada penulis.
8. Karyawan dan seluruh staf Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS) yang telah mendukung dan membantu proses penelitian.
9. Teman-teman Agroteknologi Stambuk 2019 yang telah memberikan dukungan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
10. Semua pihak yang telah membantu selama penelitian dan penyusunan skripsi ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran dari semua pihak, yang bersifat membangun demi penyempurnaan skripsi ini dan penulis berharap semoga skripsi ini bermanfaat bagi semua pihak.

Medan, 24 Mei 2024


Novitawati Simarmata

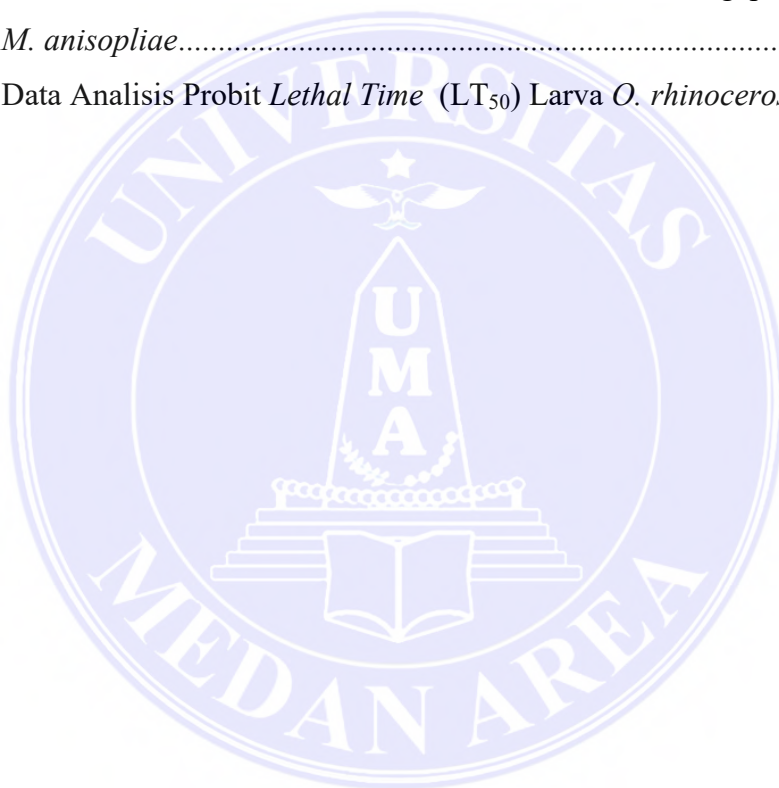
DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Hipotesis Penelitian	6
II. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Kumbang Tanduk (<i>Oryctes rhinoceros</i>)	7
2.1.1 Klasifikasi <i>Oryctes rhinoceros</i>	7
2.1.2 Siklus Hidup <i>Oryctes rhinoceros</i>	8
2.1.3 Gejala Serangan <i>Oryctes rhinoceros</i>	10
2.2 <i>Metarhizium anisopliae</i>	12
2.2.1 Klasifikasi <i>M. anisopliae</i>	12
2.2.2 Virulensi <i>M. anisopliae</i>	13
2.2.3 Mekanisme Infeksi <i>M. anisopliae</i>	14
2.3 Media Pertumbuhan Cendawan	15
2.3.1 Jenis Media Pertumbuhan Cendawan	16
2.3.2 Pertumbuhan Jamur	17

III. METODE PENELITIAN	19
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	19
3.2 Bahan dan Alat	19
3.3 Metode Penelitian	20
3.4 Metode Analisis Data Penelitian	21
3.5 Pelaksanaan Penelitian	21
3.5.1 Sterilisasi Alat	21
3.5.2 Pembuatan Media <i>Potato Dextrose Agar</i> (PDA).....	22
3.5.3 Peremajaan <i>Metarhizium anisopliae</i>	22
3.5.4 Pembuatan Media Cair Pertumbuhan <i>M. anisopliae</i>	22
3.5.5 Perbanyak <i>M. anisopliae</i> Pada Media Cair	24
3.5.6 Penyediaan Media Hidup Larva <i>O. rhinoceros</i>	25
3.5.7 Penyediaan Larva <i>O. rhinoceros</i>	25
3.5.8 Aplikasi <i>M. anisopliae</i> Ke Serangga Uji.....	25
3.6 Parameter Pengamatan	26
3.6.1 Morfologi Cendawan	26
3.6.2 Kerapatan Spora.....	26
3.6.3 Viabilitas Spora.....	27
3.6.4 Mortalitas Serangga Uji	28
3.6.5 Analisis Probit LT_{50}	29
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	30
4.1 Morfologi Cendawan	30
4.2 Kerapatan Spora	32
4.3 Viabilitas Spora	34
4.4 Mortalitas Serangga Uji	36
4.5 Analisis Probit LT_{50}	40
V. PENUTUP	42
5.1 Kesimpulan.....	43
5.2 Saran.....	43
DAFTAR PUSTAKA.....	43
LAMPIRAN.....	48

DAFTAR TABEL

No	Keterangan	Halaman
1.	Komposisi Media Cair yang Digunakan dalam Percobaan.....	23
2.	Rata-rata Kerapatan Spora <i>M. anisopliae</i> yang Ditumbuhkan pada Beberapa Media Cair ($\times 10^5$ /ml)	32
3.	Rata-rata Viabilitas Spora <i>M. anisopliae</i> yang Ditumbuhkan pada Beberapa Media Cair.....	34
4.	Rata-rata Mortalitas Larva <i>O. rhinoceros</i> Setelah Pengaplikasian <i>M. anisopliae</i>	36
5.	Data Analisis Probit <i>Lethal Time</i> (LT_{50}) Larva <i>O. rhinoceros</i>	40



DAFTAR GAMBAR

No	Keterangan	Halaman
1.	Gambar <i>O. rhinoceros</i>	7
2.	Siklus Hidup <i>O. rhinoceros</i>	9
3.	Gejala Serangan <i>O. rhinoceros</i> pada Daun Kelapa Sawit.....	11
4.	Tahap Perkembangan Spora <i>Metarhizium anisopliae</i>	13
5.	Larva <i>O. rhinoceros</i> yang Terinfeksi <i>Metarhizium anisopliae</i>	15
6.	Kurva Pertumbuhan Fungi	18
7.	Bidang Hitung Penghitungan Spora pada <i>Haemocytometer</i>	27
8.	Hasil Pengamatan Spora <i>M. anisopliae</i> Secara Mikroskopis.....	31
9.	Kerapatan Spora <i>M. anisopliae</i> yang Ditumbuhkan pada Beberapa Media Cair ($\times 10^5$)	33
10.	Viabilitas Spora <i>M. anisopliae</i> yang Ditumbuhkan pada Beberapa Media Cair.....	35
11.	Histogram Mortalitas Larva <i>O. rhinoceros</i> Pengamatan 2-16 HSA.....	38

DAFTAR LAMPIRAN

No	Keterangan	Halaman
1.	Jadwal Penelitian.....	48
2.	Denah Penelitian	49
3.	Analisis Ragam (ANOVA) Kerapatan Spora <i>M. anisopliae</i>	50
4.	Analisis Ragam (ANOVA) Viabilitas Spora <i>M. anisopliae</i>	55
5.	Analisis Ragam (ANOVA) Mortalitas Larva <i>O. rhinoceros</i>	56
6.	Data Analisis <i>Lethal Time</i> (LT ₅₀) pada Aplikasi <i>M. anisopliae</i> yang Ditumbuhkan pada Media <i>Potato Dextrose Broth</i> (PDB)	64
7.	Data Analisis <i>Lethal Time</i> (LT ₅₀) pada Aplikasi <i>M. anisopliae</i> yang Ditumbuhkan pada Media <i>Saboraud Dextrose Yeast extract Broth</i> (SDYB)	65
8.	Data Analisis <i>Lethal Time</i> (LT ₅₀) pada Aplikasi <i>M. anisopliae</i> yang Ditumbuhkan pada Media <i>Yeast extract Peptone Glucose Broth</i> (YPGB)	66
9.	Data Analisis <i>Lethal Time</i> (LT ₅₀) pada Aplikasi <i>M. anisopliae</i> yang Ditumbuhkan pada Media Air Kelapa Tua	67
10.	Surat Izin Riset.....	68
11.	Surat Selesai Riset.....	69
12.	Dokumentasi Selama Penelitian.....	70

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis*) merupakan salah satu komoditas ekspor penting dari Indonesia. Saat ini industri pertanian Indonesia sangat bergantung kepada produksi perkebunan kelapa sawit, hal ini disebabkan karena kelapa sawit mampu menghasilkan minyak nabati yang sangat dibutuhkan di dalam sektor industri. Luas perkebunan kelapa sawit Indonesia mencapai 14,85 juta hektar. Produksi kelapa sawit Indonesia mencapai 48,29 juta ton dengan rata-rata produksi 3,25 ton per hektar (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2021).

Pengembangan perkebunan kelapa sawit sangat pesat di Indonesia, terutama di Sumatera dan Kalimantan. Salah satu provinsi di pulau Sumatera yang memiliki potensi sangat besar dalam sektor industri perkebunan kelapa sawit yakni provinsi Sumatera Utara. Sumatera Utara menduduki posisi kedua setelah Riau dengan luas perkebunan mencapai 12,71% dari areal perkebunan kelapa sawit Indonesia (Ditjenbun, 2014). Komposisi tanaman baru menghasilkan *Crude Palm Oil* (CPO) sebesar 17,2% dengan jumlah ekspor sebesar 7,9% dari total ekspor CPO Indonesia.

Dalam budidaya tanaman kelapa sawit tidak terlepas dari berbagai kendala. Salah satu kendala dalam budidaya tanaman kelapa sawit adalah adanya serangan Organisme Pengganggu Tanaman (OPT) yang terdiri dari hama, patogen, dan gulma. Salah satu hama utama yang menyerang tanaman kelapa sawit, yaitu kumbang tanduk *Oryctes rhinoceros* (Rahmadi, 2022). Hama kumbang tanduk menyerang tanaman kelapa sawit yang baru ditanam di lapangan sampai umur 2,5 tahun dengan merusak pelepah daun dan tajuk tanaman. Saat hama ini menggerek

pucuk tanaman biasanya juga merusak bagian daun muda yang belum terbuka, sehingga ketika daun terbuka akan terlihat bekas potongan yang simetris berbentuk segitiga atau seperti huruf “V”. Serangan *O. rhinoceros* pada tanaman muda dapat menyebabkan kematian (Mawardani, 2019).

Pengendalian yang umum dilakukan untuk menekan populasi hama kumbang tanduk yakni menggunakan insektisida kimia sintesis. Hal ini disebabkan karena hasilnya cepat terlihat dan mudah pengaplikasiannya. Namun penggunaan insektisida kimia sintesis yang tidak bijaksana dapat menimbulkan dampak negatif seperti resistensi, resurgensi hama dan pencemaran lingkungan. Salah satu upaya untuk mengurangi efek samping yang ditimbulkan dari penggunaan insektisida kimia adalah dengan menggunakan agensia hayati salah satunya yakni menggunakan jamur entomopatogen (Sari, 2018).

Jamur entomopatogen merupakan jamur yang bersifat parasit terhadap serangga. Beberapa keuntungan yang dapat diperoleh dari pemanfaatan jamur entomopatogen yakni memiliki siklus hidup yang relatif pendek serta mampu membentuk spora yang tahan terhadap pengaruh lingkungan. Terdapat lebih dari 700 spesies jamur entomopatogen yang dapat menginfeksi serangga hama. Salah satu cendawan entomopatogen tersebut adalah *Metarhizium anisopliae* (Widiarti *et al.*, 2019).

M. anisopliae merupakan jamur entomopatogen yang paling banyak digunakan untuk mengendalikan hama *O. rhinoceros*. *M. anisopliae* tidak hanya bersifat saprofit, tetapi juga memiliki kemampuan parasit bagi beberapa ordo serangga seperti ordo Coleoptera, Lepidoptera, Homoptera, Hemiptera dan Isoptera. Hasil penelitian Inta (2016) yang menggunakan jamur *M. anisopliae*

yang diinfeksi terhadap larva *O. rhinoceros* pada kerapatan spora $1,81 \times 10^8$ spora/ml menyebabkan tingkat mortalitas larva mencapai 94%. *M. anisopliae* mempunyai kapasitas reproduksi yang tinggi, siklus hidup yang pendek, dapat membentuk spora yang tahan lama di alam meskipun dalam kondisi yang tidak menguntungkan, aman, selektif, mudah diproduksi dan kecil kemungkinan terjadi resistensi hama (Sitinjak, 2018).

Mikroorganisme dapat ditumbuhkan dan dikembangkan pada suatu substrat yang disebut media. Untuk membiakkan jamur di Laboratorium diperlukan media yang mengandung seluruh nutrisi esensial yang dibutuhkan jamur. Komposisi nutrisi media kultur dapat mempengaruhi viabilitas, virulensi, respon terhadap cekaman abiotik dan produksi propagul jamur. Ibrahim *et al.* (2002) melaporkan bahwa media kultur secara signifikan mampu mempengaruhi perkecambahan, pertumbuhan dan virulensi *M. anisopliae*. Menurut Safavi *et al.* (2007), nutrisi dibutuhkan jamur untuk biosintesis dan pelepasan energi sebagai faktor utama pendukung kemampuan hidup dan keberlanjutan koloninya. Oleh karena itu, kandungan nutrisi media sangat menentukan laju pertumbuhan dan virulensi jamur (Shah & Tariq, 2005).

Perbanyakan *M. anisopliae* dapat dilakukan melalui dua cara, antara lain: menggunakan media cair maupun media padat. Media cair memiliki pengaruh yang signifikan terhadap morfologi cendawan, pertumbuhan, struktur, dan reproduksi jamur. Media cair yang kaya akan nutrisi penting seperti karbohidrat, protein, lipid dan mineral akan memenuhi nutrisi yang diperlukan oleh jamur untuk tumbuh dan berkembang. Media cair menyediakan nutrisi yang lebih mudah diserap oleh jamur karena sudah dalam bentuk terlarut sehingga jamur

dapat tumbuh dengan cepat dan efisien. Serta pada media cair, parameter lingkungan seperti suhu, pH dan kelembapan lebih mudah dikendalikan dan diatur secara tepat. Ini memungkinkan penyesuaian kondisi pertumbuhan yang optimal untuk memaksimalkan produksi jamur. Media cair dengan asam amino yang lengkap memberikan lingkungan nutrisi yang optimal untuk peningkatan viabilitas spora dan kerapatan yang tinggi pada jamur (Jackson & Slinger, 1993).

Produksi dalam jumlah yang memadai dan kualitas inokulum yang baik merupakan salah satu komponen penting untuk menunjang pengembangan cendawan *M. anisopliae* sebagai agen hayati. Penggunaan media padat sebagai media perbanyakan *M. anisopliae* kurang memadai karena perbanyakan *M. anisopliae* menggunakan media padat memerlukan waktu sporulasi yang lebih lama dibandingkan media cair (Mascarin *et al.*, 2010). Oleh karena itu dibutuhkan suatu metode perbanyakan yang tepat untuk menunjang kebutuhan cendawan *M. anisopliae* sebagai bahan baku bioinsektisida yang semakin besar.

Berdasarkan uraian di atas maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian tentang perkembangan dan virulensi *Metarhizium anisopliae* pada beberapa media cair terhadap larva kumbang tanduk (*Oryctes rhinoceros*).

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka rumusan masalah penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh perbedaan media cair terhadap perkembangan *M. anisopliae*?
2. Bagaimana pengaruh perbedaan media cair terhadap jenis spora *M. anisopliae* yang dihasilkan?

3. Bagaimana pengaruh perbedaan media cair terhadap tingkat virulensi *M. anisopliae*?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah penelitian di atas terdapat tujuan penelitian sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui pengaruh perbedaan media cair terhadap perkembangan *M. anisopliae*.
2. Untuk mengetahui pengaruh perbedaan media cair terhadap jenis spora *M. anisopliae* yang dihasilkan.
3. Untuk mengetahui pengaruh perbedaan media cair terhadap tingkat virulensi *M. anisopliae*.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang didapatkan dari pelaksanaan penelitian ini diantaranya sebagai berikut :

1. Sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi strata (S1) Fakultas Pertanian Universitas Medan Area.
2. Sebagai sumber data dan informasi mengenai keefektifan beberapa media cair terhadap perkembangan dan virulensi *M. anisopliae* terhadap larva *O. rhinoceros*.

1.5 Hipotesis Penelitian

Hipotesis dalam penelitian ini yang dijadikan dugaan sementara atau indikasi tujuan dari penelitian diantaranya sebagai berikut :

1. Perbedaan media cair akan mempengaruhi perkembangan *M. anisopliae*.
2. Perbedaan media cair akan mempengaruhi jenis spora *M. anisopliae* yang dihasilkan.
3. Perbedaan media cair mampu mempengaruhi tingkat virulensi *M. anisopliae*.



II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kumbang Tanduk (*Oryctes rhinoceros*)

2.1.1 Klasifikasi *Oryctes rhinoceros*

Hama *Oryctes rhinoceros* L. (*Coleoptera: Scarabaeidae*) dikenal sebagai kumbang badak atau kumbang tanduk. Kumbang ini merupakan hama utama tanaman kelapa sawit (Manurung *dkk.*, 2012). Klasifikasi *O. rhinoceros* menurut Kalshoven, 1981 adalah sebagai berikut :

Kingdom : Animalia
Phylum : Arthropoda
Class : Insecta
Ordo : Coleoptera
Family : Scarabaeidae
Genus : *Oryctes*
Species : *Oryctes rhinoceros* L.



Gambar 1. *O. rhinoceros*
(Sumber : Sitinjak, 2018)

O. rhinoceros termasuk dalam famili Scarabaeidae dari ordo Coleoptera, *O. rhinoceros* tersebar merata disetiap daerah di Indonesia. *O. rhinoceros* mengalami metamorfosis sempurna, total waktu yang diperlukan untuk melengkapai siklus hidupnya lebih dari satu tahun. *O. rhinoceros* mempunyai telur yang berwarna putih kekuningan bentuk oval kemudian agak membulat dengan diameter 3 mm (Naldy, 2022).

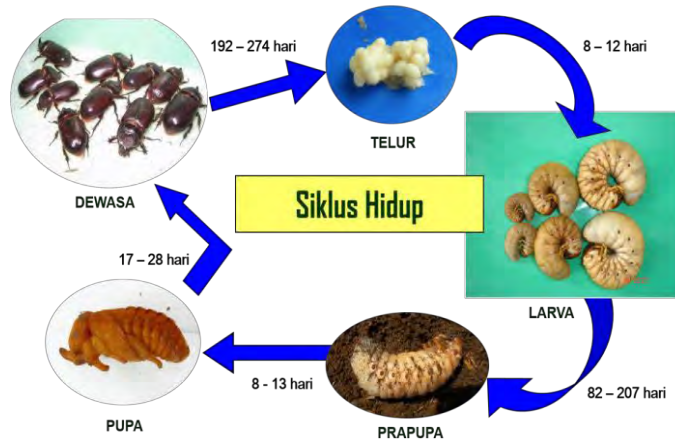
Larva *O. rhinoceros* berwarna putih kekuningan berbentuk silinder, gemuk dan berkerut-kerut, melengkung membentuk setengah lingkaran atau huruf C. Tubuh larva kumbang terdiri atas tiga bagian, yakni kepala (*caput*), dada (*thorax*), dan perut (*abdomen*). Bagian *thorax* terdiri dari tiga segmen yakni *prothorax*, *mesothorax* dan *metathorax*. Pada bagian *prothorax* terdapat *spirakel thorax* yang

berfungsi sebagai alat pernapasan. *Spirakel* pada larva kumbang tidak hanya berada pada bagian *thorax* saja namun juga berada pada bagian *abdomen*, *spirakel* yang terdapat pada *abdomen* berjumlah 8 pasang yakni pada bagian *abdomen* segmen 1 sampai 8 sedangkan pada *abdomen* segmen ke 9 dan 10 tidak terdapat *spirakel* (Susanto, 2011).

Imago *O. rhinoceros* memiliki kepala berbentuk seperti badak karena terdapat cula tunggal. Imago jantan memiliki cula lebih menonjol dibanding imago betina. Imago *O. rhinoceros* secara keseluruhan berwarna hitam, tubuh bagian bawah berwarna coklat kemerahan, panjang tubuhnya mencapai 5 cm, memiliki dua sayap, tiga pasang kaki, pada bagian ekor terdapat bulu - bulu halus (Sitinjak, 2018). Kumbang *O. rhinoceros* memiliki tipe alat mulut menggigit sampai mengunyah, digunakan untuk menggerak pelepah daun muda yang belum membuka.

2.1.2 Siklus Hidup *Oryctes rhinoceros*

Siklus hidup kumbang tanduk bervariasi tergantung pada habitat dan kondisi lingkungannya. Musim kemarau yang panjang dengan jumlah makanan yang sedikit akan memperlambat perkembangan larva. Suhu perkembangan larva yang sesuai adalah 27°C-29°C dengan kelembapan relatif 85-95%. Satu siklus hidup *O. rhinoceros* dari telur sampai dewasa sekitar 4-9 bulan (Rianda, 2018). Siklus hidup *O. rhinoceros* (Gambar 2).



Gambar 2. Siklus Hidup *O. rhinoceros*
(Sumber : Sitinjak, 2018)

Kumbang tanduk betina bertelur pada bahan-bahan organik yang lapuk. Telur-telur akan diletakkan pada sampah-sampah, pada pucuk kelapa yang mati, dan ada yang diletakkan pada kotoran-kotoran yang terdapat di antara pelepah-pelepah. *O. rhinoceros* dapat bertelur 3-4 kali selama hidupnya, telur diletakkan secara berkelompok dengan jumlah telurnya 30-70 butir atau lebih. Stadium telur lamanya 8-12 hari, Semakin lama telur semakin membulat, besarnya bertambah dan warnanya menjadi lebih kelam (Rianda, 2018).

Larva *O. rhinoceros* berkaki tiga pasang, larva hidup dengan memakan bagian organik yang ada di dekatnya. Larva terdiri dari tiga instar. Masa larva instar pertama 12-21 hari, instar kedua 21-60 hari, dan instar ketiga 60-165 hari. Larva dewasa berbentuk huruf C, berwarna putih kekuning-kuningan, kepala dan kakinya berwarna merah coklat sedangkan yang baru menetas berwarna putih dengan panjang 8 mm. Larva terakhir mempunyai ukuran tubuh sekitar 10 sampai dengan 12 cm. Larva-larva yang telah dewasa masuk lebih dalam ke dalam tanah yang sedikit lembab (lebih kurang 30 cm) untuk berkepompong (Dewantara, 2018).

Selama stadia larva, *O. rhinoceros* akan terus makan sampai memasuki tahap prapupa. Pada tahap ini larva *O. rhinoceros* tidak dapat makan lagi. Prapupa terlihat menyerupai larva, hanya saja lebih kecil dari larva instar terakhir, menjadi berkerut serta aktif bergerak ketika diganggu. Lama stadia prapupa berlangsung 8-13 hari. Stadia selanjutnya adalah pupa, ukuran pupa sekitar 4,5-6 cm dan berlangsung selama 20-25 hari (Mawardani, 2019).

Pupa berada di dalam tanah, berwarna coklat kekuningan berada dalam kokon yang dibuat dari bahan-bahan organik di sekitar tempat hidupnya. Pupa jantan berukuran sekitar 3-5 cm yang betina agak pendek. Masa kepompong berlangsung antara 17-28 hari. Kumbang yang baru muncul dari pupa akan tetap tinggal di tempatnya antara 5-20 hari, kemudian terbang keluar (Dewantara, 2018).

Imago *O. rhinoceros* berwarna hitam, ukuran tubuh 35-45 mm, imago *O. rhinoceros* mempunyai panjang 30-57 mm dan lebar 14-21 mm, imago jantan lebih kecil dari imago betina. *O. rhinoceros* betina mempunyai bulu tebal pada bagian ujung *abdomennya*, sedangkan yang jantan tidak berbulu. *O. rhinoceros* dapat terbang sampai sejauh 9 km. Imago aktif pada malam hari untuk mencari makanan dan mencari pasangan untuk berkembang biak (Sitinjak, 2018).

2.1.3 Gejala Serangan *Oryctes rhinoceros*

Serangan hama kumbang tanduk merupakan salah satu faktor pembatas penyebab penurunan produksi kelapa sawit. Kumbang tanduk dapat menyerang pada tanaman belum menghasilkan (TBM), apabila populasi sangat tinggi maka kumbang tanduk akan menyerang tanaman tua maupun muda. Serangan hama kumbang tanduk pada kelapa sawit dapat menyebabkan kerusakan parah sebanyak

15% daun rusak dan dapat mengakibatkan kematian tanaman muda hingga 20% dan menurunkan produksi tandan buah segar hingga 69% pada tahun pertama (Hendarjanti, 2021).

Gejala serangan hama *O. rhinoceros* akan terlihat pada daun yang sudah terbuka, ditandai dengan adanya guntingan yang berbentuk seperti huruf “V” (Gambar 3). Jika titik tumbuh dari pohon kelapa tersebut ikut tergerak, maka daun kelapa tidak akan tumbuh daun baru lagi dan akhirnya akan mati. Imago dari *O. rhinoceros* menggerak pucuk pohon kelapa dengan tujuan mencari bagian yang muda dan lunak serta yang mengandung air (Cahyanti, 2019).



Gambar 3. Gejala Serangan *O. rhinoceros* pada Daun Kelapa Sawit (Lukmana & Alamudi, 2018)

Upaya pengendalian terus dikembangkan dalam menghadapi serangan hama *O. rhinoceros*. Upaya pengendalian yang ramah lingkungan dapat dijadikan sebagai alternatif yaitu dengan memanfaatkan jamur entomopatogen. Jamur *M. anisopliae* merupakan salah satu agen pengendali biologis yang cukup potensial dalam mengendalikan hama pada berbagai fase perkembangan mulai dari fase telur, larva, pupa sampai imago (Widiarti *et al.*, 2019).

2.2 *Metarhizium anisopliae*

2.2.1 Klasifikasi *M. anisopliae*

M. anisopliae adalah salah satu agen pengendali hayati yang mempunyai kemampuan entomopatogenik yang digunakan untuk pengendalian hama tanaman. *M. anisopliae* biasanya juga disebut dengan “*Green Muscardine Fungus*” dan tersebar di seluruh dunia. Jamur ini digunakan pertama kali untuk mengendalikan hama kumbang kelapa lebih dari 85 tahun yang lalu dan semenjak itu digunakan di beberapa negara termasuk Indonesia. Jamur *M. anisopliae* tergolong dalam organisme saprofit fakultatif dapat hidup dan berkembang dalam serangga hidup, pada bahan organik di lapangan dan pada media buatan (Mawardani, 2019).

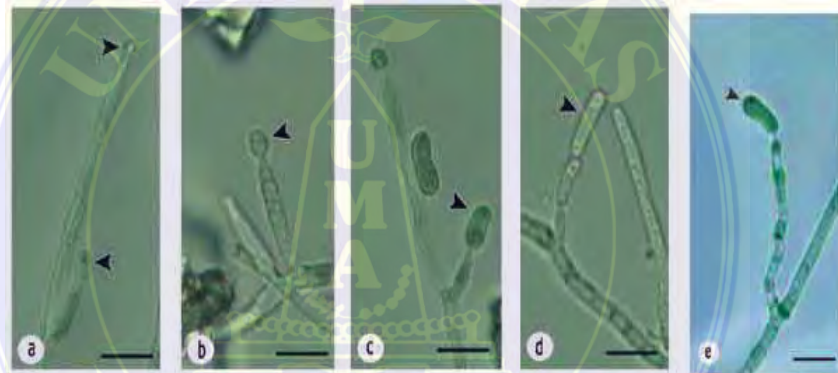
Menurut Manurung (2020), klasifikasi jamur *M. anisopliae* adalah sebagai berikut:

Kingdom	: Eumycota
Filum	: Ascomycota
Kelas	: Sardariomycetes
Ordo	: Hypocreales
Famili	: Clavicipitaceae
Genus	: <i>Metarhizium</i>
Spesies	: <i>Metarhizium anisopliae</i>

Metarhizium sp adalah jamur yang dikelompokkan ke dalam divisi *Amastigomycotina*. Jamur ini merupakan jamur tanah bila dalam keadaan saprofit. Sebanyak 204 isolat *Metarhizium* sp berhasil diisolasi dari tanah, suhu optimum pertumbuhan jamur berkisar antara 22-27° C. konidia akan membentuk kecambah

pada kelembapan diatas 90%. Kisaran pH untuk pertumbuhan jamur ini antara 3,3-8,5 (Tanada *et al.*, 1993 dalam Sitinjak, 2018).

Pada awal pertumbuhan koloni cendawan berwarna putih, kemudian berubah menjadi hijau gelap dengan bertambahnya umur. Miselium jamur berdiameter 1,98-2,97 μm . Konidiofor tersusun rapat dengan struktur seperti *sporodokium* yang sering kali tersusun seperti susunan lilin “*phialidae*” . Pada ujung dibentuk spora dalam rantai spora satu sel yang ber dinding halus, dengan ukuran 9,0-9,9 μm tidak berwarna dan berbentuk *silindris* “*oval*” (Manurung, 2020).



Gambar 4. Tahap Perkembangan Spora *Metarhizium anisopliae* (a,b, dan c) spora muda (d dan e) spora matang (Moslim & Kamarudin, 2014)

2.2.2 Virulensi *Metarhizium anisopliae*

Virulensi merupakan kemampuan mikroorganisme patogenik untuk menyebabkan kerusakan pada inang. Virulensi menjadi salah satu pertimbangan dalam pemilihan patogen untuk pengendalian hayati. Cendawan *M. anisopliae* menghasilkan, *destruxin* A, B, C, D, E dan *desmethy destruxin* B sehingga memiliki aktivitas larvisidal serta memiliki sifat parasit pada beberapa jenis serangga. *Destruxin* yang dihasilkan oleh *M. anisopliae* merupakan *depsipepsida siklik* dan diasumsikan pada virulensi jamur entomopatogen (Assabila, 2021).

M. anisopliae sangat virulen membunuh larva dalam jumlah besar dan terdapat variasi serangan pada sarang-sarang yang diaplikasikan cendawan *M. anisopliae*. *M. anisopliae* dapat menghambat saluran pencernaan pada bagian usus tengah larva yang terinfeksi akibat senyawa *destruxin* yang dikeluarkan oleh cendawan tersebut. Dalam kondisi optimal serangga mati dan jamur mengeluarkan *oosporin* sehingga dapat bersaing dengan mikroorganisme lain yang berada di saluran usus serangga. Cara serangan *M. anisopliae* dilakukan dengan kolonisasi *haemocoel* serangga atau dengan *Toksemia* yang disebabkan oleh adanya racun yang berlebihan dalam darah inang. *Toksemia* akan terjadi bila dosis inokulum cukup tinggi (Boussahoua *et al.*, 2020).

Efektivitas *M. anisopliae* terhadap serangga sering kali dipengaruhi oleh kondisi lingkungan seperti radiasi matahari, suhu dan kelembapan. Radiasi matahari memiliki pengaruh yang signifikan terhadap persistensi spora jamur entomopatogen. Paparan sinar matahari bahkan selama beberapa jam terutama bagian ultraviolet dari spektrum (285-315 nm) dapat sepenuhnya menonaktifkan spora *M. anisopliae*. Suhu yang optimal untuk pertumbuhan spora *M. anisopliae* antara 22-27° C dan untuk kelembapannya spora *M. anisopliae* akan tumbuh dengan baik pada kelembapan di atas 90 % dan pada kelembapan yang lebih tinggi akan semakin tinggi virulensinya, pada kelembapan di bawah 86 % virulensi cendawan *M. anisopliae* akan menurun (Sitinjak, 2018).

2.2.3 Mekanisme Infeksi *Metarhizium anisopliae*

M. anisopliae dalam menginfeksi serangga memiliki empat tahap penginfeksi yaitu tahap inokulasi, tahap penempelan dan perkecambahan, tahap penetrasi dan tahap dekstruksi. Spora *M. anisopliae* akan berkecambah pada

kutikula inang dan melakukan penetrasi dengan enzim *hidrolisis* (*peptidase* dan *kitinase*), lalu dengan bantuan tekanan mekanis enzim tersebut menghancurkan integumen dengan cara lisis. Setelah masuk, spora *M. anisopliae* dengan cepat memperbanyak diri sehingga blastopora segera menyelimuti tubuh inang, propagul miselia akan disebar ke seluruh rongga tubuh melalui aliran *haemolymph* (Sari, 2018).

Gejala serangan awal larva *O. rhinoceros* yang terinfeksi *M. anisopliae* antara lain terjadi penurunan nafsu makan, gerakan larva menjadi lambat, timbulnya bercak coklat pada tubuh larva, warna tubuh larva menjadi kusam dan diselimuti oleh miselium berwarna putih dan mulai mengeras atau mumifikasi akibat penyerapan jaringan dan cairan oleh cendawan *M. anisopliae*. Semakin bertambahnya hari miselium *M. anisopliae* akan berubah warna menjadi hijau (Indriyanti *et al.*, 2018).



Gambar 5. Larva *O. rhinoceros* yang Terinfeksi *Metarhizium anisopliae* (sumber: Naldy, 2022)

2.3 Media Pertumbuhan Cendawan

Media pertumbuhan atau media kultur adalah material nutrien yang diperkaya dengan bahan tertentu untuk pertumbuhan mikroorganisme di laboratorium. Media berfungsi untuk tempat tumbuhnya mikroba, isolasi, memperbanyak jumlah, menguji sifat-sifat fisiologi dan perhitungan jumlah

mikroba, dengan proses pembuatannya harus disterilisasi dan menerapkan metode aseptik untuk menghindari kontaminasi (Sujaya, 2017).

Media yang baik untuk pertumbuhan mikroba adalah yang sesuai dengan lingkungan pertumbuhan mikroba tersebut, harus mengandung air untuk menjaga kelembapan dan untuk pertukaran zat atau metabolisme, harus mengandung sumber karbon, mineral, vitamin dan gas, tekanan osmose yaitu harus isotonik, derajat keasaman (pH) umumnya netral, temperatur harus sesuai dan steril (Yusmaniar *et al.*, 2017).

2.3.1 Jenis Media Pertumbuhan Cendawan

Media berdasarkan komposisi atau susunan bahan dan bentuknya dibagi menjadi tiga, yaitu media alami, media semi sintesis dan media sintesis (Sujaya, 2017) dengan penjelasan:

1. Media semi sintesis merupakan media yang disusun dari bahan-bahan alami dan bahan-bahan sintesis. Contohnya: Kaldu nutrisi disusun dari : Pepton 10,0 g, ekstrak daging 10,0 g dan NaCl 5,0 g.
2. Media alami (non sintetis) merupakan media yang disusun dari bahan-bahan alami biasanya langsung diekstrak dari bahan dasarnya seperti: air kelapa tua, singkong, kentang, tepung biji kluwih, sayur dan kacang merah.
3. Media sintesis merupakan media yang disusun dari senyawa kimia dengan jenis dan takaran yang sudah diketahui secara pasti. Contohnya : *Sabaroud Dextrose Agar* (SDA).

Bentuk media ada tiga macam yang dapat dibedakan dari ada atau tidaknya bahan tambahan berupa bahan pematat seperti agar-agar atau gelatin (Yusmaniar *et al.*, 2017) yaitu sebagai berikut:

1. Media Cair

Media cair digunakan untuk pembenihan diperkaya sebelum ditanam ke media padat. Contoh media cair *Potato Dextrose Broth* (PDB), media *Yeast extract Peptone Glucose Broth* (YPGB), *Sabouroud Dextrose Yeast extract Broth* (SDYB), air kelapa tua, *Nutrient Broth*, *Lactose Broth*, *Mac Conkey Broth*, *Tryptic Soy Broth* dan lain-lain.

2. Media Semi Padat

Media semi padat merupakan media yang mengandung agar dengan jumlah setengah dari jumlah seharusnya, sehingga media menjadi kenyal, tidak padat dan tidak begitu cair. Umumnya digunakan untuk pertumbuhan mikroba yang banyak memerlukan air dan hidup anerobik dan untuk melihat pergerakan mikroba.

3. Media Padat

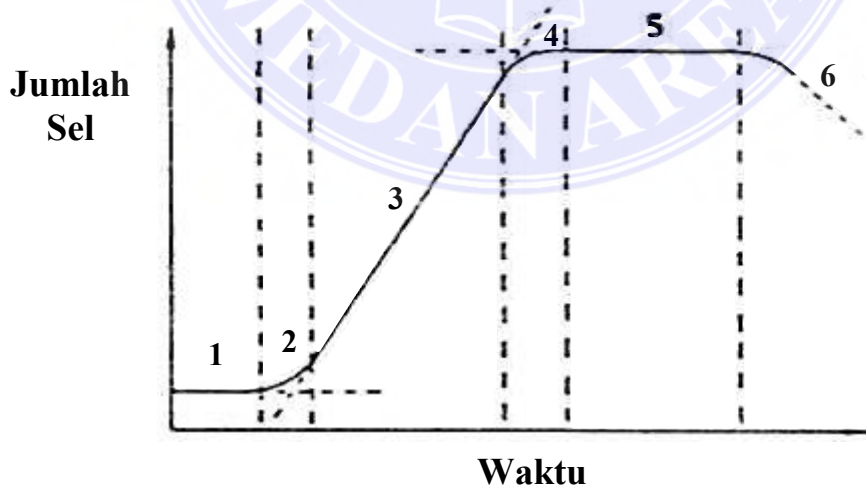
Media padat mengandung komposisi agar sebanyak 15 %, media ini untuk isolasi dan untuk memperoleh biakan murni mikroba, serta untuk mempelajari jamur atau bakteri. Contoh media padat *Saboraud Dextrose Agar* (SDA), *Potato Dextrose Agar* (PDA), *Plate Count Agar* (PCA) dan lain-lain.

2.3.2 Pertumbuhan Jamur

Setiap mikroorganisme mempunyai kurva pertumbuhan, begitu pula fungi. Kurva tersebut diperoleh dari menghitung massa sel pada kapang atau kekeruhan media pada khamir dalam waktu tertentu. Kurva pertumbuhan mempunyai beberapa fase (Prayitno, 2017) antara lain :

1. Fase *lag*, yaitu fase penyesuaian sel-sel dengan lingkungan dan pembentukan enzim-enzim *hidrolisis* untuk menguraikan substrat;

2. Fase *akselerasi*, yaitu sel-sel fungi mulai memanfaatkan substrat dan tumbuh, serta fase lag menjadi fase aktif;
3. Fase *eksponensial*, merupakan fase perbanyak jumlah sel yang sangat banyak, aktivitas sel sangat meningkat dan fase ini merupakan fase yang penting dalam kehidupan fungi;
4. Fase *deselerasi*, yaitu waktu sel-sel mulai kurang aktif membelah, kita dapat memanen biomassa sel atau senyawa-senyawa yang tidak lagi diperlukan oleh sel-sel;
5. Fase *stasioner*, yaitu fase jumlah sel yang bertambah dan jumlah sel yang mati relatif seimbang dan pertumbuhan sel mulai berhenti. Kurva pada fase ini merupakan garis lurus yang horizontal;
6. Fase kematian, fase yang dikenal dengan sebutan fase kerusakan sel atau fase autolisis. Sel-sel fungi banyak yang mati akibat kekurangan nutrisi dan keracunan hasil metabolismenya sendiri.



Gambar 6. Kurva Pertumbuhan Fungi
(1) fase lag; (2) fase *akselerasi*; (3) fase *eksponensial*; (4) *deselerasi*;
(5) fase *stasioner*; (6) fase kematian (Sumber : Prayitno, 2017)

III. Metode Penelitian

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Proteksi Tanaman Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS) Unit Marihat Jalan Pematang Siantar-Tanah Jawa KM. 5 Marihat Ulu, Siantar, Simalungun, Sumatera Utara. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni sampai bulan Agustus 2023 (Lampiran 1).

3.2 Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini isolat jamur *M. anisopliae* koleksi dari PPKS (Pusat Penelitian Kelapa Sawit), Larva *O. rhinoceros* instar 2, media *Potato Dextrose Broth* (PDB), *Sabouroud Dextrose Yeast extract Broth* (SDYB), media *Yeast extract Peptone Glucose Broth* (YPGB), air kelapa tua, PDA sintesis, glukosa, alkohol 76%, akuades, sabun cair, busukan batang kelapa sawit dan tandan kosong.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah mikroskop olympus CX33, autoklaf, oven, *laminar air flow*, *shakers*, panci, *vortex*, timbangan analitik, bunsen, *baker glass*, *erlenmeyer*, cawan Petri ukuran 100 x 20 mm, tabung reaksi, gelas ukur, *cover glass*, *haemocytometer* (Superior marienfeld), jarum ose, bor gabus, bunsen, *plastic wrapping*, *aluminium foil*, kapas, tisu, *handsprayer*, saringan, pipet mikro dan kotak plastik mika.

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) non faktorial, dengan perlakuan yaitu:

H1 = Media *Potato Dextrose Broth* (PDB)

H2 = Media *Sabouroud Dextrose Yeast extract Broth* (SDYB)

H3 = Media *Yeast extract Peptone Glucose Broth* (YPGB)

H4 = Air Kelapa Tua

Banyak ulangan dari masing-masing perlakuan adalah:

$$t(r-1) \geq 15$$

$$4(r-1) \geq 15$$

$$4r - 4 \geq 15$$

$$4r \geq 19$$

$$r \geq 19/4$$

$$r \geq 4,75$$

$$r \geq 5$$

Keterangan :
t : Perlakuan
r : Ulangan

Satuan Penelitian:

Jumlah perlakuan : 4 perlakuan

Jumlah ulangan : 5 ulangan

Jumlah unit percobaan : 20 sampel (Lampiran 2)

3.4 Metode Analisis Data Penelitian

Data hasil penelitian ditransformasi dengan rumus akar kuadrat (SQRT) kemudian dianalisis dengan *Analysis of Variance* (ANOVA) berdasarkan model linear dari rancangan yang digunakan adalah :

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Keterangan :

Y_{ij} = Hasil pengamatan pada perlakuan ke-i dan ulangan ke-j.

μ = Nilai tengah umum.

τ_i = Nilai pengamatan pengaruh perlakuan ke-i.

ε_{ij} = Galat percobaan dari perlakuan ke-i dan ulangan ke-j.

Apabila hasil ANOVA menunjukkan hasil berbeda nyata dan sangat nyata, maka dilanjutkan dengan Uji beda rata-rata menurut *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) pada uji taraf 5 %.

3.5 Pelaksanaan Penelitian

3.5.1 Sterilisasi Alat

Alat yang terbuat dari kaca direbus dengan air dan tambahan *clorox* selama 4-5 jam. Alat hasil rebusan direndam menggunakan air sabun selama 24 jam. Alat dicuci bersih menggunakan sabun, kemudian dibilas dengan 3 kali pembilasan yang diakhiri dengan pembilasan air yang mengalir. Alat dikering anginkan, hingga air tidak menetes kembali. Setelah kering alat dimasukkan ke plastik anti panas (untuk cawan Petri dibungkus menggunakan kertas buram), lalu dimasukkan ke autoklaf dengan menggunakan suhu 121°C, pada tekanan 1 - 2 atm selama 2 jam. Setelah itu, alat dikering anginkan, kemudian alat dimasukkan

ke oven dengan menggunakan suhu 150-170°C. Lalu simpan alat di tempat yang steril atau alat telah siap untuk digunakan.

3.5.2 Pembuatan *Media Potato Dextrose Agar* (PDA)

Media PDA yang digunakan adalah media PDA sintetis berbentuk bubuk yang tersedia di Laboratorium Proteksi Pusat Penelitian Kelapa Sawit. PDA sebanyak 20 g dimasukkan ke dalam gelas baker dan dicampur dengan akuades sebanyak 500 ml. Kemudian dilakukan perebusan menggunakan panci selama 15 menit hingga PDA larut dan tercampur homogen. Selanjutnya PDA dituang ke dalam *erlenmeyer*, tutup *erlenmeyer* dengan kapas dan *aluminium foil* lalu diikat dengan karet gelang. Setelah itu disterilisasi di autoklaf selama 2 jam dengan suhu 121°C, setelah itu keluarkan PDA dari autoklaf lalu didinginkan hingga hangat-hangat kuku kemudian dituang ke dalam cawan Petri untuk digunakan dalam peremajaan *M. anisopliae*.

3.5.3 Peremajaan *Metarhizium anisopliae*

Jamur entomopatogen *M. anisopliae* diperoleh dari Laboratorium Proteksi Tanaman Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS) yang berasal dari *O. rhinoceros* yang terinfeksi jamur *M. anisopliae*. Stok kultur *M. anisopliae* diremajakan pada medium *Potato Dextrose Agar* (PDA) pada ruang steril (*laminar air flow*) dan diinkubasi selama 21 hari hingga diperoleh biakkan murni *M. anisopliae*.

3.5.4 Pembuatan Media Cair Pertumbuhan *M. anisopliae*

Cendawan *M. anisopliae* akan dibiakkan pada media cair. Media cair yang digunakan yakni media cair *Potato Dextrose Broth* (PDB), *Sabouroud Dextrose Yeast extract Broth* (SDYB), media *Yeast extract Peptone Glucose Broth* (YPGB) dan air kelapa tua. Masing-masing media cair dituang ke dalam *erlenmeyer*

ukuran 100 ml dan masing-masing *erlenmeyer* diisi sebanyak 70 ml untuk digunakan dalam percobaan.

Tabel 1. Komposisi Media Cair yang Digunakan dalam Percobaan

Perlakuan	Komposisi Media						
	PDB (g)	SDB (g)	<i>Yeast extract</i> (g)	Pepton (g)	Glukosa (g)	Air kelapa tua (ml)	Akuadest (ml)
PDB	12	-	-	-	-	-	500
SDBY	-	20	5	-	-	-	500
YPGB	-	-	5	10	20	-	500
Air Kelapa Tua	-	-	-	-	50	490	10

1. Pembuatan Media *Potato Dextrose Broth* (PDB)

Pembuatan media PDB diawali dengan menimbang 12 g PDB dimasukkan ke dalam gelas baker dan dilarutkan dengan akuadest 500 ml. Kemudian dilakukan perebusan menggunakan panci selama 15 menit hingga PDB larut dan tercampur homogen. Selanjutnya PDB dituang ke dalam *erlenmeyer* ukuran 100 ml, sebanyak 5 *erlenmeyer* dengan volume masing-masing *erlenmeyer* sebanyak 70 ml. Tutup *erlenmeyer* dengan kapas dan *aluminium foil* lalu diikat dengan karet gelang. Kemudian media disterilkan menggunakan autoklaf dengan suhu 121⁰C pada tekanan 1,5-2 atm selama 2 jam.

2. Pembuatan Media *Sabouraud Dextrose Yeast extract Broth* (SDYB)

Bahan-bahan yang digunakan yaitu *Sabouraud Dextrose Broth* 20 g dan *Yeast extract* 5 g. Bahan-bahan tersebut dimasukkan ke dalam gelas baker dan ditambahkan akuades 500 ml, kemudian dipanaskan hingga larut dan tercampur homogen. Selanjutnya media dituang ke dalam *erlenmeyer* ukuran 100 ml, sebanyak 5 *erlenmeyer* dengan volume masing-masing *erlenmeyer* sebanyak 70 ml. Tutup *erlenmeyer* dengan kapas dan *aluminium foil* lalu diikat dengan karet

gelang. Kemudian media disterilkan menggunakan autoklaf dengan suhu 121⁰C pada tekanan 1,5-2 atm selama 2 jam.

3. Pembuatan Media *Yeast extract Peptone Glucose Broth* (YPGB)

Bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan media YPGB, yaitu *Yeast extract* 5 g, pepton 10 g, dan glukosa 20 g. Bahan-bahan tersebut dimasukkan ke dalam gelas baker selanjutnya ditambahkan akuades 500 ml dan dipanaskan hingga larut dan tercampur homogen. Selanjutnya media dituang ke dalam *erlenmeyer* ukuran 100 ml, sebanyak 5 *erlenmeyer* dengan volume masing-masing *erlenmeyer* sebanyak 70 ml. Tutup *erlenmeyer* dengan kapas dan *aluminium foil* lalu diikat dengan karet gelang. Kemudian media disterilkan menggunakan autoklaf dengan suhu 121⁰C pada tekanan 1,5-2 atm selama 2 jam.

4. Pembuatan Media Air Kelapa Tua

Bahan-bahan yang digunakan yakni air kelapa tua 490 ml, akuades 10 ml dan glukosa 50 g. Bahan-bahan tersebut dimasukkan ke dalam *baker glass*, kemudian dipanaskan hingga larut dan tercampur homogen. Selanjutnya media dituang ke dalam *erlenmeyer* ukuran 100 ml, sebanyak 5 *erlenmeyer* dengan volume masing-masing *erlenmeyer* sebanyak 70 ml. Tutup *erlenmeyer* dengan kapas dan *aluminium foil* lalu diikat dengan karet gelang. Kemudian media disterilkan menggunakan autoklaf dengan suhu 121⁰C pada tekanan 1,5-2 atm selama 2 jam.

3.5.5 Perbanyak *M. anisopliae* Pada Media Cair

Cendawan *M. anisopliae* yang sudah diremajakan pada media *Potato Dextrose Agar* (PDA) kemudian ditumbuhkan pada media cair. Sebanyak satu bor gabus biakan murni jamur *M. anisopliae* diinokulasikan secara aseptis pada

masing-masing media cair yang sudah steril, selanjutnya diaduk dengan kecepatan 150 rpm selama 15 hari.

3.5.6 Penyediaan Media Hidup Larva *O. rhinoceros*

Media hidup larva *O. rhinoceros* yang digunakan yakni batang kelapa sawit yang sudah busuk serta tandan kosong yang dicampur merata. Wadah yang digunakan adalah kotak plastik mika ukuran 24 cm x 24 cm x 8 cm yang dimodifikasi dengan melubangi bagian tutupnya. Masing-masing kotak plastik mika diisi sebanyak 700 g batang kelapa sawit yang telah melapuk dan tandan kosong.

3.5.7 Penyediaan Larva *O. rhinoceros*

Larva *O. rhinoceros* dikumpulkan dari perkebunan PTPN III kebun desa Hulu, kabupaten Simalungun. Larva yang diambil dari lapangan kemudian diseleksi dengan ukuran tubuhnya sama. Penelitian ini menggunakan larva instar 2, ciri-ciri larva instar 2 berukuran panjang 3-6 cm, lebar 0,6-1,5 cm dan kepala 0,6-0,8 cm, berwarna agak kekuningan dan bagian ekor agak gelap (Bedford, 2013). Selanjutnya larva *O. rhinoceros* yang sudah dikumpulkan dibawa ke ruangan insektarium dan dimasukkan ke dalam wadah yang berisi pakan agar larva dapat menyesuaikan diri. Sebelum aplikasi, larva dibiarkan selama tiga hari di dalam wadah untuk mengetahui daya adaptasinya.

3.5.8 Aplikasi *M. anisopliae* ke Serangga Uji

Cendawan *M. anisopliae* dipanen dengan cara, menyaring sebanyak 10 ml suspensi *M. anisopliae* yang ditumbuhkan dalam media cair ke dalam tabung reaksi. Setelah itu dilakukan homogenisasi dengan menggunakan *vortex* selama 1 menit. Setelah homogen kemudian suspensi cendawan *M. anisopliae* dimasukkan

ke dalam *handsprayer* dan ditambahkan air sebanyak 90 ml yang menjadi larutan sebanyak 100 ml, lalu diaduk hingga merata. Pengaplikasian dilakukan dengan metode semprot menggunakan alat *handsprayer*. Larutan cendawan *M. anisopliae* yang telah homogen disemprotkan langsung pada media hidup larva serta pada tubuh larva *O. rhinoceros*. Masing-masing kotak plastik mika berisi pakan sebanyak 700 g. Pengaplikasian ke larva akan ditambahkan kontrol atau tanpa perlakuan jamur dengan menggunakan akuades. Larva yang diuji adalah larva instar 2 sebanyak 5 ekor per ulangan dengan jumlah total 125 ekor.

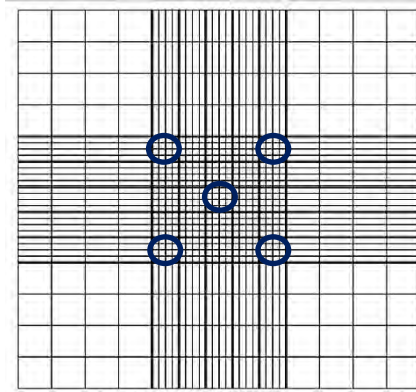
3.6 Parameter Pengamatan

3.6.1 Morfologi Cendawan

Pengamatan morfologi cendawan dilakukan dengan mengamati bentuk morfologi spora *M. anisopliae* secara mikroskopis. Pengamatan secara mikroskopis yaitu dengan mengamati tipe spora yang dihasilkan dengan mikroskop perbesaran 400x.

3.6.2 Kerapatan Spora

Penghitungan kerapatan spora dilakukan dengan menyiapkan *haemocytometer* (Superior marienfeld) dan mengambil 0,2 ml isolat uji dengan menggunakan pipet mikro 1 ml. Suspensi cendawan *M. anisopliae* dimasukkan pada bidang hitung dengan pipet mikro melalui kedua kanal pada sisi atas dan bawah, sehingga bidang hitung terenuhi suspensi secara kapiler dan mendingkannya selama 1 menit agar posisi stabil dan ditutup dengan *cover glass*. Kemudian dihitung jumlah spora yang terletak pada garis batas kotak hitung (a+b+c+d+e) dengan mikroskop perbesaran 400x.



Gambar 7. Bidang Hitung Penghitungan Spora pada *Haemocytometer*
(Sumber : Utami *et al.*, 2018)

Penghitungan kerapatan spora dihitung dengan menggunakan rumus (Gabriel dan Riyanto, 1989):

$$j = \frac{t \times d}{0,25 \cdot 10^{-4} \times 0,1 \times n} \times 10^2$$

Keterangan:

j = Jumlah spora (spora/ml air)

t = Jumlah spora dalam semua kotak kecil bujur sangkar yang dihitung

n = Jumlah kotak bujur sangkar yang dihitung ($n = 80$)

d = Faktor pengencer bila harus diencerkan ($d = 10$)

3.6.3 Viabilitas Spora

Viabilitas spora ditentukan dengan cara suspensi cendawan *M. anisopliae* diinkubasi selama 24 jam. Setelah itu suspensi cendawan *M. anisopliae* dimasukkan pada bidang hitung *haemocytometer* dengan pipet mikro lalu dihitung jumlah spora yang berkecambah dan tidak berkecambah pada bidang pandang di bawah mikroskop dengan pembesaran 400 kali. Perhitungan viabilitas spora dilakukan setelah diinkubasi selama 24 jam.

Viabilitas spora dihitung dengan menggunakan rumus (Gabriel & Riyanto, 1989):

$$V = \frac{g}{g + u} \times 100\%$$

Keterangan :

V = Perkecambahan spora (viabilitas)

g = Jumlah spora yang berkecambah

u = Jumlah spora yang tidak berkecambah

3.6.4 Mortalitas Serangga Uji *O. rhinoceros*

Pengamatan mortalitas serangga uji dilakukan setiap hari sampai hari ke enam belas. Mortalitas dihitung dengan rumus (Utami, 2010).

$$P = \frac{A}{B} \times 100\%$$

Keterangan :

P = Persentase mortalitas serangga uji

A = Jumlah serangga yang mati

B = Jumlah serangga keseluruhan atau serangga awal

Bila terdapat kematian serangga uji pada perlakuan kontrol maka dikoreksi dengan rumus:

$$Ms = \frac{Mp - Mk}{100 - Mk} \times 100\%$$

Keterangan:

Ms = Persentase mortalitas sebenarnya

Mp = Persentase mortalitas perlakuan

Mk = Persentase mortalitas kontrol

3.6.5 Analisis Probit LT_{50}

Pengamatan dilakukan mulai satu hari setelah aplikasi jamur hingga tercipta rata-rata kematian 100% dari masing-masing perlakuan. Pengaruh masing-masing perlakuan yang diaplikasikan terhadap *O. rhinoceros* tersebut dihitung dengan cara menetapkan nilai LT_{50} dengan menggunakan Analisis Probit (Marthaen *et al.*, 2016).



V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Pengembangan *M. anisopliae* pada beberapa media cair mempengaruhi tipe spora *M. anisopliae*. Spora yang dihasilkan dari perlakuan H1 (media *Potato Dextrose Broth*), H2 (media *Sabouroud Dextrose Yeast extract Broth*) dan H3 (media *Yeast extract Peptone Glucose Broth*) merupakan spora konidiospor sedangkan perlakuan H4 (air kelapa tua) menghasilkan spora blastospor dan konidiospor.
2. Respon perlakuan pengembangan *M. anisopliae* pada beberapa media cair berpengaruh sangat nyata terhadap kerapatan spora, viabilitas spora dan persentase mortalitas larva *Oryctes rhinoceros* L. Perlakuan terbaik terdapat pada perlakuan H4 atau media air kelapa tua dimana persentase mortalitas pada hari ke 12 setelah aplikasi sudah mencapai mortalitas 100% dengan LT_{50} 7,16 hari.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilaksanakan, disarankan untuk melakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh berbagai media cair lainnya terhadap perkembangan *M. anisopliae* serta melakukan pengaplikasian terhadap beberapa serangga hama dengan kerapatan spora yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

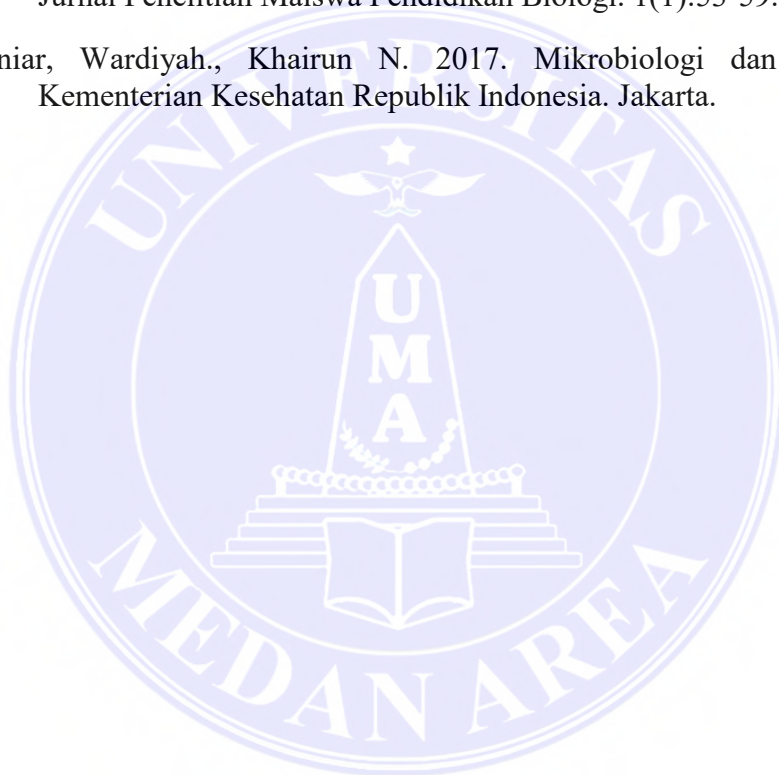
- Armawi. 2009. Pengaruh Tingkat Kemasakan Buah Kelapa dan Konsentrasi Air Kelapa pada Media Tanam Terhadap Pertumbuhan Jamur Tiram Putih (*Pleurotus ostreatus*) (Skripsi). Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim. Malang.
- Assabila, S. S. Uji Toksisitas Senyawa *Destruxin* dari Beberapa Isolat *Metarhizium anisopliae* terhadap Ulat Grayak *Spodoptera litura* F. Skripsi Universitas Jember. Jember.
- Bedford G.O. 2013. Long-Term Reduction in Damage by *rhinoceros beetle* *Oryctes rhinoceros* (L.) (Coleoptera: Scarabaeidae: Dynastinae) to Coconut Palms at *Oryctes* Nudivirus Release Sites on Viti Levu, Fiji. *African Journal of Agricultural Research* 8:6422–6425.
- Boussahoua, M., Saoula, S., & Outtar, F. (2020). Influence des facteurs abiotiques sur la croissance mycélienne de champignon entomopathogène *M. anisopliae* (Doctoral Dissertation).
- Cahyanti, T. (2019) Mortalitas Larva *Oryctes rhinoceros* Akibat Perlakuan Larutan Metabolit Sekunder *Beauveria bassiana* dan *Beauveria bassiana* Dalam Formulasi Kaolin. Skripsi Universitas Negeri Semarang. Semarang.
- Direktorat Jendral Perkebunan. 2021. Statistik Perkebunan Unggulan Indonesia 2019-2020. https://drive.google.com/file/d/IZpXeZogAQYfCIB0gVLhYi8X_vujdHx/view. [Diakses 20 Januari 2023].
- Direktorat Jenderal Perkebunan. 2014. Statistik Perkebunan Indonesia 2013-2015: Kelapa Sawit. Jakarta: Direktorat Jenderal Perkebunan.
- Dewantara, M. T. (2018). Uji Efektivitas Entomopatogen *Beauveria bassiana* dan *Bacillus thuringiensis* Dalam Mengendalikan Hama Kumbang Badak (*Oryctes rhinoceros*). Skripsi Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Medan.
- Gabriel, B dan P. Riyatno. 1989. *Metarhizium anisopliae* (Meetsch) Sor. Taksonomi, Patologi, Produksi dan Aplikasinya. Proyek Pengembangan Perlindungan Tanaman Perkebunan. Departemen Pertanian. Jakarta.
- Habisukan, U. H., & Nurokhman, A. (2023). Eksplorasi Fungi Endofit Dari Tanaman Sambung Nyawa (*Gynura procumbens* (Lour.) Merr.). *Jurnal Pro-Life*, 10(1), 733-742.
- Hendarjanti, H. (2021, December). Potensi dan Upaya Mempertahankan Keefektifan Beberapa Entomopatogen dalam Mengendalikan Larva *Oryctes rhinoceros* Linn. di Perkebunan Kelapa Sawit. In Seminar Nasional Lahan Suboptimal (Vol. 9, No. 2021, pp. 411-425).

- Ibrahim, L., & Jenkinson, P. (2002). Effect of artificial culture media on germination, growth, virulence and surface properties of the entomopathogenic hyphomycete *Metarhizium anisopliae*. *Mycological Research*, 106(6), 705-715.
- Indriyanti, D. R., I.B. Damayanti, N. Setiati & Y.A. Maretta. 2018. Mortality and Tissue Damage of *Oryctes rhinoceros* Larvae Infected by *Metarhizium anisopliae*. *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 6(13): 2279-2286.
- Inta R, 2016. Uji Patogenitas Jamur *Metarhizium anisopliae* terhadap Mortalitas Larva *Oryctes rhinoceros* L. Skripsi. Program Studi FMIPA. Universitas Negeri Semarang, Semarang.
- Jackson, C. W., Heale, J. B., & Hall, R. A. Traits associated with virulence to the aphid *Macrosiphoniella sanborni* in eighteen isolates of *Verticillium lecanii*. *Annals of Applied Biology*, 106(1), 39-48.
- Kalshoven, L. G. E. (1981). *Pests of Crops in Indonesia*. Jakarta: PT. Ichtar Baru-Van Hoeve.
- Kapriyanto., Haryadi, N.T., dan Jim, S. 2013. Patogenitas Isolat Cendawan *Metarhizium anisopliae* Entomopatogen terhadap Larva Uret Famili Scarabaieda. *Berkala Ilmiah Pertanian*. Fakultas Petanian. Universitas Jember.
- Khairunnisa, K., Martina, A., & Titrawani, T. (2014). Uji Efektivitas Jamur *Metarhizium anisopliae* Cps. ta Isolat Lokal Terhadap Hama Rayap (*Coptotermes Curvignathus*) (Doctoral Dissertation, Riau University).
- Lukmana, M., & Alamudi, F. (2018). Intensitas Serangan Hama Kumbang Tanduk (*Oryctes rhinoceros* L.) Pada Tanaman Kelapa Sawit Belum Menghasilkan di Pt Barito Putera Plantation. *Agrisains*, 4(01), 11-15.
- Manurung, A. A. (2020). Uji Efektifitas Jamur Entomopatogen *Metarhizium anisopliae* dan *Beauveria bassiana* Untuk Mengendalikan Hama *Crocidolomia binotalis* Pada Tanaman Kubis *Brassica oleracea* di Laboratorium (Doctoral Dissertation).
- Manurung, E. M., Tobing, M. C., Lubis, L., & Priwiratama, H. (2012). Efikasi beberapa formulasi *Metarhizium anisopliae* terhadap larva *Oryctes rhinoceros* L.(Coleoptera: Scarabaeidae) di insektarium. *Jurnal Online Agroekoteknologi*, 1(1).
- Marthaen, LS, Aprianto, F, Hasyim, A & Lukman, L. 2016. Potensi Campuran *Spodoptera exigua Nucleopolyhedrovirus* (seNPV) dengan insektisida botani untuk meningkatkan mortalitas ulat bawang *Spodoptera exigua* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae) di Laboraturium. *J. Hort.* Vol 26, no. 1, pp. 999-1010.

- Mascarin GM, Jackson MA, Kobori NN, Behle RW, Junior IB. 2010. Liquid culture fermentation for rapid production of desiccation tolerant blastospores of *Beauveria bassiana* and *Isaria fumosorosea* strains. *Journal of Invertebrate Pathology* 127(2015):11-20.
- Mawardani, S. (2019). Uji Efektivitas Beberapa Metabolit Sekunder Jamur Entomopatogen Untuk Mengendalikan Hama *Oryctes rhinoceros* di Laboratorium. Skripsi Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Medan.
- Moslim, R., & Kamarudin, N. 2014. The Use Palm Kernel Cake in The Production of Conidium and Blastopores of *Metarhizium anisopliae* Var. Major for Control of The *Oryctes rhinoceros*. *Journal of Oil Palm Research* 26 (2) : 133 – 139.
- Naldy P, S. (2022). Pengaruh Subkultur Jamur Entomopatogen *Metarhizium sp* Terhadap Mortalitas Larva Kumbang Tanduk (*Oryctes rhinoceros* L.) (Doctoral Dissertation, Universitas Islam Riau).
- Novianti, D. 2017. Efektifitas Beberapa Media Untuk Perbanyak Cendawan *Metarhizium anisopliae*. *Sainmatika Jurnal* 14 (2) : 81 – 88
- Prando, M.A.S., P. Chiavazza, A. Faggio, C. Contessa. 2014. Pengaruh air kelapa dan suplemen zat pengatur tumbuh pada perbanyak in vitro *Corylus avellana* L. *Scientia Horticulturae* 171 (2014): 91–94.
- Prayitno, T. A. (2017). Pengantar Mikrobiologi. Media Nusa Creative (MNC Publishing).
- Prayogo, Y., W. Tengkanoo., dan Marwoto. (2005). Prospek Cendawan Entomopatogen *Metarhizium anisopliae* Untuk Mengendalikan Ulat Grayak *Spodoptera litura* Pada Kedelai. *Jurnal Litbang Pertanian* 24(1).
- Prayogo, Y. 2006. Upaya mempertahankan keefektifan cendawan entomopatogen untuk mengendalikan hama tanaman pangan. *Jurnal Litbang Pertanian*. 25 (2):47-54.
- Prayogo, Y dan T. Santoso. 2013. Viabilitas dan Infektivitas Formulasi Cendawan Entomopatogen *Lecanicillium lecanii* sebagai Biopestisida Pengendalian Telur Kepik Coklat *Riptortus linearis*. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*. 32 (1): 57-66.
- Prayogo, Y dan W. Tengkanoo. 2002. Effect of Age *Spodoptera litura* Larvae On the Effective of *Metarhizium anisopliae*. *Biosfera (Indonesia)*. 19 (3): 70-76.
- Rahmadi, P. (2022). Penggunaan Tepung Serangga *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) Untuk Pengayaan Media Pertumbuhan Cendawan Entomopatogen *Metarhizium anisopliae* Sebagai Agen Hayati Pengendali *Oryctes rhinoceros* (Coleoptera: Scarabaeidae). Skripsi Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Medan.

- Rianda, R. (2018). Uji Efektivitas Beberapa Entomopatogen Untuk Mengendalikan Larva Kumbang Badak (*Oryctes rhinoceros* L.) Pada Tanaman Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di Laboratorium (Doctoral Dissertation).
- Rohman, F. L., T. B. Saputro dan Y. Prayogo. 2017. Pengaruh Penambahan Senyawa Berbasis Kitin terhadap Pertumbuhan Cendawan Entomopatogen *Beauveria bassiana*. Jurnal Sains dan Seni ITS. 6 (2): 13-16. ISSN : 2337-3520.
- Safavi, S.A., A.S. Farooq, K.P. Azis, R.G. Reza, R.B. Ali, and M.B. Tariq. 2007. Effect of nutrition on growth and virulence of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana*. FEMS Microbiol. Lett. 270(1):116-123.
- Sambiran, W.J & Hosang, M.L.A. (2007). Patogenitas *Metarhizium anisopliae* dari Beberapa Media Air Kelapa Terhadap *Oryctes rhinoceros* L. Buletin Palma 32: 1-9.
- Sari, D. U. (2018). Eksplorasi Jamur Entomopatogen *M. anisopliae* pada Beberapa Tanaman Perkebunan (Doctoral Dissertation).
- Shah, F.A. and M.B. Tariq. 2005. Influence of nutrition on the production and physiology of spores produced by the insect pathogenic fungus *Metarhizium anisopliae*. FEMS. Microbiol. Lett. 250(2):201-207.
- 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.
- Sitinjak, E. S. (2018). Uji Efektivitas Jamur Entomopatogenik *Metarhizium anisopliae* dan *Beauveria bassiana* Terhadap Mortalitas Larva Kumbang Tanduk (*Oryctes rhinoceros*) pada Chipping Batang Kelapa Sawit. Skripsi Universitas Medan Area. Medan.
- Sujaya, I. N. (2017). Mikrobiologi. Bali: Program Studi Ilmu Kesehatan Masyarakat. Universitas Udayana.
- Suryadi, Y dan T. S. Kadir. 2007. Pengamatan Infeksi Jamur Patogen Serangga *Metarhizium anisopliae* (*Metsch. Sorokin*) Pada Wereng Coklat. Berita Biologi 8(6).
- Susanto A, Sudharto dan A.E Prasetyo. 2011. Informasi Organisme Pengganggu Tanaman Kumbang Tanduk *Oryctes rhinoceros* L. Jurnal Pusat Penelitian Kelapa Sawit, 7(2): 1-15.
- Tampubolon, D.Y., Pangestiniingsih, Y., Zahara, F. & Manik, F. 2013. Uji Patogenitas *Bacillus thuringiensis* dan *Metarhizium anisopliae* Terhadap Mortalitas *Spodopteralitura* Fabr (Lepidoptera: Noctuidae) di Laboratorium. Jurnal Online Agroekoteknologi, 1(3).

- Utami, S. 2010. Aktifitas Insektisida Bintaro (*Cerbera odollam* Gaertn) terhadap Hama *Eurema sp.* pada Skala Laboratorium. Jurnal Penelitian Hutan Tanaman 7:211-220.
- Utami, U., Harianie, L., Kusmiyati, N., & Fitriasaki, P. D. (2018). Buku Panduan Praktikum Mikrobiologi Umum.
- Widiarti, W., Wibowo, L., Hariri, A. M., & Fitriana, Y. (2019). Uji Patogenisitas Jamur *M. anisopliae* Isolat Salatiga dan Lampung Selatan terhadap Larva *Oryctes rhinoceros* di Laboratorium. Jurnal Agrotek Tropika, 7(2), 315-323.
- Yuningsih, dan Widiyaningrum, T. 2014 Uji Patogenitas Jamur *Metarhizium anisopliae* terhadap Hama Kumbang Tanduk (*Oryctes rhinoceros* L). Jurnal Penelitian Maiswa Pendidikan Biologi. 1(1):53-59.
- Yusmaniar, Wardiyah., Khairun N. 2017. Mikrobiologi dan Parasitologi. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. Jakarta.

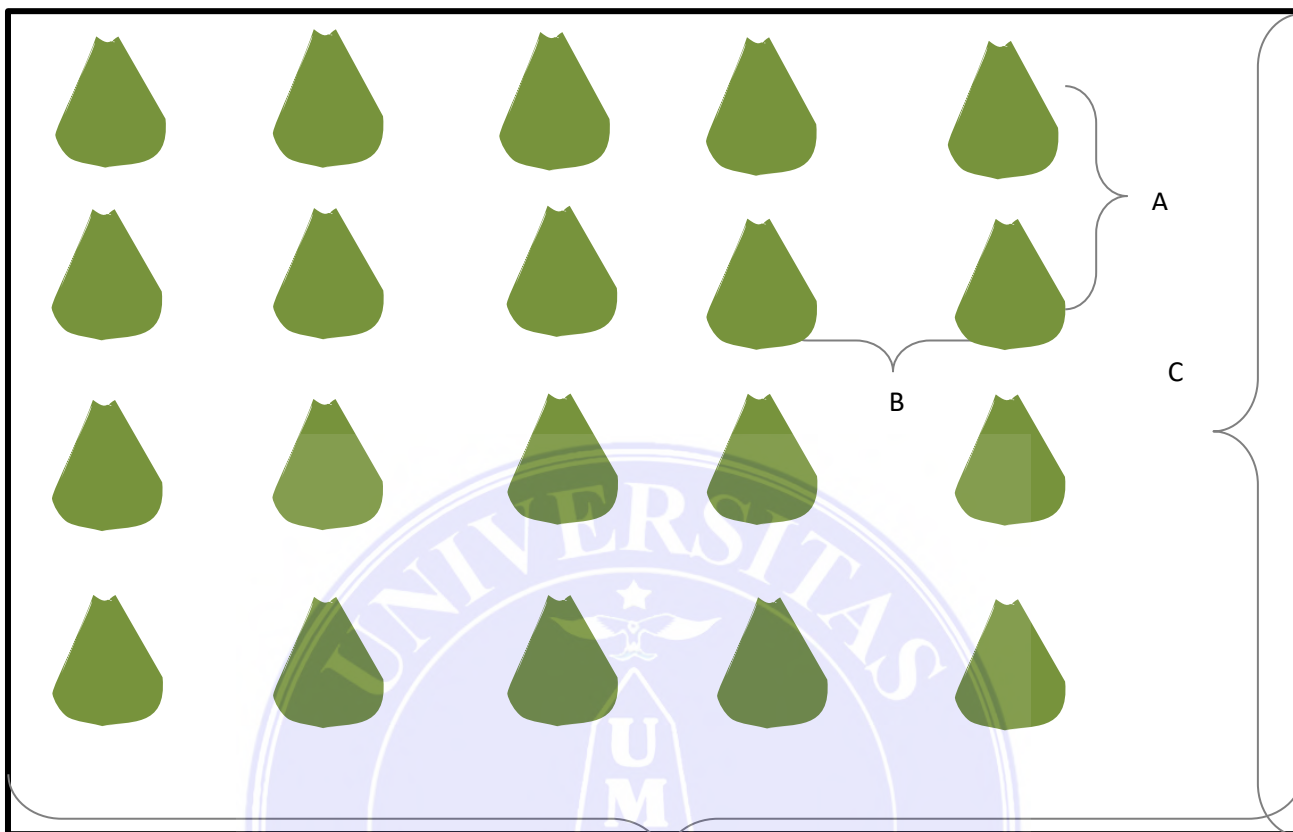


LAMPIRAN

Lampiran 1. Jadwal Kegiatan Penelitian

No	Kegiatan	Juni 2023		Juli 2023				Agustus 2023				September 2023				Oktober 2023			
		Minggu		Minggu				Minggu				Minggu				Minggu			
		3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Sterilisasi Alat																		
2	Pembuatan Media <i>Potato Dextrose Agar</i> (PDA)																		
3	Peremajaan <i>Metarhizium anisopliae</i>																		
4	Pembuatan Media Cair Pertumbuhan <i>M. anisopliae</i>																		
5	Perbanyakkan <i>M. anisopliae</i> Pada Media Cair																		
6	Penyediaan Media Hidup Larva <i>O. rhinoceros</i>																		
7	Penyediaan Larva <i>O. rhinoceros</i>																		
8	Aplikasi <i>M. anisopliae</i> Ke Serangga Uji																		
9	Pengamatan parameter																		
10	Pengolahan data																		
11	Penyusunan Skripsi																		

Lampiran 2. Denah Penelitian di Laboratorium



Keterangan :

- A = Jarak antar perlakuan
- B = Jarak antar ulangan
- C = Panjang bidang shaker
- D = Lebar bidang shaker



= Sampel Cendawan

Lampiran 3. Data Kerapatan Spora *M. anisopliae* Umur 3 HSI

Perlakuan	Ulangan					Total	Rataan
	1	2	3	4	5		
H1	0.10	0.00	0.10	0.00	0.00	0.20	0.04
H2	0.55	0.35	0.35	0.60	0.70	2.55	0.51
H3	0.10	0.10	0.10	0.25	0.15	0.70	0.14
H4	0.80	0.55	0.45	0.65	0.70	3.15	0.63
Total	1.55	1.00	1.00	1.50	1.55	6.60	0.33

Lampiran 4. Transformasi Data Kerapatan Spora *M. anisopliae* Umur 3 HSI

Perlakuan	Ulangan					Total	Rataan
	1	2	3	4	5		
H1	0.77	0.71	0.77	0.71	0.71	3.67	0.73
H2	1.02	0.92	0.92	1.05	1.10	5.01	1.00
H3	0.77	0.77	0.77	0.87	0.81	4.00	0.80
H4	1.14	1.02	0.97	1.07	1.10	5.31	1.06
Total	3.71	3.43	3.45	3.69	3.70	17.99	0.90

Lampiran 5. Data Sidik Ragam Kerapatan Spora *M. anisopliae* Umur 3 HSI

SK	DB	JK	KT	F Hitung	F 5%	F 1%
Perlakuan	3	0.37	0.12379	37.79805**	3.238872	5.292214046
Galat	16	0.05	0.003275			
Total	19	0.42				

Keterangan :

$$\% \text{ KK} = 6.36$$

** = Sangat berbeda nyata

Lampiran 6. Data Kerapatan Spora *M. anisopliae* Umur 6 HSI

Perlakuan	Ulangan					Total	Rataan
	1	2	3	4	5		
H1	0.15	0.15	0.15	0.10	0.20	0.75	0.15
H2	0.75	0.50	0.55	0.65	0.75	3.20	0.64
H3	0.15	0.15	0.40	0.25	0.65	1.60	0.32
H4	1.95	1.50	1.65	1.05	1.00	7.15	1.43
Total	3.00	2.30	2.75	2.05	2.60	12.70	0.64

Lampiran 7. Transformasi Data Kerapatan Spora *M. anisopliae* Umur 6 HSI

Perlakuan	Ulangan					Total	Rataan
	1	2	3	4	5		
H1	0.81	0.81	0.81	0.77	0.84	4.03	0.81
H2	1.12	1.00	1.02	1.07	1.12	5.33	1.07
H3	0.81	0.81	0.95	0.87	1.07	4.50	0.90
H4	1.57	1.41	1.47	1.24	1.22	6.92	1.38
Total	4.30	4.03	4.25	3.96	4.25	20.78	1.04

Lampiran 8. Data Sidik Ragam Kerapatan Spora *M. anisopliae* Umur 6 HSI

SK	DB	JK	KT	F Hitung	F 5%	F 1%
Perlakuan	3	0.96	0.321346	34.39487**	3.238872	5.292214046
Galat	16	0.15	0.009343			
Total	19	1.11				

Keterangan :

$$\% \text{ KK} = 9.30$$

** = Sangat berbeda nyata

Lampiran 9. Data Kerapatan *M. anisopliae* Umur 9 HSI

Perlakuan	Ulangan					Total	Rataan
	1	2	3	4	5		
H1	0.30	0.30	0.45	0.35	0.40	1.80	0.36
H2	0.90	1.70	0.80	0.70	0.75	4.85	0.97
H3	0.30	0.50	0.50	0.35	0.75	2.40	0.48
H4	2.70	2.25	1.70	1.70	1.75	10.10	2.02
Total	4.20	4.75	3.45	3.10	3.65	19.15	0.96

Lampiran 10. Transformasi Data Kerapatan Spora *M. anisopliae* Umur 9 HSI

Perlakuan	Ulangan					Total	Rataan
	1	2	3	4	5		
H1	0.89	0.89	0.97	0.92	0.95	4.63	0.93
H2	1.18	1.48	1.14	1.10	1.12	6.02	1.20
H3	0.89	1.00	1.00	0.92	1.12	4.93	0.99
H4	1.79	1.66	1.48	1.48	1.50	7.91	1.58
Total	4.76	5.04	4.60	4.42	4.68	23.50	1.18

Lampiran 11. Data Sidik Ragam Kerapatan Spora *M. anisopliae* Umur 9 HSI

SK	DB	JK	KT	F Hitung	F 5%	F 1%
Perlakuan	3	1.32	0.440099	33.26292**	3.238872	5.292214046
Galat	16	0.21	0.013231			
Total	19	1.53				

Keterangan :

$$\% \text{ KK} = 9.79$$

** = Sangat berbeda nyata

Lampiran 12. Data Kerapatan Spora *M. anisopliae* Umur 12 HSI

Perlakuan	Ulangan					Total	Rataan
	1	2	3	4	5		
H1	0.60	0.40	0.55	0.40	0.45	2.40	0.48
H2	0.95	1.85	0.90	1.45	0.90	6.05	1.21
H3	0.50	0.70	0.65	0.45	0.85	3.15	0.63
H4	2.45	2.35	1.80	1.85	1.70	10.15	2.03
Total	4.50	5.30	3.90	4.15	3.90	21.75	1.09

Lampiran 13. Transformasi Data Kerapatan Spora *M. anisopliae* Umur 12 HSI

Perlakuan	Ulangan					Total	Rataan
	1	2	3	4	5		
H1	1.05	0.95	1.02	0.95	0.97	4.95	0.99
H2	1.20	1.53	1.18	1.40	1.18	6.50	1.30
H3	1.00	1.10	1.07	0.97	1.16	5.30	1.06
H4	1.72	1.69	1.52	1.53	1.48	7.94	1.59
Total	4.97	5.27	4.80	4.85	4.80	24.69	1.23

Lampiran 14. Data Sidik Ragam Kerapatan Spora *M. anisopliae* Umur 12 HSI

SK	DB	JK	KT	F Hitung	F 5%	F 1%
Perlakuan	3	1.10	0.365676	33.06695**	3.238872	5.292214046
Galat	16	0.18	0.011059			
Total	19	1.27				

Keterangan :

$$\% \text{ KK} = 8.52$$

** = Sangat berbeda nyata

Lampiran 15. Data Kerapatan Spora *M. anisopliae* Umur 15 HSI

Perlakuan	Ulangan					Total	Rataan
	1	2	3	4	5		
H1	1.10	0.65	0.70	0.60	0.65	3.70	0.74
H2	1.05	1.95	0.95	1.55	1.10	6.60	1.32
H3	0.55	0.80	0.75	0.60	0.95	3.65	0.73
H4	2.50	2.45	1.95	1.90	1.80	10.60	2.12
Total	5.20	5.85	4.35	4.65	4.50	24.55	1.23

Lampiran 16. Transformasi Data Kerapatan Spora *M. anisopliae* Umur 15 HSI

Perlakuan	Ulangan					Total	Rataan
	1	2	3	4	5		
H1	1.26	1.07	1.10	1.05	1.07	5.55	1.11
H2	1.24	1.57	1.20	1.43	1.26	6.71	1.34
H3	1.02	1.14	1.12	1.05	1.20	5.54	1.11
H4	1.73	1.72	1.57	1.55	1.52	8.08	1.62
Total	5.27	5.50	4.98	5.08	5.06	25.88	1.29

Lampiran 17. Data Sidik Ragam Kerapatan Spora *M. anisopliae* Umur 15 HSI

SK	DB	JK	KT	F Hitung	F 5%	F 1%
Perlakuan	3	0.87	0.290934	25.22149**	3.238872	5.292214046
Galat	16	0.18	0.011535			
Total	19	1.06				

Keterangan :

$$\% \text{ KK} = 8.30$$

** = Sangat berbeda nyata

Lampiran 18. Data Viabilitas *M. anisopliae* Umur 15 HSI

Perlakuan	Ulangan					Total	Rataan
	1	2	3	3	5		
H1	25.00	23.53	26.31	22.50	21.15	118.49	23.70
H2	39.34	43.33	41.67	42.62	38.60	205.56	41.11
H3	37.84	28.57	33.33	30.56	36.11	166.41	33.28
H4	51.47	52.08	50.70	48.72	51.61	254.58	50.92
Total	153.65	147.51	152.01	144.40	147.47	745.04	37.25

Lampiran 19. Transformasi Data Viabilitas *M. anisopliae* Umur 15 HSI

Perlakuan	Ulangan					Total	Rataan
	1	2	3	4	5		
H1	5.00	4.85	5.13	4.74	4.60	24.32	4.86
H2	6.27	6.58	6.46	6.53	6.21	32.05	6.41
H3	6.15	5.35	5.77	5.53	6.01	28.81	5.76
H4	7.17	7.22	7.12	6.98	7.18	35.68	7.14
Total	24.60	24.00	24.48	23.78	24.00	120.86	6.04

Lampiran 20. Data Sidik Ragam Viabilitas *M. anisopliae* Umur 15 HSI

SK	DB	JK	KT	F Hitung	F 5%	F 1%
Perlakuan	3	13.98	4.659418	98.89898**	3.238872	5.292214046
Galat	16	0.75	0.047113			
Total	19	14.73				

Keterangan :

$$\% \text{ KK} = 3.59$$

** = Sangat berbeda nyata

Lampiran 21. Data Mortalitas Larva *O. rhinoceros* 2 HSA

Perlakuan	Ulangan					Total	Rataan
	1	2	3	4	5		
H0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
H1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
H2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
H3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
H4	0.00	20.00	0.00	0.00	0.00	20.00	4.00
Total	0.00	20.00	0.00	0.00	0.00	20.00	0.80

Lampiran 22. Transformasi Data Mortalitas Larva *O. rhinoceros* 2 HSA

Perlakuan	Ulangan					Total	Rataan
	1	2	3	4	5		
H0	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	3.54	0.71
H1	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	3.54	0.71
H2	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	3.54	0.71
H3	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	3.54	0.71
H4	0.71	4.53	0.71	0.71	0.71	7.36	1.47
Total	3.54	7.36	3.54	3.54	3.54	21.50	0.86

Lampiran 23. Data Sidik Ragam Mortalitas Larva *O. rhinoceros* 2 HSA

SK	DB	JK	KT	F.Hitung	F 5%	F 1%
Perlakuan	4	2.34	0.58	1.00tn	2.87	4.43
Galat	20	11.67	0.58			
Total	24	14.01				

Keterangan :

% KK = 88.83

tn = Tidak berbeda nyata

Lampiran 24. Data Mortalitas Larva *O. rhinoceros* 4 HSA

Perlakuan	Ulangan					Total	Rataan
	1	2	3	4	5		
H0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
H1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
H2	0.00	0.00	20.00	0.00	0.00	20.00	4.00
H3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
H4	40.00	20.00	0.00	0.00	20.00	80.00	16.00
Total	40.00	20.00	20.00	0.00	20.00	100.00	4.00

Lampiran 25. Transformasi Data Mortalitas Larva *O. rhinoceros* 4 HSA

Perlakuan	Ulangan					Total	Rataan
	1	2	3	4	5		
H0	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	3.54	0.71
H1	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	3.54	0.71
H2	0.71	0.71	4.53	0.71	0.71	7.36	1.47
H3	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	3.54	0.71
H4	6.36	4.53	0.71	0.71	4.53	16.84	3.37
Total	9.19	7.36	7.36	3.54	7.36	34.80	1.39

Lampiran 26. Data Sidik Ragam Data Mortalitas Larva *O. rhinoceros* 4 HSA

SK	DB	JK	KT	F.Hitung	F5%	F1%
Perlakuan	4	26.59	6.65	3.55*	2.87	4.43
Galat	20	37.49	1.87			
Total	24	64.08				

Keterangan :

$$\% \text{ KK} = 98.34$$

* = Berbeda nyata

Lampiran 27. Data Mortalitas Larva *O. rhinoceros* 6 HSA

Perlakuan	Ulangan					Total	Rataan
	1	2	3	4	5		
H0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
H1	0.00	20.00	0.00	0.00	20.00	40.00	8.00
H2	0.00	40.00	20.00	40.00	20.00	120.00	24.00
H3	20.00	20.00	0.00	20.00	0.00	60.00	12.00
H4	40.00	40.00	20.00	20.00	40.00	160.00	32.00
Total	60.00	120.00	40.00	80.00	80.00	380.00	15.20

Lampiran 28. Transformasi Mortalitas Larva *O. rhinoceros* Umur 6 HSA

Perlakuan	Ulangan					Total	Rataan
	1	2	3	4	5		
H0	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	3.54	0.71
H1	0.71	4.53	0.71	0.71	4.53	11.18	2.24
H2	0.71	6.36	4.53	6.36	4.53	22.49	4.50
H3	4.53	4.53	0.71	4.53	0.71	15.00	3.00
H4	6.36	6.36	4.53	4.53	6.36	28.15	5.63
Total	13.01	22.49	11.18	16.83	16.83	80.35	3.21

Lampiran 29. Data Sidik Ragam Mortalitas Larva *O. rhinoceros* Umur 6 HSA

SK	DB	JK	KT	F.Hitung	F5%	F1%
Perlakuan	4	73.86	18.46	6.11**	2.87	4.43
Galat	20	60.42	3.02			
Total	24	134.27				

Keterangan :

% KK = 54.08

** = Sangat berbeda nyata

Lampiran 30. Data Mortalitas Larva *O. rhinoceros* Umur 8 HSA

Perlakuan	Ulangan					Total	Rataan
	1	2	3	4	5		
H0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
H1	0.00	40.00	0.00	20.00	20.00	80.00	16.00
H2	40.00	60.00	20.00	40.00	40.00	200.00	40.00
H3	40.00	20.00	40.00	20.00	0.00	120.00	24.00
H4	60.00	80.00	60.00	60.00	80.00	340.00	68.00
Total	140.00	200.00	120.00	140.00	140.00	740.00	29.60

Lampiran 31. Transformasi Data Mortalitas Larva *O. rhinoceros* Umur 8 HSA

Perlakuan	Ulangan					Total	Rataan
	1	2	3	4	5		
H0	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	3.54	0.71
H1	0.71	6.36	0.71	4.53	4.53	16.83	3.37
H2	6.36	7.78	4.53	6.36	6.36	31.40	6.28
H3	6.36	4.53	6.36	4.53	0.71	22.49	4.50
H4	7.78	8.97	7.78	7.78	8.97	41.28	8.26
Total	21.92	28.35	20.08	23.90	21.28	115.54	4.62

Lampiran 32. Data Sidik Ragam Data Mortalitas Larva *O. rhinoceros* Umur 8 HSA

SK	DB	JK	KT	F.Hitung	F5%	F1%
Perlakuan	4	164.35	41.09	15.16	2.87**	4.43
Galat	20	54.21	2.71			
Total	24	218.56				

Keterangan :

% KK = 35.62

** = Sangat berbeda nyata

Lampiran 33. Data Mortalitas Larva *O. rhinoceros* Umur 10 HSA

Perlakuan	Ulangan					Total	Rataan
	1	2	3	4	5		
H0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
H1	20.00	40.00	40.00	40.00	20.00	160.00	32.00
H2	60.00	80.00	60.00	80.00	60.00	340.00	68.00
H3	60.00	40.00	60.00	40.00	40.00	240.00	48.00
H4	80.00	100.00	80.00	80.00	100.00	440.00	88.00
Total	220.00	260.00	240.00	240.00	220.00	1180.00	47.20

Lampiran 34. Transformasi Data Mortalitas Larva *O. rhinoceros* Umur 10 HSA

Perlakuan	Ulangan					Total	Rataan
	1	2	3	4	5		
H0	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	3.54	0.71
H1	4.53	6.36	6.36	6.36	4.53	28.15	5.63
H2	7.78	8.97	7.78	8.97	7.78	41.28	8.26
H3	7.78	6.36	7.78	6.36	6.36	34.65	6.93
H4	8.97	10.02	8.97	8.97	10.02	46.97	9.39
Total	29.76	32.43	31.60	31.38	29.40	154.58	6.18

Lampiran 35. Data Sidik Ragam Data Mortalitas Larva *O. rhinoceros* Umur 10 HSA

SK	DB	JK	KT	F.Hitung	F5%	F1%
Perlakuan	4	227.26	56.81	119.77**	2.87	4.43
Galat	20	9.49	0.47			
Total	24	236.75				

Keterangan :

$$\% \text{ KK} = 11.14$$

** = Sangat berbeda nyata

Lampiran 36. Data Mortalitas Larva *O. rhinoceros* Umur 12 HSA

Perlakuan	Ulangan					Total	Rataan
	1	2	3	4	5		
H0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
H1	60.00	80.00	60.00	60.00	60.00	320.00	64.00
H2	80.00	100.00	80.00	100.00	80.00	440.00	88.00
H3	80.00	60.00	60.00	80.00	60.00	340.00	68.00
H4	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	500.00	100.00
Total	320.00	340.00	300.00	340.00	300.00	1600.00	64.00

Lampiran 37. Transformasi Data Mortalitas Larva *O. rhinoceros* Umur 12 HSA

Perlakuan	Ulangan					Total	Rataan
	1	2	3	4	5		
H0	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	3.54	0.71
H1	7.78	8.97	7.78	7.78	7.78	40.08	8.02
H2	8.97	10.02	8.97	10.02	8.97	46.97	9.39
H3	8.97	7.78	7.78	8.97	7.78	41.28	8.26
H4	10.02	10.02	10.02	10.02	10.02	50.12	10.02
Total	36.45	37.51	35.26	37.51	35.26	181.99	7.28

Lampiran 38 Data Sidik Ragam Mortalitas Larva *O. rhinoceros* Umur 12 HSA

SK	DB	JK	KT	F.Hitung	F5%	F1%
Perlakuan	4	283.50	70.87	339.00**	2.87	4.43
Galat	20	4.18	0.21			
Total	24	287.68				

Keterangan :

$$\% \text{ KK} = 6.28$$

** = Sangat berbeda nyata

Lampiran 39. Data Mortalitas Larva *O. rhinoceros* Umur 14 HSA

Perlakuan	Ulangan					Total	Rataan
	1	2	3	4	5		
H0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
H1	80.00	100.00	80.00	60.00	60.00	380.00	76.00
H2	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	500.00	100.00
H3	100.00	80.00	60.00	80.00	80.00	400.00	80.00
H4	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	500.00	100.00
Total	380.00	380.00	340.00	340.00	340.00	1780.00	71.20

Lampiran 40. Transformasi Data Mortalitas Larva *O. rhinoceros* Umur 14 HSA

Perlakuan	Ulangan					Total	Rataan
	1	2	3	4	5		
H0	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	3.54	0.71
H1	8.97	10.02	8.97	7.78	7.78	43.53	8.71
H2	10.02	10.02	10.02	10.02	10.02	50.12	10.02
H3	10.02	8.97	7.78	8.97	8.97	44.72	8.94
H4	10.02	10.02	10.02	10.02	10.02	50.12	10.02
Total	39.75	39.75	37.51	37.51	37.51	192.03	7.68

Lampiran 41. Data Sidik Ragam Mortalitas Larva *O. rhinoceros* Umur 14 HSA

SK	DB	JK	KT	F.Hitung	F5%	F1%
Perlakuan	4	311.34	77.83	253.82**	2.87	4.43
Galat	20	6.13	0.31			
Total	24	317.47				

Keterangan :

% KK = 7.21

** = Sangat berbeda nyata

Lampiran 42. Data Mortalitas Larva *O. rhinoceros* Umur 16 HSA

Perlakuan	Ulangan					Total	Rataan
	1	2	3	4	5		
H0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
H1	80.00	100.00	80.00	80.00	80.00	420.00	84.00
H2	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	500.00	100.00
H3	100.00	80.00	80.00	100.00	80.00	440.00	88.00
H4	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	500.00	100.00
Total	380.00	380.00	360.00	380.00	360.00	1860.00	74.40

Lampiran 43. Transformasi Data Mortalitas Larva *O. rhinoceros* Umur 16 HSA

Perlakuan	Ulangan					Total	Rataan
	1	2	3	4	5		
H0	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	3.54	0.71
H1	8.97	10.02	8.97	8.97	8.97	45.91	9.18
H2	10.02	10.02	10.02	10.02	10.02	50.12	10.02
H3	10.02	8.97	8.97	10.02	8.97	46.97	9.39
H4	10.02	10.02	10.02	10.02	10.02	50.12	10.02
Total	39.75	39.75	38.70	39.75	38.70	196.67	7.87

Lampiran 44. Data Sidik Ragam Mortalitas Larva *O. rhinoceros* Umur 16 HSA

SK	DB	JK	KT	F.Hitung	F5%	F1%
Perlakuan	4	323.19	80.80	728.98**	2.87	4.43
Galat	20	2.22	0.11			
Total	24	325.41				

Keterangan :

$$\% \text{ KK} = 4.23$$

** = Sangat berbeda nyata

Lampiran 45. Data Analisis *Lethal Time* (LT_{50}) pada Aplikasi *M. anisopliae* yang Ditumbuhkan pada Media *Potato Dextrose Broth* (PDB)

Probability	95% Confidence Limits for Hari			log(Hari) ^a		
	Estimate	Lower Bound	Upper Bound	Estimate	Lower Bound	Upper Bound
PROBIT ,010	4.743	.883	7.130	.676	-.054	.853
,020	5.237	1.141	7.588	.719	.057	.880
,030	5.577	1.343	7.895	.746	.128	.897
,040	5.847	1.517	8.134	.767	.181	.910
,050	6.076	1.676	8.335	.784	.224	.921
,060	6.279	1.823	8.509	.798	.261	.930
,070	6.461	1.964	8.666	.810	.293	.938
,080	6.630	2.098	8.809	.821	.322	.945
,090	6.786	2.229	8.941	.832	.348	.951
,100	6.934	2.356	9.065	.841	.372	.957
,150	7.580	2.963	9.599	.880	.472	.982
,200	8.136	3.553	10.051	.910	.551	1.002
,250	8.646	4.150	10.461	.937	.618	1.020
,300	9.130	4.769	10.849	.960	.678	1.035
,350	9.604	5.421	11.230	.982	.734	1.050
,400	10.076	6.116	11.614	1.003	.786	1.065
,450	10.554	6.864	12.012	1.023	.837	1.080
,500	11.047	7.677	12.439	1.043	.885	1.095
,550	11.564	8.563	12.917	1.063	.933	1.111
,600	12.113	9.524	13.483	1.083	.979	1.130
,650	12.708	10.547	14.206	1.104	1.023	1.152
,700	13.367	11.586	15.215	1.126	1.064	1.182
,750	14.116	12.570	16.713	1.150	1.099	1.223
,800	15.000	13.477	18.951	1.176	1.130	1.278
,850	16.101	14.373	22.314	1.207	1.158	1.349
,900	17.601	15.398	27.738	1.246	1.187	1.443
,910	17.984	15.639	29.266	1.255	1.194	1.466
,920	18.409	15.901	31.031	1.265	1.201	1.492
,930	18.889	16.189	33.105	1.276	1.209	1.520
,940	19.439	16.512	35.597	1.289	1.218	1.551
,950	20.086	16.883	38.680	1.303	1.227	1.587
,960	20.873	17.323	42.661	1.320	1.239	1.630
,970	21.884	17.873	48.139	1.340	1.252	1.683
,980	23.304	18.622	56.555	1.367	1.270	1.752
,990	25.731	19.851	72.962	1.410	1.298	1.863

Lampiran 46. Data Analisis *Lethal Time* (LT₅₀) pada Aplikasi *M. anisopliae* yang Ditumbuhkan pada Media *Sabouroud Dextrose Yeast extract Broth* (SDYB)

Probability	95% Confidence Limits for Hari			log(Hari) ^a		
	Estimate	Lower Bound	Upper Bound	Estimate	Lower Bound	Upper Bound
PROBIT ,010	3.814	1.632	5.244	.581	.213	.720
,020	4.165	1.920	5.574	.620	.283	.746
,030	4.405	2.129	5.795	.644	.328	.763
,040	4.594	2.301	5.967	.662	.362	.776
,050	4.753	2.450	6.112	.677	.389	.786
,060	4.894	2.585	6.237	.690	.413	.795
,070	5.020	2.710	6.350	.701	.433	.803
,080	5.136	2.826	6.453	.711	.451	.810
,090	5.244	2.936	6.548	.720	.468	.816
,100	5.345	3.041	6.636	.728	.483	.822
,150	5.785	3.517	7.019	.762	.546	.846
,200	6.161	3.946	7.342	.790	.596	.866
,250	6.503	4.353	7.633	.813	.639	.883
,300	6.826	4.753	7.909	.834	.677	.898
,350	7.140	5.154	8.176	.854	.712	.913
,400	7.450	5.562	8.443	.872	.745	.927
,450	7.764	5.984	8.716	.890	.777	.940
,500	8.086	6.424	9.002	.908	.808	.954
,550	8.421	6.887	9.309	.925	.838	.969
,600	8.775	7.378	9.650	.943	.868	.985
,650	9.157	7.901	10.044	.962	.898	1.002
,700	9.578	8.455	10.521	.981	.927	1.022
,750	10.054	9.039	11.133	1.002	.956	1.047
,800	10.611	9.649	11.963	1.026	.984	1.078
,850	11.300	10.301	13.151	1.053	1.013	1.119
,900	12.231	11.060	14.980	1.087	1.044	1.176
,910	12.467	11.237	15.478	1.096	1.051	1.190
,920	12.729	11.430	16.043	1.105	1.058	1.205
,930	13.023	11.640	16.695	1.115	1.066	1.223
,940	13.360	11.875	17.461	1.126	1.075	1.242
,950	13.754	12.144	18.385	1.138	1.084	1.264
,960	14.232	12.463	19.543	1.153	1.096	1.291
,970	14.843	12.859	21.077	1.172	1.109	1.324
,980	15.696	13.396	23.320	1.196	1.127	1.368
,990	17.140	14.273	27.380	1.234	1.155	1.437

Lampiran 47. Data Analisis *Lethal Time* (LT₅₀) pada Aplikasi *M. anisopliae* yang Ditumbuhkan pada Media *Yeast extract Peptone Glucose Broth* (YPGB)

Probability	95% Confidence Limits for Hari			log(Hari) ^a		
	Estimate	Lower Bound	Upper Bound	Estimate	Lower Bound	Upper Bound
PROBIT ,010	4.133	1.728	5.933	.616	.238	.773
,020	4.591	2.071	6.396	.662	.316	.806
,030	4.907	2.323	6.710	.691	.366	.827
,040	5.160	2.532	6.957	.713	.403	.842
,050	5.375	2.716	7.165	.730	.434	.855
,060	5.565	2.882	7.347	.745	.460	.866
,070	5.737	3.037	7.511	.759	.482	.876
,080	5.896	3.182	7.662	.771	.503	.884
,090	6.044	3.320	7.801	.781	.521	.892
,100	6.183	3.452	7.932	.791	.538	.899
,150	6.796	4.055	8.502	.832	.608	.929
,200	7.326	4.607	8.989	.865	.663	.954
,250	7.814	5.136	9.434	.893	.711	.975
,300	8.280	5.660	9.859	.918	.753	.994
,350	8.736	6.188	10.277	.941	.792	1.012
,400	9.192	6.730	10.698	.963	.828	1.029
,450	9.656	7.292	11.133	.985	.863	1.047
,500	10.135	7.882	11.592	1.006	.897	1.064
,550	10.638	8.505	12.089	1.027	.930	1.082
,600	11.175	9.170	12.643	1.048	.962	1.102
,650	11.759	9.882	13.283	1.070	.995	1.123
,700	12.406	10.647	14.051	1.094	1.027	1.148
,750	13.146	11.472	15.017	1.119	1.060	1.177
,800	14.021	12.370	16.296	1.147	1.092	1.212
,850	15.114	13.379	18.096	1.179	1.126	1.258
,900	16.613	14.605	20.874	1.220	1.165	1.320
,910	16.996	14.898	21.634	1.230	1.173	1.335
,920	17.423	15.216	22.502	1.241	1.182	1.352
,930	17.905	15.567	23.508	1.253	1.192	1.371
,940	18.458	15.961	24.696	1.266	1.203	1.393
,950	19.111	16.413	26.138	1.281	1.215	1.417
,960	19.907	16.951	27.956	1.299	1.229	1.446
,970	20.931	17.624	30.388	1.321	1.246	1.483
,980	22.375	18.544	33.981	1.350	1.268	1.531
,990	24.855	20.061	40.589	1.395	1.302	1.608

Lampiran 48. Data Analisis *Lethal Time* (LT₅₀) pada Aplikasi *M. anisopliae* yang Ditumbuhkan pada Media Air Kelapa Tua

Probability	95% Confidence Limits for Hari			log(Hari) ^a		
	Estimate	Lower Bound	Upper Bound	Estimate	Lower Bound	Upper Bound
PROBIT ,010	3.941	1.904	5.145	.596	.280	.711
,020	4.227	2.173	5.401	.626	.337	.733
,030	4.419	2.362	5.571	.645	.373	.746
,040	4.569	2.516	5.702	.660	.401	.756
,050	4.695	2.648	5.812	.672	.423	.764
,060	4.805	2.766	5.907	.682	.442	.771
,070	4.903	2.873	5.992	.690	.458	.778
,080	4.993	2.973	6.069	.698	.473	.783
,090	5.076	3.066	6.140	.706	.487	.788
,100	5.154	3.155	6.207	.712	.499	.793
,150	5.488	3.548	6.492	.739	.550	.812
,200	5.770	3.894	6.731	.761	.590	.828
,250	6.023	4.216	6.946	.780	.625	.842
,300	6.259	4.526	7.147	.797	.656	.854
,350	6.487	4.831	7.343	.812	.684	.866
,400	6.710	5.136	7.538	.827	.711	.877
,450	6.934	5.446	7.737	.841	.736	.889
,500	7.161	5.765	7.944	.855	.761	.900
,550	7.396	6.095	8.166	.869	.785	.912
,600	7.643	6.441	8.410	.883	.809	.925
,650	7.906	6.805	8.689	.898	.833	.939
,700	8.193	7.189	9.019	.913	.857	.955
,750	8.515	7.596	9.429	.930	.881	.974
,800	8.888	8.028	9.967	.949	.905	.999
,850	9.344	8.497	10.715	.971	.929	1.030
,900	9.951	9.038	11.851	.998	.956	1.074
,910	10.103	9.164	12.157	1.004	.962	1.085
,920	10.272	9.298	12.504	1.012	.968	1.097
,930	10.460	9.443	12.902	1.020	.975	1.111
,940	10.674	9.605	13.367	1.028	.982	1.126
,950	10.924	9.787	13.925	1.038	.991	1.144
,960	11.224	10.001	14.618	1.050	1.000	1.165
,970	11.606	10.263	15.527	1.065	1.011	1.191
,980	12.133	10.614	16.838	1.084	1.026	1.226
,990	13.012	11.176	19.159	1.114	1.048	1.282

Lampiran 49. Surat Izin Riset



UNIVERSITAS MEDAN AREA

FAKULTAS PERTANIAN

Kampus I : Jalan Kolam Nomor 1 Medan Estate ☎ (061) 7360168, 7366878, 7364348 ☎ (061) 7368012 Medan 20371
Kampus II : Jalan Setiabudi Nomor 79 / Jalan Sei Serayu Nomor 70 A ☎ (061) 8225602 ☎ (061) 8226331 Medan 20122
Website: www.uma.ac.id E-Mail: univ_medanarea@uma.ac.id

Nomor: 2076/FP.2/01.10/VI/2023

Medan, 22 Juni 2023

Lamp. : -

Hal : Pengambilan Data/Riset

Kepada yth.
Kepala Laboratorium Proteksi Tanaman
Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS) Unit Marihat
Jl. Pematang Siantar - Tanah Jawa KM. 5,
Marihat Ulu, Siantar, Simalungun
di_ Tempat

Dengan hormat,
Dalam rangka penyelesaian studi dan penyusunan skripsi di Fakultas Pertanian Universitas Medan Area, maka bersama ini kami mohon kesediaan Bapak/Ibu untuk dapat memberikan izin dan kesempatan kepada mahasiswa kami atas nama:

Nama : Novitawati Simarmata
NIM : 198210114
Program Studi : Agroteknologi

Untuk melaksanakan Penelitian dan atau Pengambilan Data di Laboratorium Proteksi Tanaman Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS) Unit Marihat untuk kepentingan skripsi berjudul "**Perkembangan dan Virulensi *Metarhizium anisopliae* pada Beberapa Media Cair terhadap Larva Kumbang Tanduk *Oryctes rhinoceros* (Coleoptera: Scarabaeidae)**".

Penelitian dan atau Pengambilan Data Riset ini dilaksanakan semata-mata untuk kepentingan dan kebutuhan akademik.

Demikian kami sampaikan, atas perhatian dan bantuan Bapak/Ibu diucapkan terima kasih.


Dr. Ir. Zulheri Noer, MP

Tembusan:

1. Ka. Prodi Agroteknologi
2. Mahasiswa ybs
3. Arsip



Lampiran 50. Surat Selesai Riset



Medan, 07 September 2023

Nomor : 09070030/RPN-PPKS/IX/2023
Lampiran : -
Hal : Surat Keterangan Riset

Kepada Yth.
Dekan Fakultas Pertanian
Universitas Medan Area
Jl. Kolam No. 1
Kode Pos 20223

Dengan hormat,

Yang bertanda tangan di bawah ini, Kepala Bagian Keuangan, SDM dan Umum Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS) Medan, dengan ini menerangkan bahwa Mahasiswa Universitas Medan Area yang namanya di bawah ini :

N a m a : Novitawati Simarmata
N I M : 198210114
J u r u s a n : Agroteknologi

Mahasiswa yang bersangkutan telah selesai melaksanakan riset di Kelti Proteksi Tanaman pada tanggal 22 Juni 2023 s/d 22 Agustus 2023 dengan nilai Baik.

Demikian surat keterangan ini diperbuat dengan sebenarnya untuk dapat dipergunakan seperlunya.

Demikian disampaikan, atas perhatiannya diucapkan terima kasih.

PT. Riset Perkebunan Nusantara
Pusat Penelitian Kelapa Sawit
Bagian Keuangan, SDM, dan Umum


Ir. Suhardjman, M.Si
Kepala Bagian

AMALIAH! KOMPETEN! HARMONIS! LOYAL! ADAPTIF! KOLABORATIF!



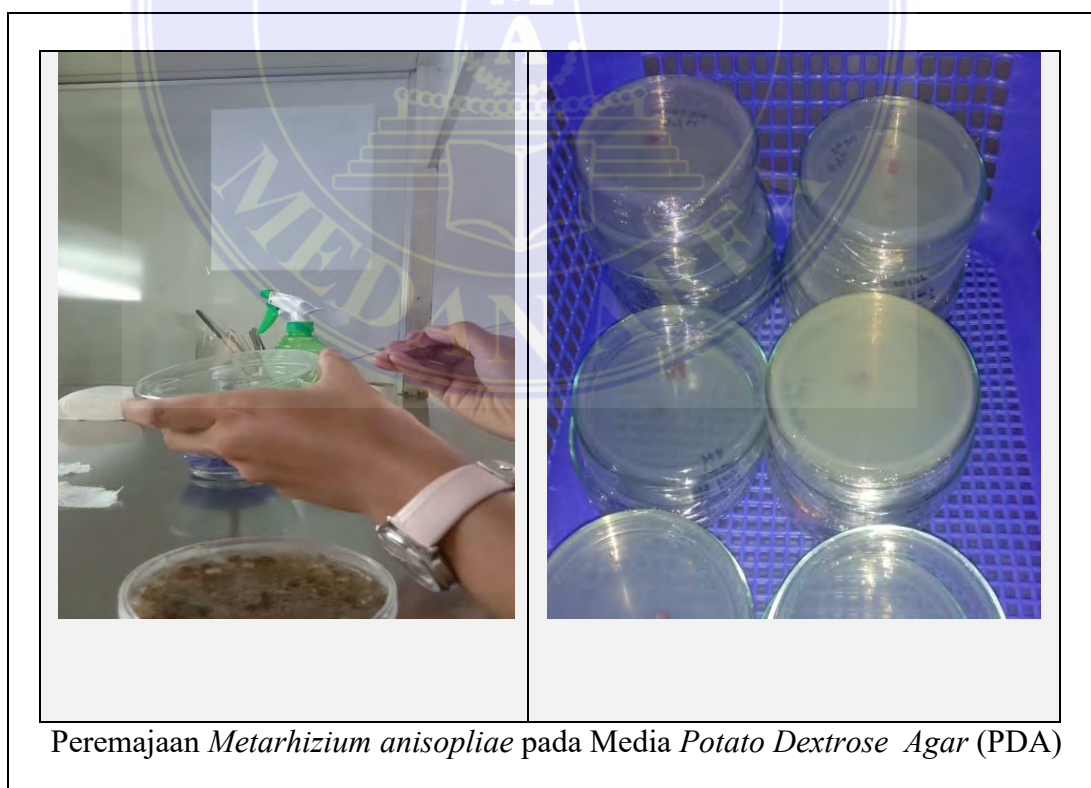
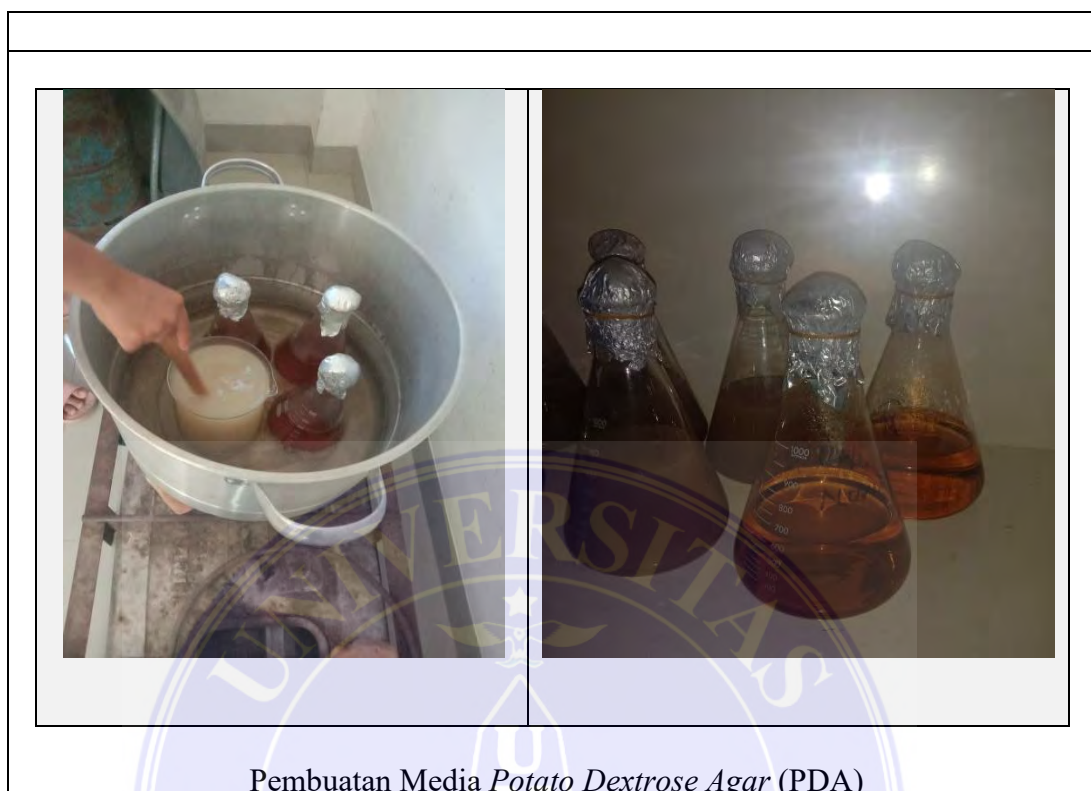
Kantor Direksi
Jln. Salak No. 1A, Bogor 16128, Jawa Barat – Indonesia
+62 251 8333382
+62 251 8315985
rpn@rpn.co.id
rpn.co.id

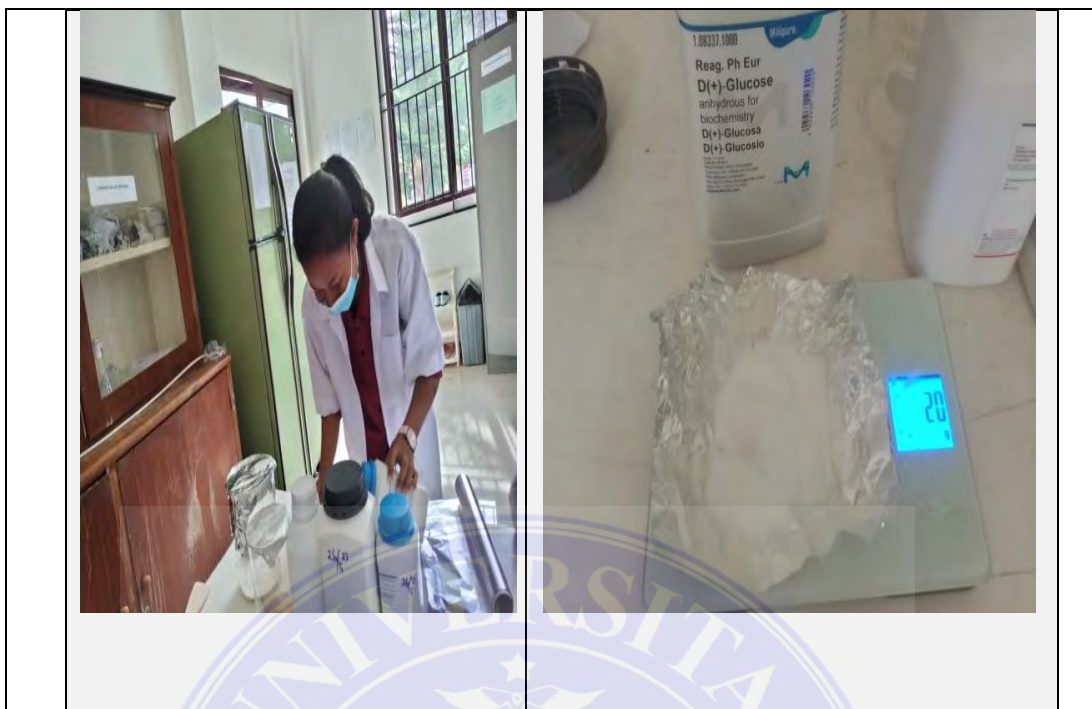


PPKS - Medan
Jln. Brigjen Katamsno No. 51, Kp. Baru,
Medan 20158 - Sumatera Utara
+62 61 7862477
+62 61 7862488
admin@iopri.org
iopri.co.id



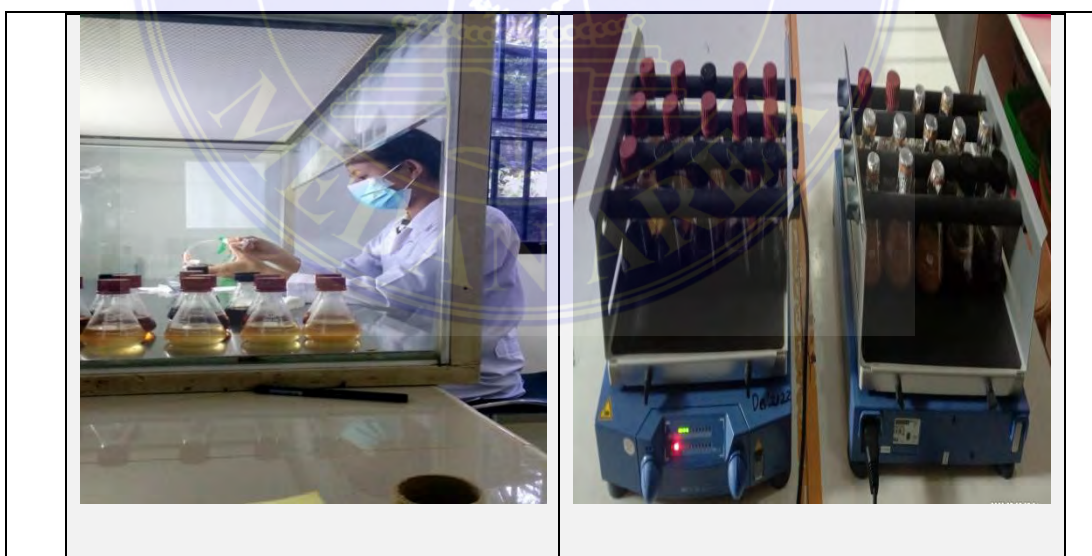
Lampiran 51. Dokumentasi Selama Penelitian





Pembuatan Media Cair

- *Potato Dextrose Broth (PDB)*
- *Sabouroud Dextrose Yeast extract Broth (SDYB)*
- *Yeast extract Peptone Glucose Broth (YPGB)*
- Air Kelapa Tua



Inokulasi *M. anisopliae* pada Media Cair



Penyediaan Media Hidup Larva *Oryctes rhinoceros*



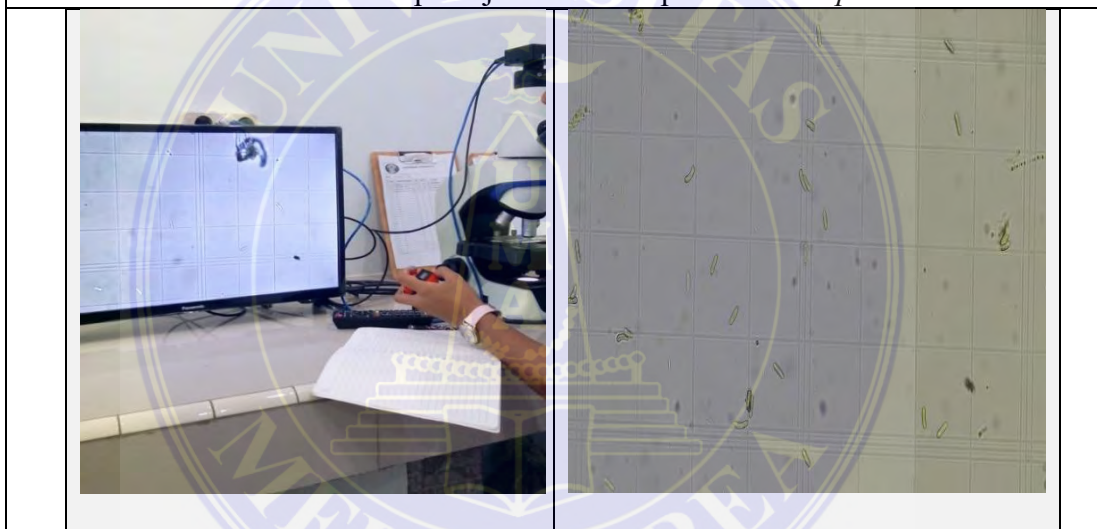
Penyediaan Larva *O. rhinoceros*



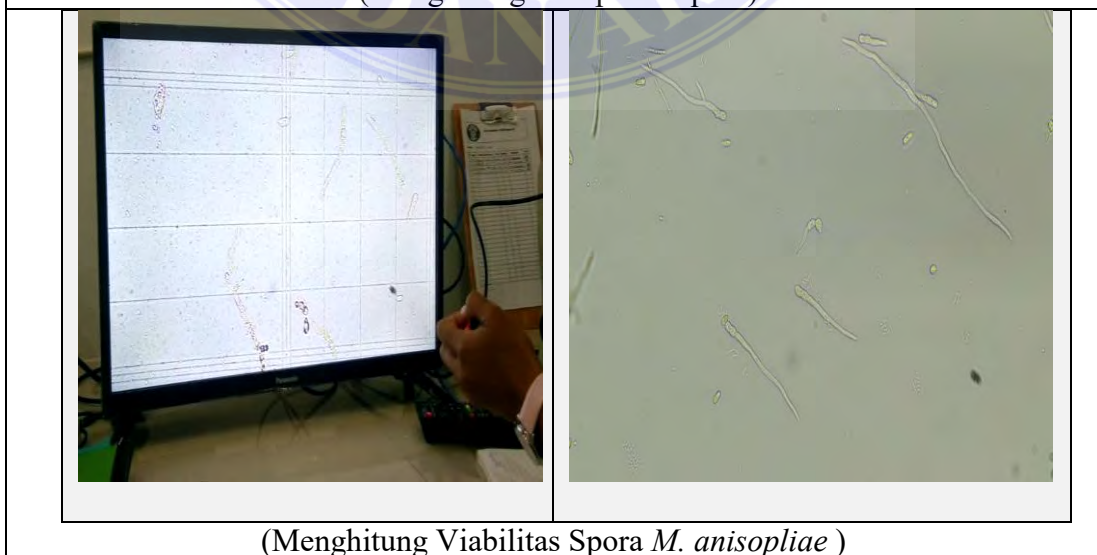
Aplikasi *M.anisopliae* Terhadap Larva *O. rhinoceros* (instar 2)



Pembuatan Sampel Uji Viabilitas Spora *M. anisopliae*



(Menghitung Kerapatan Spora)



(Menghitung Viabilitas Spora *M. anisopliae*)



Pengamatan Parameter
(Mortalitas Larva *O. rhinoceros*)

