



**MEDIA PERTUMBUHAN CENDAWAN *Metarhizium anisopliae*
UNTUK MENINGKATKAN KERAPATAN DAN VIABILITAS**

Skripsi

Disusun sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Sains
Program Studi Biologi

oleh

Jamil Maulana Zahriyan Alfiyan

4411415012

**JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2019**

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa skripsi saya yang berjudul "Media Pertumbuhan Cendawan *Metarhizium anisopliae* untuk meningkatkan Kerapatan dan Viabilitas" disusun berdasarkan hasil penelitian saya dengan arahan dosen pembimbing. Sumber informasi atau kutipan yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi. Skripsi ini belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar dalam program sejenis di perguruan tinggi manapun.

Semarang, 27 Desember 2019



Jamil Maulana Zahriyan Alfiyan

4411415012

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul

Media Pertumbuhan Cendawan *Metarhizium anisopliae* untuk Meningkatkan
Keparatan dan Viabilitas

Disusun oleh

Jamil Maulana Zahriyan Alfian

4411415012

telah dipertahankan dihadapan sidang Panitia Ujian Skripsi FMIPA UNNES pada
tanggal 27 Desember 2019.

Panitia Ujian

Ketua

Sekretaris



Dr. Sugianto, M.Si.
NIP. 196102191993031001
Penguji I



Dr. dr. Nugrahaningsih WH, M. Kes
NIP. 196907091998032001
Penguji II



Prof. Dr. Enni Suwarsi Rahayu, M.Si.
NIP. 196009161986012001



Prof. Dr. Siti Harnina Bintari, M.S.
NIP. 196008141987102001

Penguji III/Pembimbing



Prof. Dr. Ir. Dyah Rini Indriyanti, M.P.
NIP. 196304071990032001

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

- “Kombinasi ekstrak larva *Oryctes rhinoceros* dan air kelapa pada media pertumbuhan dapat meningkatkan kerapatan dan viabilitas *Metarhizium anisopliae*”.

PERSEMBAHAN

Jurusan Biologi

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Negeri Semarang

PRAKATA

Puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Kuasa yang telah melimpahkan rahmat dan hidayahNya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Media Pertumbuhan Cendawan *Metarhizium anisopliae* untuk Meningkatkan Kerapatan dan Viabilitas”. Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian payung Prof. Dr. Ir. Dyah Rini Indriyanti, M.P.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini telah mendapatkan bantuan, dukungan dan bimbingan berbagai pihak, maka dengan rasa hormat penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada:

1. Rektor Universitas Negeri Semarang yang telah memberikan kesempatan untuk menyelesaikan studi strata 1 Jurusan Biologi FMIPA UNNES.
2. Dekan FMIPA Universitas Negeri Semarang yang telah memberi izin untuk melaksanakan penelitian.
3. Ketua Jurusan Biologi FMIPA Universitas Negeri Semarang yang telah memberikan kemudahan dan kelancaran dalam menyelesaikan skripsi ini.
4. Ketua Laboratorium Biologi FMIPA UNNES yang telah memberi izin untuk melaksanakan penelitian serta teknisi Laboratorium Biologi FMIPA UNNES yang telah banyak membantu dan menemani dalam menyelesaikan proses administrasi.
5. Prof. Dr. Ir. Dyah Rini Indriyanti, M.P sebagai dosen pembimbing dan dosen penelitian payung yang senantiasa meluangkan waktu untuk memberikan bantuan dana penelitian, arahan, masukan dan motivasi kepada penulis hingga terselesaikannya skripsi ini.
6. Prof. Dr. Siti Harnina Bintari, M.S. sebagai dosen penguji yang telah membimbing, memberikan wawasan dalam kerja mikrobiologi yang baik dan benar serta memberikan arahan sehingga skripsi ini selesai dengan baik.
7. Prof. Dr. Enni Suwarsi Rahayu, M.Si. sebagai dosen penguji yang telah membimbing dan memberikan masukan sehingga skripsi ini menjadi lebih baik.
8. Seluruh staff dan pengajar Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang yang telah memberikan antuan dan ilmu pengetahuan selama masa studi.

9. Alm. K.H. Masrochan pengasuh pondok pesantren Durrotu Aswaja dan DR. KH. M. In'amuzzahidin, M.A. pengasuh pondok pesantren Nurul Hidayah atas nasehat dan ilmu spiritual yang beliau-beliau berikan selalu memotivasi diri penulis agar mendapatkan kemudahan dan keberkahan dalam mengerjakan skripsi ini.
10. Bapak Karmudi al-ahmad sholeh dan Ibu Masitoh, adek saya Ahmad Balya Malka dan My Salsa Aini Rodiyah yang telah memberikan segala usaha terbaik mereka berupa materiil, saran, nasehat, motivasi dan doa agar dilancarkan dan dimudahkan segala hal dalam penulisan skripsi ini.
11. Ribka Ayu Oktaviana yang telah memberikan bantuan tenaga dan pikirannya serta memotivasi penulis sehingga terselesainya skripsi ini.
12. Sahabat-sahabat terbaik saya Yudi Priyanto, Ratna Pasma Arganes, Windy Gita Pratama, Taufik Rifai, Erik Aprilian Donesia, Lilif Y, Keluarga Rombel 1 Biologi 2015, Teman seangkatan Biologi 2015, staff beserta anggota Syihumed Familia dan Alumni Biologi, keluarga besar Kos Malwa Pati mas Aziz, Mas Ibnu dan teman-teman yang tergabung dalam komunitas anak kumbang bimbingan Prof. Dr. Ir. Dyah Rini Indriyanti, M.P yang telah memberikan bantuan semangat dan arahan kepada penulis dari penyusunan proposal hingga terselesaikannya skripsi.
13. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari dalam penulisan skripsi ini masih terdapat kekurangan, oleh karenanya penulis menerima dengan senang hati apabila terdapat kritik dan saran yang membangun. Penulis berharap semoga skripsi ini memberikan manfaat serta menambah wawasan bagi pembaca dan pihak lain yang berkepentingan.

Semarang, 27 Desember 2019

Penulis

ABSTRAK

Alfiyan, J.M.Z. 2019. Media Pertumbuhan Cendawan *Metarhizium anisopliae* untuk Meningkatkan Kecepatan dan Viabilitas. Skripsi. Jurusan Biologi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Negeri Semarang. Pembimbing Utama Prof. Dr. Ir. Dyah Rini Indriyanti, M.P

Cendawan entomopatogen berpotensi dalam mengendalikan serangan hama secara hayati. *Metarhizium anisopliae* merupakan cendawan entomopatogen yang mempunyai kemampuan mengendalikan serangga hama. Dalam proses perbanyakan secara *in vitro* yang terus menerus dalam suatu media dapat terjadi penurunan kualitas kerapatan dan viabilitas. Penurunan kualitas spora dapat disebabkan berkurangnya sumber karbon, khitin, pati dan protein pada media perbanyakan. Tujuan penelitian ini adalah untuk menghitung kerapatan dan viabilitas cendawan *Metarhizium anisopliae* yang ditumbuhkan dalam beberapa media. Manfaat hasil penelitian adalah memperoleh komposisi media yang mempunyai kualitas kerapatan dan viabilitas yang efektif dan dapat digunakan sebagai acuan dan rekomendasi bagi petani untuk pembuatan isolat dalam mengendalikan hama serangga. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi Biologi Universitas Negeri Semarang pada bulan Juli – September 2019. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan Rancangan Acak Langkap (RAL) dengan satu faktor dan empat taraf perlakuan, yaitu media *Potato Dextrose Agar* (PDA) (kontrol), media *Coconut Water Sucrose Agar* (CWSA), media *Extract Larvae Sucrose Agar* (ELSA) dan media *Coconut Water and Extract Larvae Sucrose Agar* (CWELSA). Variabel bebas dalam penelitian adalah komposisi media pertumbuhan, variabel terikat dalam penelitian adalah kerapatan konidia dan viabilitas konidia. Data kerapatan dan viabilitas dianalisis menggunakan *One Way Anova* dan uji lanjut Tukey HSD. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat pengaruh media pertumbuhan terhadap kerapatan dan viabilitas cendawan *Metarhizium anisopliae*. Media CWELSA dan CWSA mempunyai kerapatan dan viabilitas konidia tertinggi, media CWELSA yaitu $2,91 \times 10^8$ cfu/mL dan 97,17 % dan media CWSA yaitu $2,82 \times 10^8$ cfu/mL dan 95,33%. Media PDA yaitu $2,25 \times 10^8$ cfu/mL dan 92,83%. Media dengan kerapatan dan viabilitas terendah terdapat pada media ELSA yaitu $1,64 \times 10^8$ cfu/mL dan 90,83%. Media yang direkomendasikan untuk meningkatkan kualitas cendawan entomopatogen *Metarhizium anisopliae* adalah media *Coconut Water Sucrose Agar* (CWSA).

Kata Kunci : Kerapatan, Viabilitas, Media pertumbuhan, *Metarhizium anisopliae*

DAFTAR ISI

	Hal
HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	ii
PENGESAHAN	iii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	iv
PRAKATA	v
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Penegasan Istilah	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Potensi <i>Metarhizium anisopliae</i> sebagai agen hayati	5
2.2 Media Tumbuh dan Kebutuhan Nutrisi <i>M. anisopliae</i>	9
2.3 Potensi Air Kelapa Sebagai Medium Pertumbuhan <i>Metarhizium anisopliae</i>	11
2.4 Potensi Tepung Serangga Dalam Media Pertumbuhan <i>Metarhizium anisopliae</i>	13
2.5 Kerangka Berfikir	15
2.6 Hipotesis	16
BAB 3. METODE PENELITIAN	17
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	17
3.2 Rancangan Penelitian	17
3.3 Variabel Penelitian	18
3.4 Parameter Pengamatan	18

3.5 Analisis Data	18
3.6 Alat dan Bahan	18
3.7 Prosedur Penelitian	20
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	24
4.1 Kerapatan Konidia	24
4.2 Viabilitas Konidia	30
BAB 5. PENUTUP	33
5.1 Kesimpulan	33
5.2 Saran	33
DAFTAR PUSTAKA	34
Lampiran	37

DAFTAR TABEL

Tabel	Hal
2.1 Komposisi Kimia Air Kelapa	11
2.2 Kandungan Air Kelapa	12
3.1 Alat dalam Penelitian	19
3.2 Bahan dalam Penelitian	20
4.1 Kerapatan Konidia <i>Metarhizium anisopliae</i> pada Media Pertumbuhan	24
4.2 Viabilitas Konidia <i>Metarhizium anisopliae</i> pada Media Pertumbuhan	30

DAFTAR GAMBAR

Gambar		Hal
2.1	Tahap perkembangan konidium <i>Metarhizium anisopliae</i>	5
2.2	Tahapan dalam siklus infeksi <i>Metarhizium anisopliae</i>	7
2.3	Kerangka berfikir penelitian rekayasa media pertumbuhan cendawan <i>Metarhizium anisopliae</i>	15
4.1	Kerapatan cendawan <i>M. anisopliae</i> pada 6 hari setelah inokulasi menggunakan teknik spread plate dan diratakan dengan driglaski	29
4.2	Viabilitas cendawan <i>M. anisopliae</i> yang diamati setelah 24 jam pada mikroskop dengan perbesaran 10 x 10	32

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Hal
1. Data Pengamatan Viabilitas konidia <i>Metarhizium anisopliae</i>	37
2. Data Pengamatan Kerapatan konidia <i>Metarhizium anisopliae</i>	37
3. Data Sekunder Penelitian	37
4. Penghitungan viabilitas konidia <i>Metarhizium anisopliae</i>	38
5. Penghitungan Kerapatan konidia <i>Metarhizium anisopliae</i>	39
6. Analisis data statistik viabilitas dan kerapatan konidia.....	39
7. Dokumentasi kegiatan penelitian	46

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Cendawan entomopatogen diketahui sangat potensial dalam mengendalikan serangan hama secara hayati. Penggunaan cendawan entomopatogen sebagai agen hayati lebih dipilih karena cendawan entomopatogen mempunyai kapasitas reproduksi yang tinggi, siklus hidup yang pendek, dan dapat membentuk konidia yang dapat bertahan lama di alam, bahkan dalam kondisi yang tidak menguntungkan sekalipun (Soetopo & Indriyani, 2007).

Salah satu cendawan entomopatogen yang dapat digunakan sebagai agen hayati pengendali hama serangga adalah *Metarhizium anisopliae*. Cendawan ini merupakan cendawan entomopatogen yang mempunyai kemampuan sebagai agensi hayati yang potensial dan sangat efektif mengendalikan sejumlah spesies serangga hama. Cendawan ini memiliki kisaran inang serangga yang luas, meliputi ordo Lepidoptera, Coleoptera, Hemiptera, Diptera dan Hymenoptera (Ulya *et al.*, 2016).

Pengetahuan berkaitan dengan cendawan entomopatogen sebagai agen hayati termasuk faktor-faktor teknis seperti mekanisme infeksi, kemampuan menginfeksi, durasi infeksi hama sasaran, dan teknik produksi serta aplikasi juga perlu dikaji dengan teliti. Namun dalam proses perbanyakan secara *in vitro* yang terus menerus dalam suatu media dapat terjadi penurunan kualitas viabilitas dan virulensinya. Penurunan kualitas spora cendawan entomopatogen dapat disebabkan karena berkurangnya sumber karbon, khitin, pati dan protein pada media perbanyakan. Medium mempunyai peranan yang penting sebagai tempat tumbuh mikroba. Selain untuk menumbuhkan mikrobia, medium dapat digunakan untuk isolasi, memperbanyak, pengujian sifat-sifat fisiologis, dan perhitungan jumlah mikrobia (Nuryanti *et al.*, 2012).

Sumber nutrisi merupakan faktor penentu pertumbuhan dan virulensi cendawan entomopatogen, karena laju perkecambahan, pertumbuhan, dan sporulasi adalah indikator dalam menentukan tingkat virulensi dan patogenitas cendawan entomopatogen. Indikator tersebut dipengaruhi oleh pemberian nutrisi yang tepat

pada cendawan entomopatogen (Novianti, 2017). Media tumbuh cendawan entomopatogen harus mengandung substansi organik sebagai sumber karbon, sumber nitrogen, ion anorganik dan sumber vitamin dalam jumlah yang cukup sebagai penyedia pertumbuhan (Raharjo, 2017).

Pembentukan konidia cendawan dipengaruhi oleh kandungan protein dalam media. Protein dibutuhkan dalam pembentukan organel yang berperan dalam pembentukan hifa dan sintesis enzim yang diperlukan selama proses tersebut dan enzim juga berperan dalam aktivitas perkecambahan dan protein yang diserap dalam bentuk asam amino. Selain itu kualitas virulensi dan patogenitas cendawan entomopatogen juga dipengaruhi oleh pemberian kitin sebagai sumber karbon dan nitrogen. Penambahan kitin pada media tumbuh merangsang produksi kitinase yang berfungsi dalam mempertahankan kemampuan infeksi cendawan entomopatogen (Istiqomah & Fatimah, 2014).

Teknik perbanyak cendawan entomopatogen dalam medium pertumbuhan dan cara aplikasi yang dapat mempertahankan kualitas dan patogenitas cendawan sangat dibutuhkan. Cendawan entomopatogen pada aslinya mampu tumbuh dalam beberapa media organik ataupun side product yang mampu mencukupi nutrisi pertumbuhannya, dalam observasi yang dilakukan di BPTPHP (Balai Perlindungan Tanaman Pangan Hortikultura dan Perkebunan Salatiga), diketahui selama ini medium pertumbuhan cendawan yang sering digunakan adalah *Potato Dextrose Agar* sintetik yang dinilai penggunaannya dapat digantikan dengan beberapa media organik yang lebih mudah didapat dan terjangkau secara ekonomi.

Media yang dapat digunakan sebagai alternatif dalam meningkatkan kualitas cendawan entomopatogen adalah media berbahan tepung larva dan media berbahan air kelapa. Tepung larva sebagai bahan medium pertumbuhan didasarkan pada kandungan khitin dan protein yang tinggi (Pramesti *et al.*, 2014) yang dapat meningkatkan jumlah konidia infeksiif dan virulensi terhadap hama (Prayogo *et al.*, 2017). Air kelapa mengandung komposisi yang lengkap sebagai pemenuh kebutuhan nutrisi dalam media pertumbuhan. Air kelapa mengandung zat/bahan seperti unsur hara, vitamin, asam amino, asam nukleat, dan zat tumbuh seperti auksin dan asam giberelat yang berfungsi sebagai penstimulasi proliferasi jaringan dan memperlancar metabolisme dan respirasi (Armawi, 2009). Penggunaan air

kelapa dalam medium pertumbuhan *M. anisopliae* juga berpotensi meningkatkan viabilitas, densitas dan patogenitas cendawan *M. anisopliae* (Sambiran & Hosang, 2007).

Berdasarkan uraian masalah yang telah dipaparkan maka perlu dilakukan pengujian mengenai komposisi penggunaan air kelapa dan tepung larva dalam media pertumbuhan *M. anisopliae* untuk meningkatkan jumlah kerapatan dan persentase viabilitas konidia.

1.2 Rumusan Masalah Penelitian

Berdasarkan uraian latar belakang maka permasalahan yang akan diajukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana pengaruh komposisi media pertumbuhan terhadap jumlah kerapatan dan persentase viabilitas cendawan entomopatogen *Metarhizium anisopliae*?
- b. Komposisi media pertumbuhan mana yang paling efektif untuk meningkatkan jumlah kerapatan dan persentase viabilitas cendawan entomopatogen *Metarhizium anisopliae*?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan uraian latar belakang maka tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Menentukan pengaruh komposisi media pertumbuhan terhadap jumlah kerapatan dan persentase viabilitas cendawan entomopatogen *Metarhizium anisopliae*
- b. Menentukan komposisi media pertumbuhan mana yang paling efektif untuk meningkatkan jumlah kerapatan dan persentase viabilitas cendawan entomopatogen *Metarhizium anisopliae*.

1.4 Manfaat Penelitian

a. Manfaat Teoritis

Sebagai referensi dan informasi dalam melakukan penelitian mengenai penggunaan tepung larva serangga dan air kelapa pada medium pertumbuhan

cendawan *M. anisopliae* terhadap pertumbuhan dan jumlah kerapatan dan persentase viabilitas konidia cendawan *M. anisopliae*.

b. Manfaat Praktis

Komposisi media air kelapa dan tepung larva serangga jika terbukti menghasilkan isolat yang mempunyai jumlah kerapatan dan persentase viabilitas yang baik dapat digunakan sebagai acuan oleh petani untuk pembuatan isolat dalam mengendalikan hama serangga. Didapatkannya bahan dan teknik dalam perbanyakan secara massal cendawan *M. anisopliae* sebagai agen hayati dalam mengendalikan hama serangga secara efisien, ekonomis dan memiliki virulensi yang tinggi.

1.5 Penegasan Istilah

a. Isolat *Metarhizium anisopliae*

Isolat *M. anisopliae* dalam penelitian ini merupakan isolat murni yang dibiakkan dalam media PDA yang diperoleh dari Laboratorium BTPPHP Balai (Perlindungan Tanaman Pangan Hortikultura dan Perkebunan Salatiga) Salatiga.

b. Tepung Larva Serangga

Tepung larva serangga dalam penelitian ini merupakan tepung yang dibuat dari larva *Oryctes rhinoceros* dalam bentuk tepung yang sebelumnya dikeringkan dan dioven pada suhu 65⁰ C, *O. rhinoceros* diperoleh dari lapangan di Desa Jeruk Wangi, Bangsri, Jepara.

c. Komposisi Media Pertumbuhan *Metarhizium anisopliae*

Komposisi media pertumbuhan isolat *M. anisopliae* merupakan media pertumbuhan inokulum dalam bentuk *plate culture* media (media padat didalam petri dish). Media pertumbuhan digunakan sebagai perbanyakan massal dari isolat *M. anisopliae* murni. Isolat diinokulasikan menggunakan teknik spread plate. Komposisi media pertumbuhan dalam penelitian ini terdapat 4 jenis media yaitu, media PDA (*Potato Dextrose Agar*), media CWSA (*Coconut Water Sucrose Agar*), media ELSA (*Extract Larvae Sucrose Agar*), media CWELSA (*Coconut Water and Extract Larvae Sucrose Agar*).

d. Kerapatan dan Viabilitas

Densitas atau kerapatan konidia dalam penelitian ini merupakan jumlah koloni yang tumbuh pada permukaan media pertumbuhan. perhitungan jumlah konidia *M. anisopliae* dengan menggunakan metode TPC (*Total Plate Count*).

Viabilitas dalam penelitian ini merupakan banyaknya konidia yang berkecambah dalam medium slide culture, penghitungan viabilitas dilakukan 24 jam setelah inokulasi.

BAB 2

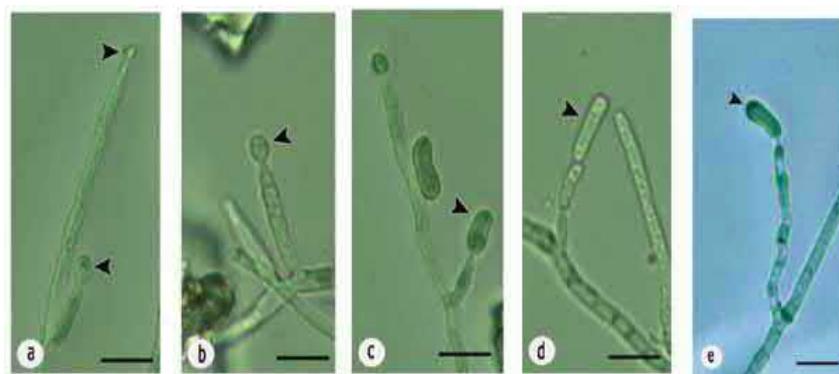
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Potensi *Metarhizium anisopliae* sebagai agen hayati

Metarhizium anisopliae adalah salah satu agen pengendali hayati yang mempunyai kemampuan entomopatogenik yang digunakan untuk pengendalian hama tanaman. Kelebihan dari penggunaan cendawan *M. anisopliae* sebagai agen hayati diantaranya, yaitu mempunyai siklus hidup relatif pendek, reproduksi yang tinggi, dan mampu membentuk spora yang tahan terhadap pengaruh lingkungan (Indriyanti *et al.*, 2016).

M. anisopliae termasuk cendawan filamentous bersifat saprofit. Berikut klasifikasi dari cendawan *M. anisopliae* menurut Tampubolon (2019):

- Kingdom : Fungi
- Filum : Ascomycota
- Class : Sordariomycetes
- Ordo : Hypocreales
- Famili : Clavicipitaceae
- Genera : *Metarhizium*
- Spesies : *Metarhizium anisopliae* (Metchnikoff) Sorokin



Gambar 2.1. Tahap perkembangan konidium *Metarhizium anisopliae* (a,b, dan c) konidium muda (d dan e) konidium matang (Moslim & Kamarudin, 2014)

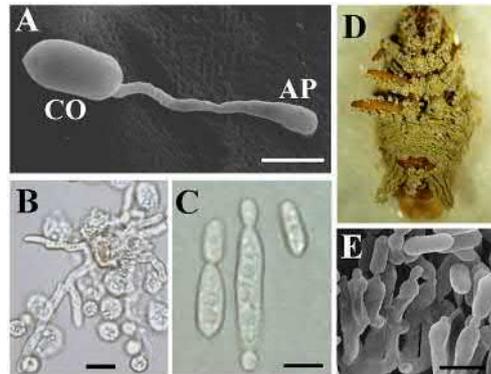
Cendawan *M. anisopliae* memiliki morfologi konidiofor tumbuh tegak, spora berbentuk silinder atau lonjong dengan panjang 16 mm, bersel satu (haploid), dan koloni berwarna hijau zaitun (Raharjo, 2016). Cendawan ini hidup dan banyak ditemukan di tanah dan umumnya dijumpai pada berbagai stadia serangga yang terinfeksi. Pertumbuhan cendawan ini dimulai dengan tumbuhnya konidium yang membengkak dan mengeluarkan tabung-tabung kecambah. Tabung kecambah tersebut memanjang selama 30 jam. Beberapa cabang tersebut membesar ke arah atas membentuk konidiofor yang pendek, bercabang, berdekatan dan saling melilit. Konidia mula-mula berwarna putih kemudian berangsur menjadi hijau apabila telah masak. Pembentukan konidia terdiri dari kuncup dan tunas yang memanjang pada kedua sisi konidiofor tersebut. Umumnya sebuah rantai konidia bersatu membentuk sebuah kerak dalam media (Itat, 2013).

M. anisopliae menghasilkan dua jenis spora. Aerial konidia yang dihasilkan pada phialid-phialid selama fase saprofitik atau pada inang yang telah mati, dan didefinisikan sebagai spora-spora aseksual yang dihasilkan pada sporogenous dan hifa khusus yang dikenal sebagai phialid. Tipe spora yang kedua adalah spora yang dihasilkan hemolymph serangga yang biasanya disebut blastopora (Raharjo, 2016).

Cendawan *M. anisopliae* memiliki aktifitas larvasidal karena menghasilkan cyclopeptida, destruxin dan desmethyldestruxin. Cendawan *M. anisopliae* menghasilkan endotoksin yang mempunyai patogenitas tinggi yaitu destruxin. Efek destruxin berpengaruh pada organel target yaitu mitokondria, retikulum endoplasma dan membran nukleus yang menyebabkan parasitis sel dan kelainan fungsi terhadap lambung tengah, tubulus malphigi, hemocit dan jaringan otot (Itat, 2013).

Cendawan *M. anisopliae* dalam menginfeksi serangga terdapat empat tahap penginfeksi yaitu *inoculation stage*, *germination stage*, *penetration stage*, *invasion and destruction stage* (Indriyanti *et al.*, 2017). Konidia 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, konidia cendawan *M. anisopliae* dengan cepat memperbanyak diri sehingga blastopora segera menyelaputi tubuh

inang, propagul miselia akan disebar ke seluruh rongga tubuh melalui aliran haemolymph (Raharjo, 2016).



Gambar 2.2 Tahapan dalam siklus infeksi *Metarhizium anisopliae* (Gao *et al.*, 2011)

Gejala akibat infeksi *M. anisopliae* pada tubuh inang adalah kematian larva, kemudian larva tersebut terselimuti oleh miselium berwarna putih dan kumpulan konidium berwarna hijau tua (Utari *et al.*, 2015) dengan tubuh mengalami pengerasan atau mumifikasi akibat penyerapan jaringan dan cairan serangga oleh cendawan *M. anisopliae* yang digunakan untuk pertumbuhan dalam tubuh inang (Indriyanti *et al.*, 2018).

Serangga yang terinfeksi sebelum mengalami kematian akan menunjukkan beberapa perilaku diantaranya yaitu perilaku *summit disease*, serangga akan naik menuju permukaan atas sebagai usaha menyelamatkan diri dari infeksi cendawan entomopatogen. Ciri lain adalah adanya perubahan tubuh serangga yang berwarna hitam akibat aktivitas melanisasi sebagai bentuk pertahanan tubuh terhadap infeksi cendawan entomopatogen, aktivitas melanisasi tersebut akibat dari aktivitas enzim phenoklosidae. Enzim ini diketahui berperan dalam proses penyembuhan luka, sklerotisasi kutikula, dan berperan dalam proses melanisasi terhadap benda asing yang masuk ke dalam haemocoel (Ulya *et al.*, 2016).

Pertumbuhan dan perkembangan cendawan *M. anisopliae* membutuhkan kondisi lingkungan yang ideal. Beberapa kondisi lingkungan tersebut seperti suhu, kelembaban, cahaya matahari atau penyinaran, dan konsentrasi pH. Suhu dan kelembaban sangat mempengaruhi pertumbuhan dan perkecambahan konidia *M.*

anisopliae serta patogenitasnya. Batasan suhu yang digunakan untuk pertumbuhan cendawan yaitu 5° – 35° C, pertumbuhan optimum terjadi pada suhu 25° – 30° C. Suhu yang terlalu tinggi dan terlalu rendah akan mengakibatkan konidia mengalami deteriorasi karena pertumbuhan konidia berhenti atau terjadi kerusakan konidia (Pramesti *et al.*, 2014).

Konidia akan tumbuh dengan baik pada kelembaban di atas 90 % dan pada kelembaban yang lebih tinggi akan semakin tinggi virulensinya, pada kelembaban dibawah 86 % virulensi cendawan *M. anisopliae* akan menurun (Effendi, 2010). Kondisi pencahayaan selama pertumbuhan cendawan berpengaruh terhadap produksi konidia, perkembangan seksual dan aseksual, penyebaran spora, produksi metabolit sekunder, susunan pigmen, dan toleransi terhadap radiasi sinar UV- B. Cahaya merupakan salah satu dari beberapa banyak signal cendawan yang digunakan untuk beradaptasi dan berinteraksi dengan lingkungannya serta sebagai pemberi informasi penting mengenai habitatnya. Gelombang UV-B dapat merusak membran nukleus dan mendenaturasi protein pada *M. anisopliae*, konidia yang disimpan dalam kondisi gelap dapat berkecambah hingga 90 % dan pada kondisi terang hanya 50 %, lebih rendah dari kondisi gelap (Oliveira *et al.*, 2017). Kemampuan hidup cendawan entomopatogen juga dipengaruhi oleh pH, penurunan viabilitas dan kerapatan konidia dipengaruhi oleh penurunan pH media pembawa (*carrier*). Cendawan membutuhkan pH optimum berkisar 4-7 untuk pertumbuhannya (Rizkie *et al.*, 2017).

Beberapa penelitian telah banyak mengkaji mengenai perbanyakan, perbaikan kualitas kerapatan dan viabilitas cendawan entomopatogen *M. anisopliae* pada berbagai medium serta menguji virulensi atau patogenitas dari cendawan *M. anisopliae*. Pada penelitian yang dilakukan Utari (2015) menunjukkan hasil isolat murni cendawan *M. anisopliae* yang dikembangbiakkan pada medium PDA kemudian diperbanyak dalam medium beras dan jagung yang selanjutnya diaplikasikan terhadap hama *Oryctes rhinoceros* memperlihatkan hasil bahwa isolat cendawan *M. anisopliae* yang dibiakkan dalam medium perbanyakan jagung dengan umur biakan empat minggu dapat mengendalikan larva *O. rhinoceros* sebesar 100 %. Pada penelitian yang dilakukan oleh Indriyanti (2016) dengan menggunakan isolat *M. anisopliae* yang biakkan pada media beras dengan umur

biakan 19 hari dengan umur penyimpanan selama 1 bulan yang diaplikasikan terhadap larva *O. rhinoceros* menunjukkan bahwa isolat cendawan *M. anisopliae* yang dibiakkan dalam medium perbanyakan beras dengan dosis 16 gr efektif mengendalikan larva *O. rhinoceros* sebesar 100 %. Pada penelitian lainnya Indriyanti (2018) dengan menggunakan isolat *M. anisopliae* dengan kepadatan dan viabilitas yaitu $7,32 \times 10^8$ dan 90,4 % yang diaplikasikan menggunakan media pupuk organik yang diujikan pada larva *O. rhinoceros* menunjukkan hasil mortalitas 100 % pada hari ke-12 dengan komposisi 4 g *M. anisopliae* + 100 g pupuk organik.

2.2 Media Tumbuh dan Kebutuhan Nutrisi *Metarhizium anisopliae*

Media biakan merupakan suatu zat yang digunakan untuk menumbuhkan mikroorganisme di laboratorium. Fungsi dari suatu media biakan adalah memberikan tempat dan kondisi yang mendukung pertumbuhan dan perkembangan biakan dari mikroorganisme yang ditumbuhkan. Selain untuk menumbuhkan mikrobia, medium dapat digunakan untuk isolasi, memperbanyak, pengujian sifat-sifat fisiologis, dan perhitungan jumlah mikrobia (Nuryanti *et al.*, 2012).

Sumber nutrisi dapat berpengaruh terhadap pertumbuhan cendawan entomopatogen. Media tumbuh cendawan entomopatogen harus mengandung substansi organik sebagai sumber karbon, sumber nitrogen dan ion anorganik dalam jumlah yang cukup (Raharjo, 2016).

Sumber nutrisi merupakan faktor penentu pertumbuhan dan virulensi cendawan entomopatogen, karena laju perkecambahan, pertumbuhan, dan sporulasi adalah indikator dalam menentukan tingkat virulensi dan patogenitas cendawan entomopatogen. Indikator tersebut dipengaruhi oleh pemberian nutrisi yang tepat pada cendawan entomopatogen. Nutrisi dibutuhkan cendawan untuk biosintesa dan pelepasan energi sebagai faktor utama pendukung viabilitas, kemampuan hidup, dan keberlanjutan koloni cendawan (Novianti, 2017).

Pembentukan konidia cendawan dipengaruhi oleh kandungan protein dalam media. Protein dibutuhkan dalam pembentukan organel yang berperan dalam pembentukan hifa dan sintesis enzim. Selain itu kualitas virulensi dan patogenitas

cendawan entomopatogen juga dipengaruhi oleh pemberian kitin, Penambahan kitin pada media tumbuh merangsang produksi kitinase yang berfungsi dalam mempertahankan kemampuan infeksi cendawan entomopatogen (Raharjo, 2016).

Cendawan *M. anisopliae* juga membutuhkan sumber nitrogen organik maupun anorganik dan mineral sebagai pemacu pertumbuhan. Sumber karbon yang biasanya digunakan dalam media adalah dextrosa namun dapat diganti dengan polisakrida seperti tajin atau lipid. Makronutrisi penting yang lain adalah pospat, potasium, magnesium dan sulfur (yang disediakan dalam bentuk sulfat maupun dalam bentuk cystein atau methionine). Mikronutrisi penting yang dibutuhkan oleh cendawan entomopatogen adalah kalsium, besi, tembaga, mangan, molydenum, zinc, dan vitamin B kompleks (khususnya biothine dan thiamine) (Raharjo, 2016).

Cendawan berinteraksi langsung dengan nutrisi selama proses siklus hidupnya. Molekul-molekul kecil seperti gula sederhana dan asam amino terlarut dapat diabsorpsi langsung oleh hifa, sedangkan polimer yang tidak larut seperti selulosa, pati, dan protein harus melewati tahap digesti sebelum dimanfaatkan sebagai nutrisi cendawan. Sebelum molekul besar diabsorpsi cendawan, enzim ekstraselular diproduksi oleh cendawan sebagai tahap awal dalam sistem pencernaan. Enzim ekstraselular ini berperan untuk mengontrol reaksi hidrolisis yang bekerja memecah molekul besar menjadi molekul kecil. Kemampuan cendawan untuk memanfaatkan molekul besar pada dasarnya tergantung pada jenis enzim yang diproduksi cendawan tersebut. Cendawan dapat tumbuh pada suatu substrat apabila enzim yang sesuai dengan komponen penyusun substrat dihasilkan oleh cendawan tersebut. Dengan demikian semisal diasumsikan *M. anisopliae* dapat tumbuh pada media yang diberikan nutrisi yang mengandung kitin maka diasumsikan cendawan tersebut menghasilkan enzim yang dapat menstimulasi produksi enzim khitinase (Guswenrivo *et al.*, 2008).

Cendawan *M. anisopliae* dapat tumbuh pada berbagai media, antara lain media SDA (*Sabouraud Dextrosa Agar*), PDA (*Potato Dextrosa Agar*), media beras, media jagung, media dedak, media air kelapa, media kaolin dan media berbahan kitin. Semua media mengandung nutrisi yang diperlukan cendawan *M. anisopliae* untuk menghasilkan spora yang maksimal serta mempertahankan virulensi dan patogenitasnya (Sadad *et al.*, 2014).

2.3 Potensi Air Kelapa Sebagai Medium Pertumbuhan *M. anisopliae*

Air kelapa mengandung komposisi kimia dan nutrisi yang lengkap sebagai pemenuh kebutuhan nutrisi dalam media pertumbuhan. Dalam satu butir kelapa mengandung air kelapa sebanyak 230-300 mL dengan berat jenis rata 1,02 dan konsentrasi pH 5,6. Air kelapa mengandung zat/bahan seperti unsur hara, vitamin, asam amino, asam nukleat, dan zat tumbuh seperti auksin dan asam gibberelat yang berfungsi sebagai penstimulasi poliferasi jaringan dan memperlancar metabolisme dan respirasi (Armawi, 2009). Air kelapa memiliki manfaat untuk meningkatkan pertumbuhan dengan kandungan potasium hingga 17 %, selain kaya akan mineral, air kelapa juga mengandung gula antara 1,7% sampai 2,6 % dan protein 0,07% hingga 0,55% (Azwar, 2008). Kandungan lainnya yang terkandung dalam air kelapa antara lain natrium (Na), kalsium (Ca), magnesium (Mg), ferum (Fe), cuprum (Cu), fosfor (P), dan sulfur (S). Air kelapa kaya akan kandungan vitamin seperti asam sitrat, asam nikotinat, asam pantotemat, asam folat, niacin, ribovlavin, dan thiamin. Selain itu terdapat pula hormon pertumbuhan yaitu Auksin dan sitokinin yang terkandung air kelapa.

Tabel 2.1. Komposisi Kimia Air Kelapa

Sumber air kelapa dalam 100 g	Air kelapa muda	Air kelapa tua
Kalori	17,0 kal	-
Protein	0,2 g	0,4 g
Lemak	1,0 g	1,5 g
Karbohidrat	3,8 g	4, 6 g
Kalsium	15,0 mg	-
Forfor	8,0 mg	0,5 mg
Besi	0,2 mg	-
Asam askorbat	1,0 mg	91,5 mg
Air	95,5 mg	-

Sumber : Kiswanto (2004)

Tabel 2.2. Kandungan Air Kelapa

No	Macam Padatan	Komposisi Bahan
1	Asam amino	aspartat, glutamat, serin, asparagin, glisin, histidin, glutamin, arginin, lisin, valin, pirosin, prolin, hidroksiprolin
2	Ikatan Nitrogen	ammonium, etanolanin, dihidroksipenilalanin
3	Gula	sukrosa, glukosa, fruktosa, manitol, surbitol, m- inositol
4	Vitamin	asam nikotinat, asam pantotetat, biotin, riboflavin, asam folat, tiamin, piridoksin, asam askorbat
5	Asam Organik	citrat, suksinat, malat
6	Substansi pertumbuhan	auksin, giberelin, ziatin, glukosat

Sumber : Saidah (2005)

Penggunaan air kelapa sebagai bahan yang ditambahkan pada medium pertumbuhan entomopatogen telah banyak dikaji, Pada penelitian yang dilakukan oleh Sambiran (2007) dalam melakukan pengujian patogenitas cendawan *Metarhizium anisopliae* terhadap hama *Oryctes rhinoceros*, dalam penelitian tersebut isolat *M. anisopliae* diinokulasikan dalam beberapa medium air kelapa yang berbeda kultivar dengan menginokulasikan 0,05 g isolat *M. anisopliae* pada 100 mL medium air kelapa, kemudian suspensi terbentuk diujikan pada larva *O. rhinoceros*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa larva *O. rhinoceros* mengalami mortalitas 100 % pada perlakuan medium beberapa kultivar air kelapa (Sambiran & Hosang, 2007).

Pada penelitian Juliana (2017), isolat *Tricoderma sp* ditumbuhkan pada media kultur 200 mL limbah air kelapa + 50 mL limbah cair tempe, kemudian di inkubasi didalam shaker selama empat hari dengan kecepatan 150 rpm dan suhu 25⁰ C-30⁰ C, menunjukkan hasil cendawan *Tricoderma sp* dapat tumbuh pada media limbah air kelapa dan limbah cair tempe dengan menghasilkan biomassa miselium tertinggi sebesar 1595,333 mg per mL medium (Juliana *et al.*, 2017).

2.4 Potensi Tepung Serangga Dalam Media Pertumbuhan *M. anisopliae*

Upaya untuk memperbanyak cendawan agar memperoleh jumlah konidia yang berlimpah sebagai organ infektif maka harus diperbanyak pada media alami. Upaya meningkatkan virulensi cendawan dapat dilakukan dengan menumbuhkan cendawan pada media yang banyak mengandung protein dan kitin dari serangga atau diinfeksi ulang pada serangga inang. Kitin merupakan sumber karbon dan nitrogen, kitin merupakan polimer linear dari N-asetil-glukosamin dengan sub-unit yang dihubungkan dengan ikatan α - (1,4)-glukosida. Senyawa N-asetil-glukosamin dimanfaatkan oleh mikroba sebagai sumber karbon dan nitrogen. Senyawa kitin ini banyak ditemukan pada cangkang crustacea, dinding sel cendawan dan serangga (Misrha *et al.*, 2013). Penambahan kitin pada media tumbuh merangsang produksi kitinase yang berfungsi dalam mempertahankan kemampuan infeksi cendawan entomopatogen (Herlinda *et al.*, 2006). Protein dibutuhkan dalam pembentukan organel yang berperan dalam pembentukan hifa dan sintesis enzim yang diperlukan selama proses tersebut dan enzim juga berperan dalam aktivitas perkecambahan (Istiqomah dan Fatimah, 2016).

Media tumbuh yang kekurangan protein akan menyebabkan perkecambahan konidia semakin rendah. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Herlinda (2006) menunjukkan penggunaan tepung jangkrik/*Gryllus* sp (Orthoptera : Gryllidae) pada biakan SDB (*Saborroud Dextrose Broth*) dapat menyebabkan mortalitas *Plutella xylostella* dengan perbedaan signifikan dengan perlakuan tanpa penambahan dengan nilai mortaliti 69,47% - 71,97% dimana berbeda signifikan dengan biakan tanpa tambahan kitin, yang sangat jelas pemberian kitin berimplikasi terhadap virulensi cendawan entomopatogen. Penggunaan tepung kitin yang diujikan pada cendawan *Beauveria bassiana* berkisar antara $2,38 \times 10^8$ hingga $2,61 \times 10^8$ dengan penggunaan sumber kitin pada media secara nyata menyebabkan mortalitas 71 – 78 % terhadap hama walang sangit (Pramesti *et al.*, 2014). Konsentrasi tepung jangkrik/ *Gryllus* sp (Orthoptera : Gryllidae) dengan konsentrasi 0,5% dan konsentrasi tepung 1% pada suhu 24°C yang ditambahkan pada medium EKD (Ekstrak Kentang Dekstrosa) mampu meningkatkan viabilitas konidia menjadi 80% pada minggu kedua sampai minggu keempat (Herlinda *et al.*, 2012).

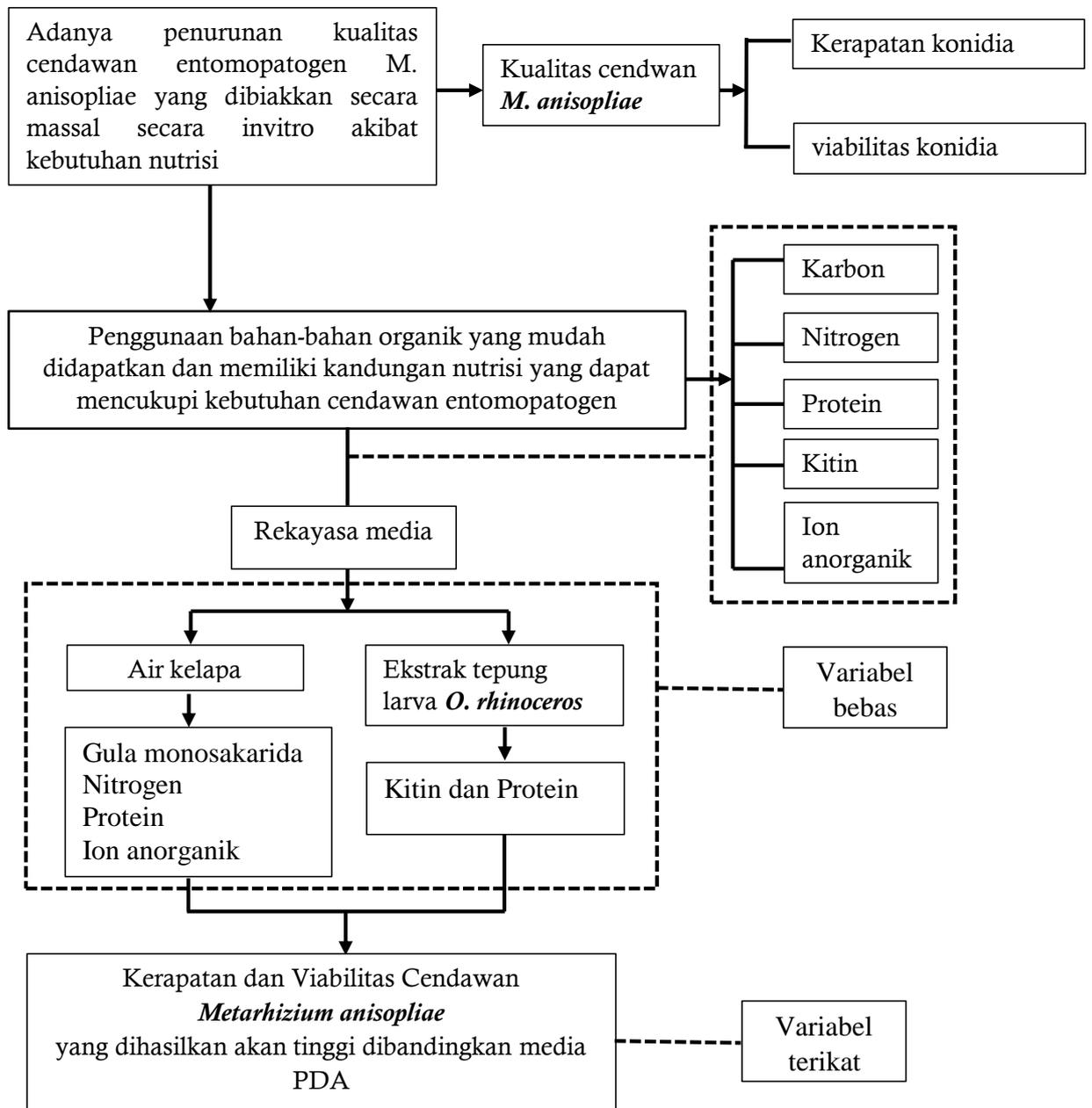
Penggunaan kitin berbentuk tepung dari serangga *Tenebrio molitor* dengan kadar 1% dalam medium PDA menunjukkan laju pertumbuhan terbaik *B.bassiana* selama inkubasi selama 20 hst (Prayogo *et al.*, 2017). *Tenebrio molitor* merupakan salah satu serangga yang potensial digunakan sebagai sumber hama. *Larva Tenebrio molitor* atau lebih dikenal dengan nama ulat hongkong mengandung kitin yang terdapat pada bagian kulit larva.

Penelitian yang mengkaji penggunaan bahan mengandung kitin yang digunakan sebagai media pertumbuhan *M. anisopliae* masih jarang sekali dikaji. Beberapa penelitian yang telah disebutkan merupakan keberhasilan penambahan bahan mengandung kitin sebagai media cendawan entomopatogen. Persamaan sifat sebagai cendawan entomopatogen diharapkan dapat memberikan hasil yang baik bagi pertumbuhan *M. anisopliae*.

Uji pendahuluan yang dilakukan di Laboratorium Biologi UNNES menunjukkan dari 5 petri disk yang diinokulasikan cendawan *M. anisopliae* dan di inkubasi dalam beberapa hari memberikan hasil *M. anisopliae* dapat tumbuh pada medium tepung larva dengan komposisi 1% tepung larva + 10% gula + 2% agar. Pertumbuhan koloni berwarna putih sudah terlihat setelah 2 hsi (hari setelah inokulasi) dan pada 3 hsi koloni telah berganti berwarna hijau, ciri-ciri warna ini merupakan ciri dari koloni *M. anisopliae*, hal ini sesuai yang dikemukakan oleh (Prayogo *et al.*, 2005) dan (Permadi *et al.*, 2019).

2.5 Kerangka Berpikir

Kerangka berpikir dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:



Gambar 2.3. Kerangka berfikir penelitian rekayasa media pertumbuhan cendawan *Metarhizium anisopliae*

2.6 Hipotesis

Hipotesis dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Ada pengaruh komposisi media pertumbuhan terhadap jumlah kerapatan dan persentase viabilitas cendawan entomopatogen *Metarhizium anisopliae*.
- b. Komposisi media pertumbuhan yang paling efektif terhadap meningkatkan jumlah kerapatan dan viabilitas cendawan entomopatogen *Metarhizium anisopliae* adalah media CWELSA.

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Komposisi medium pertumbuhan berpengaruh terhadap kerapatan dan viabilitas konidia *Metarhizium anisopliae*. Medium CWELSA dan CWSA lebih efektif dibandingkan medium ELSA dan kontrol PDA.

Medium pertumbuhan yang direkomendasikan efektif untuk kerapatan dan viabilitas *Metarhizium anisopliae* adalah medium CWSA (*Coconut Water Sucrose Agar*).

5.2 Saran

Saran pada penelitian ini yang dapat ditindaklanjuti adalah perlu adanya uji coba penggunaan limbah air kelapa yang lebih marginal. Perlu dilakukan uji kandungan tepung larva *Oryctes rhinoceros* serta penggunaan ekstrak tepung larva pada konsentrasi yang lebih tinggi pada komposisi media pertumbuhan. Perlu dilakukan uji virulensi/patogenitas isolat yang ditumbuhkan dalam beberapa komposisi media pertumbuhan dalam penelitian ini.

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.
- Aryo, K., Purnomo., Wibowo, L., & Aeny, T.N. 2017. *Virulensi Beberapa Isolat Metarhizium anisopliae Terhadap Ulat Grayak (Spodoptera litura F) di Laboratorium*. Jurnal Agrotek Tropika 5(2) : 96-101
- Desyanti, Hadi, Y.S., Yusuf, S., & Santoso T. 2007. *Kefektifan Beberapa Spesies Cendawan Entomopatogen Untuk Mengendalikan Rayap Tanah Captotermes gestroi Wasmann (Isoptera:Rhinotermitidae) dengan Metode Kontak dan Umpan*. Jurnal Ilmu & Teknologi Kayu Tropis 5 (2) : 68-77
- Efendi, T.A. 2010. *Uji Toksisitas Bioinsektisida Cendawan Metarhizium sp. Berbahan Pembawa Bentuk Tepung Untuk Mengendalikan Nilaparvata lugens (Stal.) (Homoptera:Delphacidae)*. Prosiding Seminar Nasional Unsri, Palembang. 20-21 Oktober 2010
- Gao, Q., Jin, K., Ying, S.H., Zhang, Y., Xiao, G., Shang, Y., Duan, Z., Hu, X., Xie, X.Q., & Zou, G. 2011. *Genome Sequencing and Comparative Transcriptomics of The Model Entomopatogenic Fungi Metarhizium anisopliae and M. acridum*. Plos Genetic 7 (1) : 1-18
- Guswenrivo, I., Kartika, T., Tarmadi, D., & Yusuf, S. 2008. *Utilization of Humicola sp. Enzyme Extract as Biotermiticide*. J Tropical Wood and Technology 6 (1) : 21 – 25
- Hamdani. 2008. *Keanekaragaman Cendawan Entomopatogen Pada Rhizosfer Kakao dan Patogenitasnya Terhadap Hama Penggerek Buah Kakao (Conopomorpha crumamerella)*. Tesis. Universitas Andalas. Padang
- Herlinda, S., Utama, M.D., Pujiastuti, Y., & Suwandi. 2006. *Kerapatan dan Viabilitas Spora Beauveria bassiana (Bals.) Akibat Subkultur dan Pengkayaan Media, Serta Virulensinya Terhadap Larva Plutella xylostella (Linn.)* Jurnal HPT Tropika 6 (2) : 70-78
- Herlinda, S., Darmawan, K.A., Firmansyah., Adam, T., Irsan, C., & Thalib, R. 2012. *Bioessay Bioinsektisida Beauveria bassiana dari Sumatera Selatan Terhadap Kutu Putih Pepaya, paraccocus marginatus William & Grana De Wilink (Hemiptera:Pseudococidae)*. Jurnal Entomologi Indonesia 9 (2) : 81 - 87
- Indrayani, I.G.A.A., & Prabowo, H. 2010. *Pengaruh Komposisi Media Terhadap Produksi Konidia Cendawan Entomopatogen Beauveria bassiana (Balsamo) Vuillemin*. Buletin Tanaman Tembakau, Serat dan Minyak Industri 2 (2) : 88 - 94
- Indriyanti, D.R., Masitoh., & Bambang, P. 2016. *Keefektifan Metarhizium anisopliae Yang Dibiakkan Di Media Beras Dan Yang Disimpan Di Media Kaolin Terhadap Mortalitas Larva Oryctes rhinoceros*. Jurnal Life Science 5 (1) : 64 – 71

- Indriyanti, D.R., Putri, R.I.P., Widyaningrum, P., & Herlina, L. 2017. *Density, Viability, Conidia and Symptoms of Metarhizium anisopliae Infection on Oryctes rhinoceros Larvae*. Journal of Physics : Conf. Ser. 824 012058
- Indriyanti, D.R., Damayanti, I.B., Setiani, N., & Maretta, Y.A. 2018. *Mortality and Tissue Damage of Oryctes rhinoceros Larvae Infected By Metarhizium anisopliae*. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences 13 (6) : 2279 – 2286
- Istiqomah, N., & Fatimah, S. 2014. *Pertumbuhan dan Hasil Cendawan Tiram Pada Berbagai Komposisi Media Tanam*. Ziraah 39 (3) : 95 – 99
- Juliana., Umrah., & Asrul. 2017. *Pertumbuhan Miselium Trichoderma sp Pada Limbah Cair Tempe dan Limbah Air Kelapa*. Jurnal Biocelebes 12 (2) : 52 – 59
- Kalsum, U., Fatimah, S., & Wasonowati, C. 2011. *Efektifitas Pemberian Air Leri Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Jamur Tiram Putih (Pluerotus ostreatus)*. Jurnal Agrovitor 4 (2): 86 - 92
- Kiswanto, Y., & Saryanto, S. 2004. *Pengaruh Suhu dan Lama Penyimpanan Air Kelapa terhadap Produksi Nata de Coco*. Institut pertanian INTAN. Yogyakarta
- Mishra, A.K., Pandey, B., Tyagi, C., Chakraborty, O., Kumar, A., & Kain, A.K. 2015. *Structural and functional analysis of chitinase gene family in wheat (Triticum aestivum)*. Journal of Biochemistry and Biophysics 52 : 169- 178
- 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
- Novianti, D. 2017. *Efektifitas Beberapa Media Untuk Perbanyak Cendawan Metarhizium anisopliae*. Sainmatika Jurnal 14 (2) : 81 – 88
- Nuryanti, N.S.P., Lestari, W., & Abdul, A. 2012. *Penambahan Beberapa Jenis Bahan Nutrisi Pada Media Perbanyak Untuk Meningkatkan Virulensi Beauveria bassiana Terhadap Hama Walang Sangit*. Jurnal HPT Tropika 12 (01) : 64-70
- Oliveira, A.S., Braga, G.U.L., & Rangel, D.E.N. 2017. *Metarhizium robertsii Illuminated During Mycelial Growth Produces Conidia With Increased Germination Speed And Virulence*. Fungal Biology, 1- 29
- Prabaningrum, L & Moekasan, T.K. 2011. *Penenrapan Teknologi Pengendalian Hama Terpadu Untuk Mengendalikan Organisme Pengganggu Tumbuhan Utama Pada Budidaya Paprika*. Jurnal Hort 21 (3) : 245-253
- Pramesti, N.R., Himawan, T., & Rachmawati, R. 2014. *Pengaruh Pengkayaan Media dan Suhu Penyimpanan Terhadap Kerapatan dan Viabilitas Konidia Cendawan Patogen Serangga*

- Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin (Hypocreales:Cordypitaceae). Jurnal HPT 2 (3) : 42-50
- Pramesti, R. M. 2015. *Pengaruh Penambahan Kardus Dan Air Leri Terhadap Produktivitas Jamur Merang (Volvariella volvaceae) yang Ditanam Pada Baglog*. Skripsi. Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Prayogo, Y., & Tengkan, W. 2004. *Pengaruh Konsentrasi dan Frekuensi Aplikasi Metarhizium anisopliae Isolat Kendalpayak Terhadap Tingkat Kematian Spodoptera litura*. Sainteks Jurnal Ilmiah Ilmu Pertanian 3 (10) : 209-216
- Prayogo, Y., Afandi, A., Puspitarini, R.D., & Rachmawati, R. 2017. *Penambahan Senyawa Kitin Untuk Meningkatkan Virulensi Cendawan Entomopatogen Beauveria bassiana dalam Membunuh Serangga Hama*. Buletin Palawija 15 (1) : 31-43
- Puspaningrum, I & Suparti. 2013. *Produksi Jamur Tiram Putih (Plurotus ostreatus) Pada Media Tambahan Molase dengan Dosis yang Berbeda*. Seminar Nasional X Pendidikan Biologi FKIP UNS, Surakarta.
- Raharjo, R.I. 2016. *Perbanyakkan Metarhizium anisopliae (Metschn.) Sorokin Menggunakan Teknik Dua Fase*. Skripsi. Universitas Jember, Jember
- Rizkie, L., Herlinda, S., Suwandi., Irsan, C., Susilawati., & Lakitan, B. 2017. *Kerapatan dan Viabilitas Konidia Beauveria bassiana dan Metarhizium anisopliae Pada Media In Vitro pH Rendah*. J. HPT Tropika 17 (2) : 119-127
- Saidah, R. 2005. *Pengaruh Ekstrak Kelapa Muda Terhadap Pertumbuhan Akar Stek Melati (Jasminum sambac W. Ait)*. Skripsi. Malang UIN Malang.
- Sambiran, W.J., & Hosang, M.L.A. 2007. *Patogenitas Metharizium anisopliae dari Beberapa Media Air Kelapa Terhadap Oryctes rhinoceros L*. Buletin Palma 32 : 1-9
- Soetopo., & Indriyani. 2007. *Status, Teknologi, dan Prospek Beauveria bassiana Untuk Pengendalian Serangan Hama*. Balai Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat, Malang
- Tampubolon. 2019. *Uji Efektivitas Beberapa Entomopatogen Untuk Mengendalikan Hama Ulat Api (Setothosea asigna) Pada Kelapa Sawit (Elaeis quineensis Jacq)*. Skripsi. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan
- Ulya, L.N., Himawan, T., & Mudjiono, G. 2016. *Uji Patogenitas Cendawan Entomopatogen Metarhizium anisopliae (Moniliales:Moniliaceae) Terhadap Hama Uret Lepiodiota stigma F. (Coleoptera: Scarabaeidae)*. Jurnal HPT 4 (1) : 24-31
- Utari, N.W., Sudiarta, I.P., & Bagus, I.G.N. 2015. *Pengaruh Media dan Umur Biakan Cendawan Metarhizium anisopliae Terhadap Tingkat Kematian Larva Oryctes*

rhinoceros L. (Scarabaecidae:Coleoptera). Elektronik Jurnal Agroteknologi Tropika 4 (2) : 160-169

Yanti, Itat. 2013. *Pengaruh Cendawan Entomopatogen Metarhizium anisopliae Terhadap Mortalitas Serangga Penyerbuk Trigona sp.* Skripsi. Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati, Bandung