



UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

**MORTALITAS DAN KERUSAKAN JARINGAN
PADA SETIAP GEJALA INFEKSI LARVA *Oryctes rhinoceros* L.
AKIBAT PERLAKUAN CENDAWAN *Metarhizium anisopliae***

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

oleh

Indah Budi Damayanti

4411411026

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

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

2016

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa skripsi saya yang berjudul “Mortalitas dan Kerusakan Jaringan pada Setiap Gejala Infeksi Larva *Oryctes rhinoceros* L. akibat Perlakuan Cedawan *Metarhizium anisopliae*” 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 ini. Skripsi ini belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar dalam program sejenis di perguruan tinggi manapun.

Semarang, 27 Juni 2016

Penulis,



UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

Indah Budi Damayanti
NIM. 4411411026

ABSTRAK

Damayanti, IB. 2016. Mortalitas dan Kerusakan Jaringan pada Setiap Gejala Infeksi Larva *Oryctes rhinoceros* L. Akibat Perlakuan Cendawan *Metarhizium anisopliae*. Skripsi. Jurusan Biologi FMIPA Universitas Negeri Semarang. Dr. Dyah Rini Indriyanti, M.P. dan Dr. Ning Setiati, M.Si.

Kumbang tanduk (*Oryctes rhinoceros* L.) merupakan hama utama tanaman kelapa di Indonesia. Pengendalian *O. rhinoceros* dapat dilakukan dengan menggunakan cendawan entomopatogen *M. anisopliae*. Pemanfaatan cendawan *M. anisopliae* sebagai agen pengendali hayati telah banyak dilakukan namun masih jarang yang menganalisis tingkat kerusakan yang terjadi pada jaringan dari larva yang terserang oleh cendawan tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh pemberian cendawan *M. anisopliae* terhadap mortalitas larva *O. rhinoceros* dan menganalisis kerusakan jaringan pada setiap gejala infeksi larva *O. rhinoceros* akibat perlakuan cendawan *M. anisopliae*.

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember 2015 - April 2016. Penelitian didesain menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 4 perlakuan dan 10 ulangan. Parameter yang diamati dalam penelitian ini adalah presentase mortalitas dan infeksi, perubahan tingkah laku larva *O. rhinoceros*, morfologi larva *O. rhinoceros* yang menunjukkan gejala terinfeksi *M. anisopliae* dan kerusakan jaringan pada setiap tahap gejala infeksi yang disebabkan cendawan *M. anisopliae*. Mortalitas larva disajikan dalam bentuk grafik dan dianalisis secara deskriptif, sedangkan untuk kerusakan jaringan disajikan secara deskriptif dengan cara menganalisis perubahan struktur jaringan larva *O. rhinoceros* pada empat tahap gejala infeksi disajikan secara deskriptif.

Hasil menunjukkan bahwa mortalitas larva pada setiap perlakuan berbeda. Perlakuan P3 menunjukkan hasil mortalitas tertinggi yakni sebesar 100% pada hari ke 12 setelah aplikasi sedangkan pada perlakuan P1 dan P2 membutuhkan waktu yang lebih lama. Perlakuan P3 juga menunjukkan mampu menyebabkan infeksi lebih cepat dibandingkan pada perlakuan P1 dan P2. Larva yang terinfeksi cendawan *M. anisopliae* lama kelamaan akan menjadi kurang aktif. Larva yang terinfeksi cendawan *M. anisopliae* tubuhnya akan menunjukkan gejala yakni muncul bercak coklat (melanisasi), kemudian kaku (mumifikasi), muncul hifa putih (mikosis) di tubuhnya dan muncul koloni cendawan berwarna hijau. Kerusakan jaringan larva pada setiap tahapan gejala infeksi berbeda-beda. Larva yang mengalami bercak coklat pada jaringannya mulai terlihat adanya hifa, kemudian pada gejala tahap mumifikasi epidermis larva mulai dipenuhi oleh miselium, pada gejala tahap muncul hifa putih jaringan larva bagian kutikula sudah rusak dan ditembus oleh cendawan *M. anisopliae* dan pada gejala tahap koloni cendawan hijau tua jaringan larva bagian kutikula dan epidermis sudah sangat rusak karena ditumbuhi oleh cendawan *M. anisopliae* dan sudah mulai terlihat adanya konidia.

Kata Kunci: kerusakan jaringan, *Metarhizium anisopliae*, mortalitas, *Oryctes rhinoceros* L.

PENGESAHAN

Skripsi dengan judul

**Mortalitas dan Kerusakan Jaringan pada Setiap Gejala Infeksi Larva
Oryctes rhinoceros L. akibat Perlakuan Cendawan *Metarhizium
anisopliae*.**

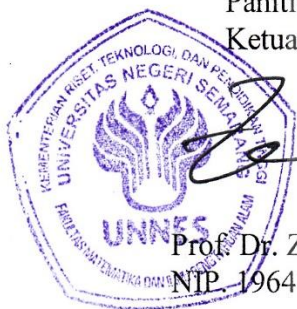
disusun oleh

Indah Budi Damayanti

4411411026

telah dipertahankan di hadapan sidang Panitia Ujian Skripsi Jurusan Biologi
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang
pada tanggal 15 Juli 2016.

Panitia
Ketua



Prof. Dr. Zaenuri, S.E., M.Si., Akt.
NIP. 196412231988031001

Sekretaris

Dra. Endah Peniati, M.Si.
NIP. 196511161991032001

Ketua Penguji I

Drs. Bambang Priyono, M.Si.
NIP. 195703101988101001

Anggota penguji/pembimbing I

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

Anggota penguji/pembimbing II

Dr. Ning Setiati, M.Si.
NIP. 195903101987032001

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

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

“Saya tidak mengenal seseorangpun yang dapat mencapai puncak tanpa kerja keras.” (Margaret Thatcher)

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk

Kedua orang tua, Mamah Faridah dan Bapak Agus Arif Firmana.

Adik-adikku tersayang Indriani Puspaningrum, Inka Aprilia Pradita (Alm), dan Indita Alya Zahira.

Om Dr. Ir. Iskandar Saleh dan tante Ir. Tuti Sumiati.

Seluruh Dosen Biologi yang saya hormati.

Almamaterku Universitas Negeri Semarang.



UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah swt atas segala anugerah, rahmat dan karunia-Nya sehingga tersusunlah skripsi yang berjudul “Mortalitas dan Kerusakan Jaringan pada Setiap Gejala Infeksi Larva *Oryctes rhinoceros* L. akibat Perlakuan Cendawan *Metarhizium anisopliae*”. Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian payung Dr. Ir. Dyah Rini Indriyanti, M.P. Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari dukungan dari berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini ucapan terimakasih disampaikan kepada:

1. Rektor Universitas Negeri Semarang yang telah memberikan kesempatan untuk menempuh studi S1 di Fakultas Ilmu Pengetahuan Jurusan Biologi.
2. Ketua Jurusan Biologi yang telah memberikan kemudahan administrasi dalam menyusun skripsi
3. Ibu Ir. Dr. Dyah Rini Indriyanti, M.P. dan Ibu Dr. Ning Setiati, M.Si. selaku dosen pembimbing atas bimbingan, motivasi, perhatian dan kesabaran, serta sumbangan pikiran selama penelitian hingga tersusunnya skripsi.
4. Bapak Drs. Bambang Priyono, M.Si. selaku dosen penguji atas segala saran dan masukan yang telah diberikan sehingga penulisan skripsi menjadi lebih baik.
5. Bapak Ibu Dosen dan seluruh staff pengajar Jurusan Biologi, untuk ilmu yang diberikan.
6. Segenap pengurus Laboratorium Biologi FMIPA UNNES atas bantuannya.
7. Kepala Balai Proteksi Tanaman Perkebunan (BPT-BUN) Salatiga yang telah memberikan kesempatan untuk melakukan penelitian di BPT-BUN Salatiga.
8. Seluruh staff dan karyawan BPT-BUN yang telah membantu dan memberikan motivasi selama penelitian di BPT-BUN Salatiga berlangsung.
9. Mama Faridah dan Bapak Agus Arif Firmana yang telah memberikan doa, dukungan, semangat, kasih sayang dan motivasi selama mengerjakan skripsi ini.
10. Seluruh karyawan dan staff Laboratorium Diagnostik Waspada Semarang yang telah mengizinkan untuk melakukan penelitian.

11. Rekan-rekan penelitian untuk kebaikan dan kesabarannya dalam membimbing selama penelitian.
12. Teman-teman jurusan Biologi angkatan 2011 yang selalu memberikan semangat, motivasi dan saran selama mengerjakan skripsi.
13. Saudara-saudaraku di AJI KOST: Queen Kartika, Ara, Ayu, Momo Meta, Uci dan Iza.
14. Semua pihak yang turut membantu dalam penyelesaian skripsi ini yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik dari para pembaca. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Semarang, 27 Juni 2016

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	ii
ABSTRAK	iii
PENGESAHAN	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR GRAFIK	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
 BAB I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Penegasan Istilah	3
D. Tujuan Penelitian	4
E. Manfaat Penelitian	5
 BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
A. <i>Metarhizium anisopliae</i>	6
B. Kumbang tanduk (<i>Oryctes rhinoceros</i> L.)	8
C. Pengendalian	13
D. Infeksi <i>Metarhizium anisopliae</i> pada Larva	14
 BAB III. METODE PENELITIAN	
A. Waktu dan Tempat Penelitian	17
B. Populasi dan Sampel	17
C. Variabel Penelitian	17

	Halaman
D. Rancangan Penelitian	17
E. Alat dan Bahan Penelitian	18
F. Prosedur Penelitian	18
G. Persiapan Larva	18
1. Pengamatan Cendawan <i>M. anisopliae</i>	19
2. Pengamatan Media Pemeliharaan dan Larva <i>Oryctes rhinoceros</i>	20
3. Pengujian Patogenitas <i>M. anisopliae</i>	21
4. Pengawetan dan Pembuatan Preparat Spesimen	22
5. Pengamatan	23
a. Pengamatan Mortalitas dan Infeksi Larva <i>O. rhinoceros</i>	23
b. Pengamatan Kerusakan Jaringan Larva <i>O. rhinoceros</i>	24
H. Analisis Data	25
 BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	
A. Hasil dan Pembahasan	26
 BAB V. SIMPULAN DAN SARAN	
A. Simpulan	42
B. Saran	42
DAFTAR PUSTAKA	43
LAMPIRAN	51



DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1 <i>Metarhizium anisopliae</i> var <i>anisopliae</i>	6
2 Larva <i>O. rhinoceros</i> yang terserang cendawan entomopatogen <i>M. anisopliae</i>	7
3 <i>Oryctes rhinoceros</i> jantan dan betina	8
4 Telur <i>O. rhinoceros</i>	9
5 Larva <i>O. rhinoceros</i> instar 3	10
6 Skema lapisan integumen serangga	11
7 Siklus hidup <i>Oryctes rhinoceros</i> L.	12
8 Gejala serangan <i>O. rhinoceros</i> L. pada pohon kelapa	12
9 Proses Infeksi cendawan entomopatogen <i>M. anisopliae</i>	15
10 Foto mikrograf jaringan larva yang sehat	16
11 Foto mikrograf jaringan larva yang terinfeksi cendawan <i>M. anisopliae</i> dilihat dibawah mikroskop dengan perbesaran 40 x 10	16
12 Skema pengujian cendawan <i>M. anisopliae</i> pada larva <i>O. rhinoceros</i>	21
13 Presentase mortalitas larva <i>O. rhinoceros</i> selama 1-15 hari	25
14 Presentase infeksi pada larva <i>O. rhinoceros</i> akibat cendawan <i>M. anisopliae</i>	28
15 Larva dan Jaringan larva sehat tanpa pemberian <i>M. anisopliae</i> ...	31
16 Larva <i>O. rhinoceros</i> akibat perlakuan <i>M. anisopliae</i> pada tahap bercak cokelat	33
17 Larva <i>O. rhinoceros</i> akibat perlakuan <i>M. anisopliae</i> pada tahap Mumifikasi	35
18 Larva <i>O. rhinoceros</i> akibat perlakuan <i>M. anisopliae</i> pada tahap Kemunculan hifa putih	37
19 Larva <i>O. rhinoceros</i> akibat perlakuan <i>M. anisopliae</i> pada tahap kemunculan koloni cendawan hijau tua	39

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran		Halaman
1	Perhitungan Kerapatan Konidia Cendawan <i>Metarhizium anisopliae</i>	51
2	Perhitungan Viabilitas Konidia Cendawan <i>Metarhizium anisopliae</i>	53
3	Perhitungan Presentase Mortalitas Larva <i>O. rhinoceros</i>	54
4	Perhitungan Presentase Infeksi larva <i>O. rhinoceros</i> akibat cendawan <i>M. anisopliae</i>	55
5	Pengamatan Mortalitas Larva <i>O. rhinoceros</i>	56
6	Pengamatan Infeksi <i>Metarhizium anisopliae</i> pada Larva <i>O. rhinoceros</i>	57
7	Pengamatan Faktor Abiotik	58
8	Pengamatan Keaktifan larva <i>O. rhinoceros</i>	59
9	Tahapan Pengamatan Larva <i>O. rhinoceros</i>	60
10	Langkah Pengaplikasian <i>M. anisopliae</i> pada Larva <i>O. rhinoceros</i>	61
11	Tahapan Pengamatan dan Perhitungan Kerapatan Konidia <i>Metarhizium anisopliae</i>	62
12	Tahapan Pengamatan dan Perhitungan Viabilitas Konidia <i>Metarhizium anisopliae</i>	63
13	Viabilitas Konidia pada 2, 4, 8, 12 dan 24 Jam Inkubasi	65
14	Tahapan Pengawetan Larva Terinfeksi	65
15	Surat Ijin Penelitian di BPT-BUN Salatiga	66
16	Surat Ijin Penelitian Laboratorium Biologi Universitas Negeri Semarang	

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Tanaman kelapa merupakan salah satu tanaman yang memiliki nilai ekonomi yang tinggi dan tersebar hampir di seluruh wilayah nusantara. Kebutuhan akan kelapa di Indonesia diperkirakan akan terus mengalami kenaikan mengingat pola hidup masyarakat Indonesia yang sulit lepas dari komoditas kelapa dan hasil olahannya. Komoditas kelapa juga merupakan salah satu dari sebelas komoditas andalan perkebunan penghasil devisa negara, sumber pendapatan asli daerah (PAD), sumber pendapatan petani dan masyarakat. Dengan demikian komoditas kelapa dapat membantu mengentaskan kemiskinan di daerah dan dapat mendorong perkembangan argoindustri serta pengembangan wilayah (Disbun Lampung Barat 2007).

Salah satu masalah yang dihadapi dalam produksi tanaman kelapa adalah adanya serangan hama. Hama utama yang menyerang tanaman kelapa adalah kumbang tanduk (*Oryctes rhinoceros*). *O. rhinoceros* (Coleoptera: Scarabaeidae) berdistribusi di sebagian besar negara-negara yang ditumbuhi tanaman kelapa di dunia (Gopal *et al.* 2002) *O. rhinoceros* menyebabkan kerusakan pada tanaman kelapa dengan cara menggerek batang kemudian *O. rhinoceros* akan memakan pelepah daun muda yang sedang berkembang. Bekas gigitan *O. rhinoceros* menyebabkan daun seperti tergunting dan akan terlihat jelas saat pelepah daun terbuka (Hosang 2010). Kerusakan akan terlihat berupa guntingan segitiga seperti huruf "V" yang merupakan ciri khas serangan *O. rhinoceros* (Wesi *et al.* 2014).

Serangan hama *O. rhinoceros* telah menurunkan populasi pohon kelapa di beberapa daerah, salah satunya di Jepara diketahui menyebabkan kerusakan yang berat pada dua desa di kecamatan Bangsri. Kerusakan yang terjadi pada kecamatan Bangsri mencapai sekitar 64 - 71 %. Keberadaan hama kumbang tanduk juga menyerang hampir di semua kecamatan di

Kabupaten Probolinggo, hal ini terjadi dikarenakan hama *O.rhinoceros* merupakan spesies endemik di wilayah tersebut (Ratmawati 2015).

Penggunaan bahan kimia secara berangsur-angsur dan tidak benar dalam pengendalian hama dapat menimbulkan efek resistensi pada hama (Marheni *et al.* 2011). Untuk mengurangi dampak negatif dari pestisida kimia tersebut maka diperlukan pengendalian yang ramah lingkungan. Salah satu cara pengendalian hama yang ramah lingkungan ialah dengan pengendalian hayati menggunakan musuh alami yang berupa predator, parasitoid, dan patogen (Trizelia *et al.* 2010).

Salah satu teknik pengendalian secara hayati untuk larva *O.rhinoceros* yang dapat dilakukan ialah dengan pemanfaatan cendawan entomopatogen. Pengendalian hayati dengan menggunakan cendawan entomopatogen telah digunakan sejak tahun 1913. Cendawan entomopatogen banyak digunakan untuk pengendalian hama karena memiliki kelebihan antara lain memiliki kapasitas produksi yang tinggi, siklus hidup relatif pendek dan mampu membentuk spora yang tahan terhadap pengaruh lingkungan (Rosmayuningsih *et al.* 2014).

Salah satu cendawan entomopatogen yang dapat dimanfaatkan sebagai insektisida biologis adalah *Metarhizium anisopliae*. Cendawan *M.anisopliae* telah lama digunakan sebagai agen pengendali hayati dan dapat menginfeksi beberapa jenis serangga antara lain ordo *Coleoptera*, *Lepidoptera*, *Homoptera*, *Hemiptera*, dan *Isoptera* (Prayogo *et al.* 2005). Pemanfaatan *M. anisopliae* sebagai pengendali *O. rhinoceros* sering dilakukan karena cukup efektif untuk mematikan *O. rhinoceros*, mudah diproduksi dan dikembangkan (Sartono 2014).

Penggunaan cendawan *M. anisopliae* untuk pengendalian hama *O.rhinoceros* dengan berbagai macam bentuk aplikasi telah banyak dilakukan dan memberikan hasil yang diinginkan berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Manurung *et al.* 2012) penggunaan 30 gram *M.anisopliae* formulasi tepung jagung /kg media mampu menyebabkan infeksi dalam waktu 6,4 hari setelah aplikasi, serta menyebabkan mortalitas

sampai 100%. Menurut (Harjaka *et al.* 2011) pengaplikasian *M.anisopliae* sebesar $1,27 \times 10^6$ konidia/gram dengan metode kontaminasi media dapat menyebabkan mortalitas sebesar 50%.

Cendawan *M. anisopliae* tidak hanya digunakan di Indonesia, namun di negara lain seperti Kolumbia, Australia, Cina dan Amerika Serikat juga telah memanfaatkan cendawan ini sebagai agen hayati pengendali hama serangga dari berbagai ordo. Penelitian tentang infeksi yang disebabkan cendawan *M. anisopliae* secara histopatologi pernah dilakukan pada larva *Anastrepha fraterculus* (Bechara *et al.* 2010), namun masih jarang dilakukan pada larva *O. rhinoceros*. Berdasarkan uraian tersebut maka perlu dilakukan penelitian untuk menganalisis pengaruh pemberian cendawan *M. anisopliae* terhadap mortalitas larva *O.rhinoceros* serta menganalisis kerusakan jaringan larva *O.rhinoceros* yang disebabkan oleh cendawan *M. anisopliae* serta mekanisme serangan cendawan *M.anisopliae* pada jaringan larva *O.rhinoceros*.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan maka rumusan masalah penelitian ini adalah

1. Bagaimanakah pengaruh pemberian cendawan *M. anisopliae* terhadap mortalitas larva *O. rhinoceros* ?
2. Bagaimanakah kerusakan jaringan pada larva *O. rhinoceros* pada setiap tahap gejala infeksi akibat cendawan *M. anisopliae* ?

C. Penegasan Istilah

Dalam penelitian ini ada beberapa istilah yang perlu diberikan penegasan untuk menghindari salah pengertian, yaitu:

1. Mortalitas (laju kematian) adalah jumlah larva yang mati pada waktu tertentu yang dipengaruhi oleh beberapa macam faktor lingkungan dan faktor lainnya.

2. Kerusakan jaringan yang dimaksud adalah perubahan struktur jaringan pada setiap gejala infeksi yang terjadi akibat pemberian perlakuan cendawan *M. anisopliae*.
3. Gejala infeksi adalah gejala yang muncul akibat perlakuan cendawan *M. anisopliae*. Gejala infeksi pada penelitian ini terdiri dari empat tahapan yakni, bercak coklat (melanisasi), kaku (mumifikasi), kemunculan hifa putih (*mycosis*) dan kemunculan koloni cendawan hijau tua.
4. Larva *O. rhinoceros*
Stadia larva *O. rhinoceros* terdiri atas 3 instar berwarna putih kekuningan melengkung membentuk setengah lingkaran (Susanto 2011). Larva *O. rhinoceros* yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari desa Bondo, Jepara. Instar larva yang digunakan dalam penelitian ini adalah instar 3, karena lebih mudah diamati dan mudah ditemukan di lapangan.
5. Cendawan *M. anisopliae*
Cendawan *M. anisopliae* merupakan cendawan yang dilaporkan berhasil menginfeksi 200 spesies serangga dari berbagai tanaman yang berbeda (Islam *et al.* 2014). Cendawan *M. anisopliae* dalam penelitian ini diperoleh dari Balai Proteksi Tanaman Perkebunan, Salatiga yang diperbanyak pada media jagung pecah giling.

D. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah untuk:

1. Menganalisis pengaruh pemberian cendawan *M. anisopliae* terhadap mortalitas larva *O. rhinoceros*.
2. Menganalisis kerusakan jaringan yang terjadi pada larva *O. rhinoceros* pada setiap gejala infeksi akibat cendawan *M. anisopliae*.

E. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah:

1. Memberikan informasi dan menambah khasanah ilmu pengetahuan khususnya kajian tentang pengendalian hama dengan agen pengendali hayati jamur *M. anisopliae* serta mekanisme serangan cendawan *M. anisopliae* dalam tubuh hama.
2. Hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai sumber informasi mengenai pengendalian hama larva *O rhinoceros* dengan cendawan entomopatogen *M. anisopliae*.



BAB II

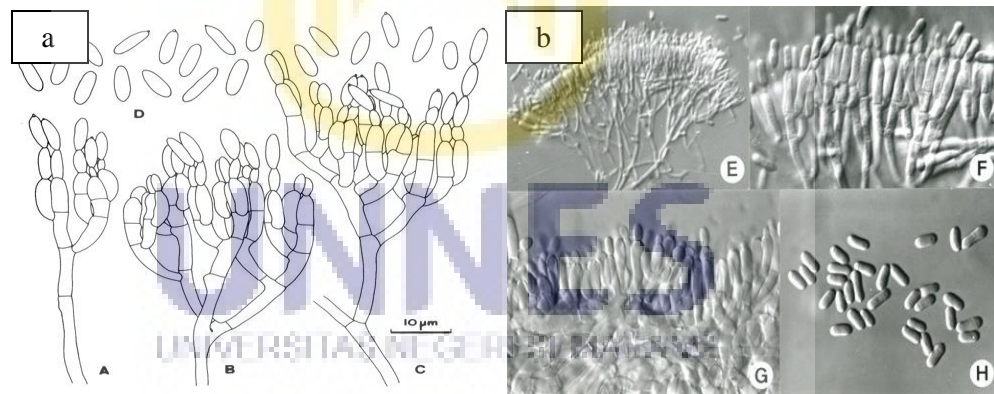
TINJAUAN PUSTAKA

A. *Metarhizium anisopliae*

Cendawan *M. anisopliae* merupakan salah satu agen pengendali hayati yang diketahui memiliki kemampuan entomopatogenik. *M. anisopliae* memiliki conidiophores berbentuk tongkat, tegak, dan bercabang bersatu dalam bentuk kumpulan kompak atau tidak, membentuk selaput spora. Koloni-koloni berbentuk bulat panjang sampai silindris dengan ujung yang bundar. Konidia memiliki konidia dengan ukuran $9,94 \times 3,96 \mu\text{m}$ (Mulyono 2008).

Klasifikasi cendawan *M. anisopliae* menurut Alexopoulos (1996) sebagai berikut:

Division : Eumycotina
Class : Deuteromycotina
Ordo : Moniliales
Famili : Moniliaceae
Genus : *Metarhizium*
Spesies : *Metarhizium anisopliae* var *anisopliae*



Gambar 1. a. *Metarhizium anisopliae* var *anisopliae*: A. Konidiosfor, B. Sel konidia, C. Konidia, D. Konidia, dengan ukuran $10\mu\text{m}$. b. *Metarhizium anisopliae* var *anisopliae* mikroskopik: E. Konidiosfor, F. Metula, G. Fialida dan H. Konidia. (Sumber: Tzean *et al.* 1997).

Cendawan metarhizium dapat diisolasi dari tanah atau tubuh serangga yang terinfeksi (Gopal *et al.* 2006). Cendawan ini merupakan jamur tanah bila dalam

keadaan saprofit, tetapi memiliki kemampuan sebagai pathogen pada beberapa ordo serangga seperti *Lepidoptera*, *Coleoptera*, *Hymenoptera*, *Orthoptera*, *Hemiptera*, dan *Isoptera* (Rustama *et al.* 2008). Suhu optimum untuk perkembangan cendawan ini adalah 25°C dengan kisaran pH 3,3 – 8,5 (Burgner 1998). Kelembaban udara sekitar lebih dari 90% sangat diperlukan untuk perkembangan cendawan *M.anisopliae* (Prayogo 2006).

Bersifat saprofit disini ialah karena cendawan ini mampu memperoleh nutrien dan menyerap materi organik dari organisme mati yakni tanah itu sendiri dan bersifat parasit karena cendawan ini juga mampu menyerap bahan organik dan nutrien dari organisme hidup yakni dari serangga yang menjadi inangnya (Wijaya 2012). Cendawan ini melakukan penetrasi ke dalam tubuh serangga melalui kontak dengan kulit diantara ruas-ruas tubuh (Susanti *et al.* 2012). Konidia yang masuk ke dalam tubuh serangga akan memperbanyak diri melalui proses pembentukan hifa dalam jaringan epidermis dan jaringan lainnya sampai dipenuhi miselia cendawan.

Perkembangan cendawan *M. anisopliae* dalam tubuh serangga biasanya berlangsung selama 7 hari, jaringan membentuk konidia primer dan sekunder yang dalam kondisi dan cuaca yang sesuai muncul dari kutikula serangga (Mulyono 2008). Kemampuan konidia *M. anisopliae* melakukan penetrasi pada kutikula serangga sangat dipengaruhi oleh komposisi kimia pada kutikula serangga (Gusmara 2011). Cendawan entomopatogen akan menghasilkan enzim-enzim pendegradasi kutikula seperti khitinase, lipase dan protease pada inang yang memiliki tubuh sesuai untuk pertumbuhan cendawan entomopatogen.



Gambar 2. Larva *O. rhinoceros* yang terserang cendawan entomopatogen *M.anisopliae*. (Sumber: Dokumentasi pribadi).

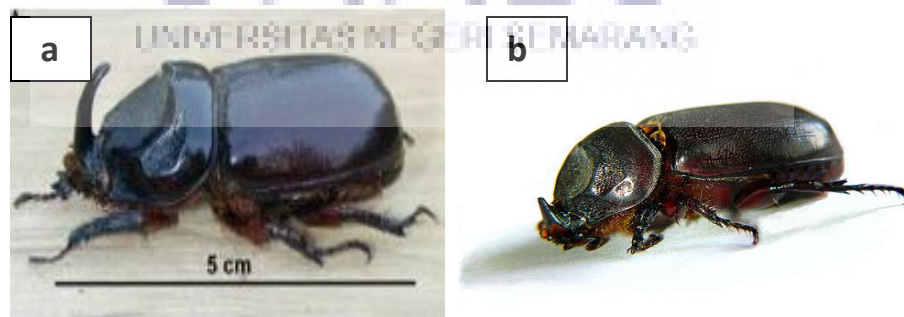
Cendawan ini menghasilkan cyclopeptida, destruxin A, B, C, D, E dan desmethyldestruxin B (Manurung *et al.* 2012). Destruxin akan memberikan pengaruh pada organella sel target (mitokondria, retikulum endoplasma dan membran nukleus) sehingga menyebabkan paralisa sel dan kelainan fungsi lambung tengah, tubulus malpighi, hemocyt dan jaringan otot (Widiyanti dan Muyadihardja 2004).

B. Kumbang tanduk (*Oryctes rhinoceros*. L)

Kumbang *O. rhinoceros* L. atau kumbang nyiur merupakan salah satu jenis hama pada tanaman kelapa yang termasuk dalam family (Scarabaeidae: Dynastidae) dan ordo Coleoptera. *O. rhinoceros* merupakan salah satu hama penting tanaman kelapa di seluruh negara (Varma 2013). Hama ini ternyata tidak hanya tersebar di Indonesia, tetapi juga tersebar luas di daerah India, kawasan Asia Tenggara (terutama Philipina dan Malaysia), Formosa, Sialan, Jamaica dan lain-lain (Kartasapoetra 1993).

Klasifikasi *O. rhinoceros* menurut Kalshoven (1981) sebagai berikut:

Phylum	: Arthropoda
Kelas	: Insecta
Ordo	: Coleoptera
Famili	: Scarabaeidae
Genus	: Oryctes
Spesies	: <i>Oryctes rhinoceros</i>



Gambar 3. (a). *Oryctes rhinoceros* jantan dan (b). *O. rhinoceros* betina.
(Sumber: Huger 2005 dan BPT-BUN).

Kumbang *O. rhinoceros* betina bertelur pada bahan-bahan organik seperti pada daun yang membusuk, pupuk kandang, batang kelapa dan kompos (Silitonga *et al.* 2013). Imago betina kumbang bertelur sebanyak 70 – 100 telur dalam satu siklus (Manjeri *et al.* 2014). Telurnya berwarna putih dengan bentuk oval kemudian agak membulat (Silitonga *et al.* 2013). Saat baru keluar telur ini memiliki panjang 7 – 8 mm, kemudian pada perkembangan selanjutnya bertambah menjadi 60 – 105 mm dan lebar 25 mm (Mulyono 2008). Gambar 4 merupakan foto telur *O. rhinoceros* yang ditemukan pada batang kelapa.



Gambar 4. Telur *O. rhinoceros* (Sumber: Harahap 2010).

Telur *O. rhinoceros* akan menetas setelah 8 – 12 hari dan selanjutnya akan menjadi larva (USDA 2011). Larva *O. rhinoceros* memiliki tiga pasang kaki. Tahapan larva terdiri dari tiga instar, larva instar I berlangsung selama 11-21 hari, instar II selama 12-21 hari dan instar III selama selama 60-165 hari (Kustantini 2015). Selama melalui masa larva, *O. rhinoceros* akan terus makan dan mengalami pertumbuhan sebelum memasuki tahap prepupa dimana pada tahap ini larva *O. rhinoceros* tidak akan dapat makan lagi (Schmaedick 2005).

Larva *O. rhinoceros* berwarna putih kekuningan berbentuk silinder, gemuk dan berkerut-kerut, melengkung membentuk setengah lingkaran (Susanto 2011). Tubuh larva kumbang terdiri atas tiga bagian, yakni kepala (caput), thorax (dada), dan abdomen (perut). 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 (Fox 2006). Bentuk dari larva *O. rhinoceros* instar 3 dapat kita lihat pada Gambar 5.

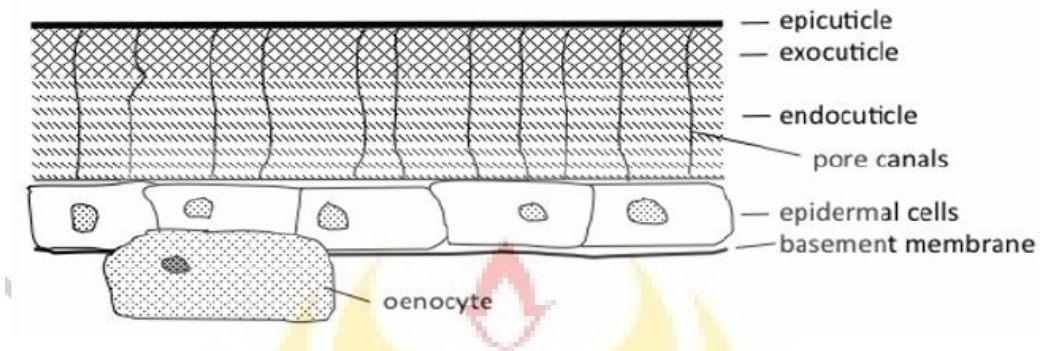


Gambar 5. Larva *O. rhinoceros* instar 3 (Sumber: Huger 2005)

Larva *O. rhinoceros* selanjutnya akan memasuki tahap prepupa. Prepupa terlihat serupa dengan larva hanya saja ukurannya lebih kecil dan berwarna coklat. Tahapan prepupa ini merupakan tahap larva instar 3 yang mengkerut dan aktif hanya bila di ganggu. Lama stadia prepupa berlangsung 8-13 hari (Susanto 2011). Prepupa selanjutnya akan berkembang menjadi pupa. Prepupa berwarna coklat dengan ukuran 4,5-6 cm dan belangsung selama 20-25 hari (Mulyono 2008). Pupa kemudian akan berubah menjadi kumbang dewasa setelah 20-25 hari. Kumbang dewasa memiliki panjang 30-57 mm dan lebar 14-21 mm, kumbang betina lebih besar dari pada kumbang jantan (Harahap 2010). Kumbang jantan memiliki tanduk yang lebih panjang dibandingkan dengan kumbang betina dan pada betina di bagian abdomennya terdapat bulu yang tebal sedangkan pada jantan tidak (Mulyono 2008).

Struktur jaringan pada larva *O. rhinoceros* sama dengan struktur larva pada umumnya. Struktur jaringan *O. rhinoceros* terdiri dari tiga lapisan yakni kutikula, jaringan epidermis dan haemolimfa (Marheni *et al.* 2011). Lapisan paling atas dari jaringan larva adalah lapisan integument. Integument merupakan sistem organ yang paling luas yang berfungsi untuk memisahkan dan melindungi bagian dalam tubuh dengan lingkungan luar. Integument adalah kerangka yang membangun tubuh serangga (Jurenka 2015). Lapisan integument pada serangga terdiri dari tiga lapisan utama yakni lapisan dasar (*basement membrane*), epidermis dan kutikula seperti yang terlihat pada gambar 6. Lapisan terluar dari integument adalah kutikula,

kutikula tersusun atas tiga lapisan yakni epikutikula, eksokutikula dan endokutikula. Lapisan epidermis yang merupakan lapisan tunggal yang letaknya di bawah kutikula dan lapisan terakhir adalah lapisan dasar (*basement membrane*). Skema gambaran lapisan integument serangga dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Skema lapisan integumen serangga. (Sumber: Jurenka 2015).

Berdasarkan Gambar 6 lapisan integumen pada serangga terdiri atas lapisan epikutikula, exokutikula, endokutikula, sel epidermis dan lapisan dasar (*basement membrane*). Lapisan epikutikula merupakan lapisan terluar yang berfungsi sebagai penghalang atau pelindung yang kaya akan kandungan lipid. Lapisan epikutikula diikuti oleh lapisan prokutikula yang kaya akan kitin dan protein skleroid. Lapisan prokutikula biasanya dibagi 3 lapisan yakni eksokutikula, mesokutikula dan endokutikula, selanjutnya di bawah lapisan prokutikula terdapat sel-sel epidermis yang merupakan struktur internal serangga (Urquiza & Keyhani 2013)

Siklus hidup *O. rhinoceros* sangat bergantung pada habitat dan kondisi lingkungan. Musim kemarau yang panjang dengan jumlah makanan yang sedikit akan memperlambat perkembangan larva serta dapat menyebabkan ukuran dewasa menjadi lebih kecil dari ukuran normal. Suhu perkembangan yang paling baik untuk perkembangan larva ialah antara 27°–29°C dengan kelembaban relatif 85 - 95% (Susanto 2011).



Gambar 7. Siklus hidup *Oryctes rhinoceros*. L (Sumber: Soltani 2010)

Larva dan imago memiliki perbedaan habitat yang nyata. *O. rhinoceros* dewasa lebih suka hidup pada tanaman kelapa yang sudah mati. Hal ini karena pada tanaman kelapa merupakan tempat yang sangat cocok untuk kumbang dewasa berkembang biak. Selain itu bahan-bahan seperti kompos, serbuk gergaji, kayu busuk, sayuran yang sudah membusuk, tanah yang kaya akan sisa bahan organik juga merupakan tempat yang cocok untuk kumbang dewasa. Meskipun demikian kumbang dewasa lebih banyak menghabiskan masa hidupnya di tanaman yang muda (Manjeri *et al.* 2014). Tanaman kelapa yang mengalami kerusakan akibat serangan *O. rhinoceros* dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. Gejala serangan *O. rhinoceros* L. pada pohon kelapa. (Sumber: BPT-BUN Salatiga)

Kumbang *O. rhinoceros* memiliki tipe alat mulut menggigit-mengunyah, digunakan untuk menggerak pelepah daun muda yang belum membuka (Mulyono 2008). Kumbang dewasa akan menggerak pucuk kelapa dan gerakan tersebut menyebabkan terhambatnya pertumbuhan kelapa. Jika gerakan merusak titik tumbuh akan dapat mematikan tanaman (Silitonga *et al.* 2013). Kerusakan ini baru akan terlihat jelas setelah daun membuka 1 – 2 bulan kemudian berupa guntingan segitiga seperti huruf “V”. Gejala ini merupakan ciri khas serangan kumbang *O. rhinoceros* (Direktorat Jendral Perkebunan 2008). Sifat memakan pada kumbang ini selalu berpindah-pindah dari satu tanaman ke tanaman lainnya. Keberadaan 5 ekor kumbang dalam 1 hektar dapat menurunkan produksi sebesar 38% (Mulyono 2007).

C. Pengendalian

Menurut Untung (2006) komponen pengendalian hama tanaman terdiri dari 7 komponen yakni adalah pengendalian kultur teknis, pengendalian hayati, pengendalian kimiawi, pengendalian dengan varietas tahan, pengendalian fisik, pengendalian mekanik, pengendalian dengan peraturan terutama melalui karantina.

Pengendalian kultur teknis adalah suatu bentuk pengendalian dengan cara memanipulasi praktik-praktik budidaya alam yang tidak menguntungkan hama. Pengendalian hayati merupakan pengendalian dengan memanfaatkan atau memanipulasi musuh alami (predator, parasitoid dan pathogen) untuk mengendalikan populasi hama. Pengendalian kimiawi merupakan pengendalian dengan menggunakan senyawa toksik untuk mengendalikan hama. Pengendalian dengan varietas tahan merupakan pengendalian dengan cara menggunakan varietas tanaman yang tetap dapat tumbuh meskipun terserang hama. Pengendalian fisik dan mekanik ialah dengan cara mengendalikan hama secara langsung dengan menggunakan tangan ataupun alat. Pengendalian dengan peraturan terutama melalui karantina mencegah berbagai jenis OPT yang belum pernah ada di Indonesia tidak memasuki wilayah Indonesia.

Pengendalian dapat pula menggunakan feromon (etil – 4 oktanoate) yang berguna sebagai alat kendali populasi hama serta sebagai perangkap masal. Rekomendasi untuk perangkap masal adalah meletakkan satu perangkap untuk 2

hektar. Pada populasi kumbang yang tinggi, aplikasi feromon diterapkan satu perangkap untuk satu hektar (Utomo *et al.* 2007).

Pengendalian hayati atau *biological control* dapat dibedakan dengan pengendalian alami atau *natural control*. Pengendalian alami merupakan pengendalian yang berjalan sendiri tanpa adanya kesengajaan yang dilakukan manusia sedangkan pengendalian hayati adalah hasil dari asosiasi berbagai spesies organisme yang berbeda seperti parasitoid dan inangnya, predator dan mangsanya, serta patogen dan inangnya (Susniahti *et al.* 2005)

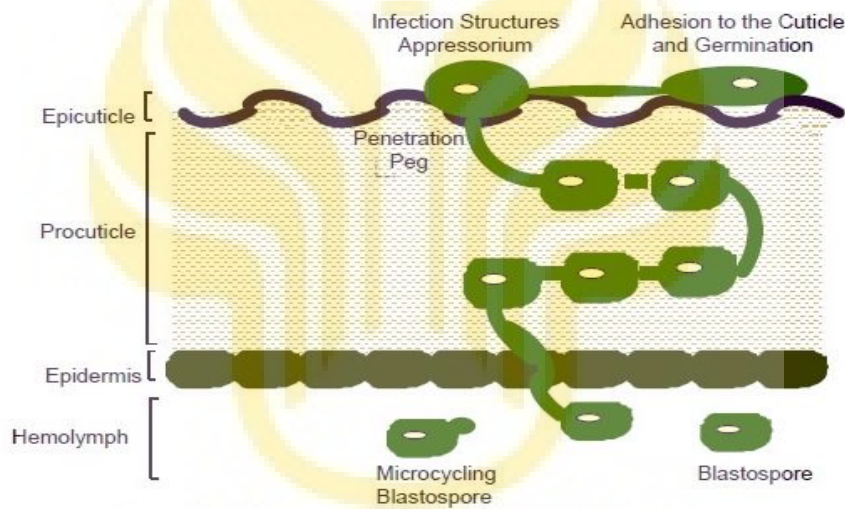
Pengendalian secara hayati memanfaatkan beberapa musuh alami di alam seperti tikus, tupai, kadal, burung hantu, dan gagak yang memakan larva atau kumbangnya. Selain itu dapat juga menggunakan cendawan *M. anisopliae* yang mampu menyebabkan kematian pada uret, dan secara kimia dapat digunakan insektisida yaitu Diazinon 10G, Sevin 85S dan Agrothion 50 (Pracaya 2007).

Salah satu keuntungan menggunakan cendawan *Metarhizium* spp untuk pengendalian hayati adalah dapat digunakan untuk mengendalikan berbagai tingkat perkembangan serangga mulai dari telur, larva, pupa dan imago (Trizelia *et al.* 2011). Penggunaan cendawan *M. anisopliae* direkomendasikan jika sudah diketahui tempat perkembangbiakan dari kumbang *O. rhinoceros*. Aplikasi cendawan *M. anisopliae* dilaksanakan dengan cara ditaburkan pada sarang aktif *O. rhinoceros* sebanyak 25 gram/m² (Djamin 1992).

D. Infeksi *Metarhizium anisopliae* pada Larva *Oryctes rhinoceros*.

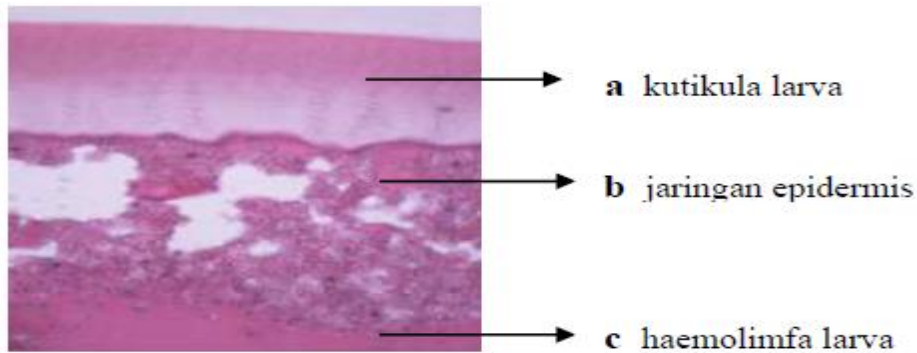
Mekanisme infeksi *M. anisopliae* dapat digolongkan menjadi empat tahapan (Feimoser *et al.* 2003). Tahap pertama adalah inokulasi dimana pada tahap ini terjadi kontak antara propagul cendawan dengan tubuh larva. Tahap kedua adalah proses penempelan dan perkecambahan propagul cendawan pada integumen serangga. Tahap ketiga yaitu penetrasi dan invasi dengan cara menembus integumen dan membentuk tabung kecambah (*appresorium*). Tahap keempat yaitu destruksi pada titik penetrasi dan terbentuknya blastopora yang kemudian beredar di dalam hemolimfa dan membentuk hifa sekunder untuk menyerang jaringan lainnya.

Proses gejala infeksi cendawan *M. anisopliae* pada serangga terdiri dari beberapa tahapan. Tahap awal akan muncul bercak-bercak coklat pada tubuh larva saat kemunculan bercak-bercak ini larva masih dalam keadaan hidup, kemudian selanjutnya larva biasanya akan mengalami kematian dengan warna tubuh yang masih sama dengan larva yang hidup. Lama kelamaan larva ini akan mengeras dan kaku atau mengalami mumifikasi. Selama dua sampai tiga hari setelah mati, cendawan akan menembus bagian kulit larva sehingga larva akan tertutupi oleh lapisan seperti lapisan tepung. Lapisan ini sehari kemudian akan berubah warna menjadi hijau (Mulyono 2009). Pengerasan tubuh yang terjadi pada larva *O.rhinoceros* disebabkan karena seluruh jaringan dan cairan tubuh larva telah habis dimanfaatkan oleh cendawan *M. anisopliae*.



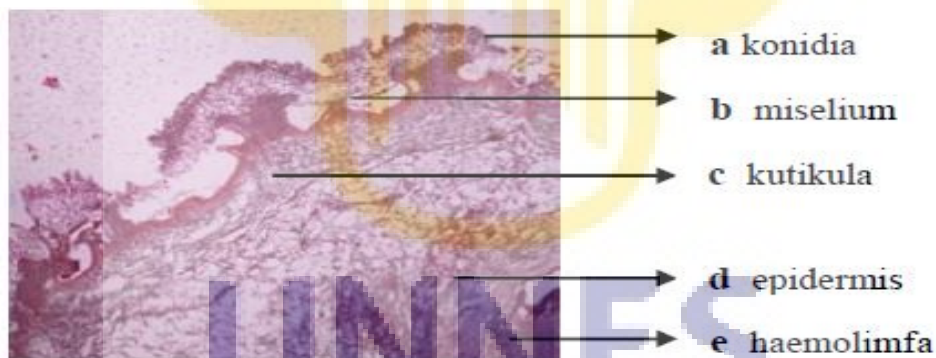
Gambar 9. Proses Infeksi Cendawan Entomopatogen *M. anisopliae*.
(Sumber: Semones 2010)

Larva yang terinfeksi cendawan *M. anisopliae* ditandai dengan pertumbuhan hifa berwarna putih pada permukaan tubuh larva dan memasuki hemocoel. Dalam hemocoel hifa akan membentuk blastopora yang kemudian akan memperbanyak diri dengan cara pembentukan tunas. Blastopora ini tumbuh dan berkembang di dalam hemocoel dengan menyerap cairan hemolimfa (Rustama *et al.* 2008).



Gambar 10. Foto mikrograf jaringan larva yang sehat yang dilihat di bawah mikroskop dengan perbesaran 10 x 40. (Sumber: Marheni *et al.* 2011).

Pada Gambar 9 terlihat jaringan larva *O. rhinoceros* yang tidak dikenai perlakuan dengan cendawan *M. anisopliae* dan jaringan tersebut terlihat masih sehat dan utuh. Pada gambar tersebut tampak lapisan kutikula, epidermis dan haemolimfa larva yang masih sehat dan bagus. Pada Gambar 10 merupakan jaringan dari larva *O. rhinoceros* yang terserang oleh cendawan *M. anisopliae* dapat dilihat pada gambar tersebut sudah tampak adanya miselium dan konidia yang tersebar pada jaringan larva *O. rhinoceros* (Marheni *et al.* 2011).



Gambar 11. Foto mikrograf jaringan larva yang sudah mulai terinfeksi cendawan *M. anisopliae* yang dilihat di bawah mikroskop dengan perbesaran 10 x 40 (Sumber: Marheni *et al.* 2011).

BAB V

PENUTUP

A. Simpulan

Mortalitas tertinggi terjadi pada perlakuan P3 (4 gram *M. anisopliae*) dengan presentase mortalitas 100% pada hari ke 12 setelah aplikasi, sedangkan untuk perlakuan P1 dan P2 membutuhkan waktu yang lebih lama.

Kerusakan jaringan larva *O. rhinoceros* dalam setiap gejala infeksi akibat perlakuan cendawan entomopatogen *M. anisopliae* terdiri dari empat gejala infeksi yakni, muncul bercak coklat (*melanisasi*), kaku (*mumifikasi*), muncul hifa putih (*mikosis*) dan muncul koloni cendawan berwarna hijau tua.

B. Saran

Berdasarkan hasil yang telah diperoleh, maka disarankan untuk dilakukan penelitian lebih lanjut tentang gambaran kerusakan jaringan yang disebabkan oleh *M. anisopliae* pada *Oryctes rhinoceros* pada fase selain larva.





UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad RZ. 2004. Cendawan *Metarhizium anisopliae* Sebagai Pengendali Hayati Ektoparasit Caplak dan Tungau Pada Ternak. *Jurnal Balai Penelitian Veteriner*, 14(2): 73-78.
- Alexopoulous CJ, CW Mims, & M Blackwel. 1996. *Introductory Mycology*. Jhon Willey & Sons Inc. New York.
- Baron S. 1996. *Medical Mycobiology 4th Edition*. University Texas Medical Branch at Galveston.
- Bechara IJ, Destefano RHR, Bresil C & Mesias C.L. 2011. Histopathological Events and Detection *Metarhizium anisopliae* Using Spesific Primers in Infected Immature Stages of The Fruit Fly *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann, 1830) (Diptera: Tephritidae). *Braz J. Biol*, 71(1): 91-98.
- Brousseau C. G. Charpentier, and S. Belloncik. 1996. Susseptibility of Spruce Budworm, *Choristoneura fumiferana* Clemens, to Destruxins, Cyclodepsipeptidic Mycotoxin of *Metarhizium anisopliae*. *Journal of Invertebrata Pathology* 68 :180-182.
- Burgner D, Eagles G, Burgess M, Procopis P, Rogers M, Muir D, Pritchard R, Hocking A& Priest M. 1998. Disseminated Invasive Infection Due to *Metarhizium anisopliae* in an Immunocompromised Child. *Journal of Clinical Microbiology*, 1146-1150.
- Chelico L, Haughian JL & Khachatourians GG. 2005. Nucleotide Exicion Repair and Photoreactivation in The Entomopathogenic Fungi *Beauveria bassiana*, *Beauveria brongniartii*, *Beauveria nivea*, *Metarhizium anisopliae*, *Paecilomyces farinosus* and *Verticillium lecanii*. *Journal of Applied Microbiology*, 100: 964-972.
- Desyanti YS, Hadi S, Yusuf dan Santoso T. 2007. Keefektifan Beberapa Spesies Cendawan Entomopatogen untuk Mengendalikan Rayap Tanah *Captotermes gestroi* WASMANN (Isoptera: Rhinotermitidae) dengan Metode Kontak dan Umpan. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis* 5(2): 68-77.
- Dimbi S, Maniania NK, Lux SA dan Mueke JM. 2002. Effect of Constant Temperatures on Germination, Radial Growth and Virulence of *Metarhizium anisopliae* to Three Species of African Tephritid Fruit Flies. *Biocontrol*, 49: 83-94.

- Dinas Perkebunan Kabupaten Lampung Barat. 2007. *Road Map Pengembangan Komoditas Kelapa Kabupaten Lampung Barat*. Dinas Perkebunan Kabupaten Lampung Barat. Hal 1-10.
- Dinas Perkebunan Provinsi Jawa Tengah. 2012. *Laporan Perbanyakan APH dan Pesnab Kegiatan Peningkatan dan Pengembangan Sarana Pengendalian OPT*. Balai Proteksi Tanaman Perkebunan. Salatiga.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. 2008. Pemanfaatan Musuh Alami Untuk Mengendalikan Kumbang Nyiur. Tersedia: <http://ditjenbun.deptan.go.id/id/perlinbun/linbun>. [diakses pada: 9 Maret 2015]
- Djamin A. 1985. *Pengendalian Hama Secara Hayati*. Medan: Fakultas Pertanian USU.
- Effendi TA. 2010. Uji Toksisitas Bioinsektisida Jamur *Metarhizium sp.* Berbahan Pembawa Bentuk Tepung Untuk Mengendalikan *Nilaparvata lugens* (Stal.) (Homoptera: Delphacidae). *Prosiding Seminar Nasional Unsri*.
- Fitri YA. 2013. *Upaya Pengendalian Kumbang Kelapa (Oryctes rhinoceros) di Yogyakarta*. <http://ditjenbun.pertanian.go.id>. [diakses tanggal 4 Februari 2015].
- Fox R. 2006. Cyclocephala Scarabaeid Beetle Larvae White Grubs. Tersedia: <http://lanwebs.lander.edu>. [diakses tanggal 16 Oktober 2015].
- Freimoser FM, Screen S, Bagga S, Hu G & Leger RJSt. 2003. Expressed Sequence tag (EST) Analysis of Two Subspecies of *Metarhizium anisopliae* Reveals a Plethora of Secreted Proteins with Potential Activity in Insect Hosts. *Microbiology*, 149: 239-247.
- Gabarty A, Salem HM, Fouda MA, Abas AA & Ibrahim AA. 2014. Pathogenicity Induced by The Entomopathogenic Fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* in *Agrotis ipsilon* (Hufn.). *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, 7: 95-100.
- Ghayedi S & Abdollahi M. 2013. Biocontrol Potential of *Metarhizium anisopliae* (Hypocreales: Clavicipitaceae), Isolates from Supperssive Soils of The Boyer-Ahmad Region, Iran, Against J2S of *Heterodera avenae*. *Journal of Plant Protection Research*, 53(2): 165-171.

- Gopal M, Gupta A, Sathiamma B & Nair CPR. 2002. Microbial Pathogens of The Coconut Pest *Oryctes rhinoceros*: Influence of Weather Factors on Their Infectivity and Study of Their Coincidental Ecology in Cerala, India. *World Journal of Microbiology & Biotechnology*, 18: 417-421.
- Gusmara BH. 2011. Pembuatan dan Pengujian Formula *Metarhizium majus* UICC 295 dengan Media Pembawa Substrat Beras (*Oryza sativa*) terhadap Larva *Oryctes rhinceros*. *Skripsi*. Depok: FMIPA UI
- Harahap R. 2010. Kepadatan Jumlah Kumbang Badak (*Oryctes rhinoceros* L.) pada Tanaman Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* jacq.) di Lapangan. *Skripsi*. Medan: USU
- Harjaka T, Wibowo A, Wagiman FX & Hidayat MW. 2011. Patogenitas *Metarhizium anisopliae* Terhadap Larva *Lepidiota stigma*. *Prosiding Semnas Pesnab IV*. Yogyakarta: UGM
- Holong EM, Syahrial O dan Fatimah Z. 2015. Uji Efektifitas Suspensi *Baculovirus oryctes* dan *Metarhizium anisopliae* (Metch.) Sorokin terhadap *Brontispa longissima* Gestro. (Coleoptera: Chrysomelidae) di Laboratorium. *Jurnal Online Argoekoteknologi*, 3(1): 124-128
- Hosang MLA. 2010. *Ketahanan Lapang Empat Aksesori Kelapa Genjah Kopyor Terhadap Hama Oryctes rhinoceros di Kabupaten Pati, Jawa Tengah*. Manado. Balai Penelitian Tanaman Kelapa dan Palma Lain.
- Huger AM. 2005. The Oryctes Virus: Its detection, identification, and Impementation in biological control of the coconut palm rhinoceros beetle, *Oryctes rhinoceros* (Coleoptera: Scarabaeidae). *Journal of Invertebrate Pathology*, 89: 78 – 84.
- Islam MT, Omar D and Shabanimofrad. 2013. Molecular Identification and Virulence of Six Isolates of *Metarhizium anisopliae* (Deuteromycotina: Hypomycetes) to *Bemisia tabaci* Q Biotype. *Journal of Asia-Pasific Entomology*, (14): 1-16.
- Jurenka R. 2015. *Insect Phyciology*. USA: Departement of Entomology, Iowa State University.
- Kartasapoetra AG. 1993. *Hama Tanaman Pangan dan Perkebunan*. Jakarta: Bumi Aksara.

- Kustantini D. 2015. *Pengaruh Serangan Hama Kwangwung (*Oryctes rhinoceros* L.) Terhadap Ketersediaan Benih Kelapa di Kabupaten Blitar*. Surabaya. Balai Besar Perbenihan dan Proteksi Tanaman Perkebunan.
- Lim N. 2015. Parasitic Fungi: The Making of Forest Zombies. *NMBU Student Journal of Life Science*, Vol 5.
- Manjeri G, Muhamad R & Tan SG. 2014. *Oryctes rhinoceros* Beetles, an Oil Palm Pest in Malaysia. *Annual Research & Review in Biology*, 4(22): 3429-3439
- Manurung EM, Tobing MC, Lubis L & Priwiratama H. 2012. Efikasi Beberapa Formulasi *Metarhizium anisopliae* Terhadap Larva *Oryctes rhinoceros* L. (Coleoptera: Scarabaeidae) di Insektarium. *Jurnal Online Argoekoteknologi*, 1(1): 47-63.
- Marheni, Hasanuddin, Pinde and Suziani W. 2011. Uji Patogenesis Jamur *Metarhizium anisopliae* dan Jamur *Cordyceps militaris* Terhadap Larva Penggerek Pucuk Kelapa Sawit (*Oryctes rhinoceros*) (Coleoptera: Scarabaeidae) di Laboratorium. *Jurnal Ilmu Pertanian KULTIVAR*, 5(1): 32-40.
- Matsumoto KS. 2006. Fungal Chitinase. *Enzyme* 661(186): 289-304
- Mulyono. 2008. Kajian Patogenitas Cendawan *Metarhizium anisopliae* Terhadap Hama *Oryctes rhinoceros* L. Tanaman Kelapa Pada Berbagai Waktu Aplikasi. *Tesis*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Pasaribu, H dan Chenon, R. D. 2005. *Strategi Pengendalian Hama Oryctes rhinoceros di PT. Tolan Tiga Indonesia (SIPEF GROUP)*. Pertemuan Teknis Kelapa Sawit. Yogyakarta: Sheraton Mustika Hotel.
- Pracaya. 2007. *Hama dan Penyakit Tanaman*. Jakarta: PT. Penebar Swadaya.
- Prayogo Y, Wedanimbi T dan Marwoto. 2005. Prospek Cendawan Entomopatogen *Metarhizium anisopliae* Untuk Mengendalikan Ulat Grayak *Spodoptera litura* Pada Kedelai. *Jurnal Litbang Pertanian*, 24(1): 19 – 20.
- Prayogo Y. 2006. Upaya Mempertahankan Keefektifan Cendawan Entomopatogen untuk Mengendalikan Hama Tanaman Pangan. *Jurnal Litbang Pertanian*, 25(2): 47-54.

- Priyadarshini T dan Lekeshmanaswamy M. 2014. Larvicidal effect of fungus *Metarhizium anisoplae* on *Aedes aegypti*. *SIRJ – HMS*, 1(1): 27 – 30.
- Ratmawati I. 2015. *Tingkat Serangan Hama Tanaman Kelapa di Kabupaten Probolinggo Pada Bulan Mei 2015*. Dinas Perkebunan dan Kehutanan. Probolinggo.
- Rustama MM, Melanie & Irawan B. 2008. *Patogenitas Jamur Entomopatogen Metarhizium anisopliae Terhadap Crocidolomia pavonana Fab. Dalam Kegiatan Studi Pengendalian Hama Terpadu Tanaman Kubis dengan Menggunakan Agensia Hayati*. Laporan Akhir Penelitian Peneliti Muda (LITMUD) UNPAD Sumber Dana Dipa UNPAD. Bandung: FMIPA UNPAD.
- Rosmayuningsih A, Rahardjo BT & Rachmawati R. 2014. Patogenitas Jamur *Metarhizium anisopliae* Terhadap Hama Kepinding Tanah (*Stibaropus molginus*) (Hemiptera: Cydnidae) dari Beberapa Formulasi. *Jurnal HPT*, 2(2): 28-37.
- Rozalia, Martina A dan Titrawani. 2014. Uji Efektifitas Jamur *Metarhizium anisopliae* Cps.T.B Isolat Lokal terhadap Rayap (*Captotermes curvignathus*). *JOM FMIPA*, 1(2): 384-392.
- Sandhu SS, Sharma AK, Beniwal V, Goel G, Batra P, Kumar A, Jagalan S, Sharma AK & Malhotra S. 2012. Myco-Biocontrol of Insect Pests: Factors Involved, Machanism and Regulation. *Journal of Pathogens*, 1-10
- Sanjaya Y, Ocampo VR & Caoili BL. 2013. Infection Process of Entomopathogenic Fungi *Metarhizium anisopliae* in The *Tetranychus kanzawai* (KISHIDA) (TETRANYCHIDAE: ACARINA). *AGRIVITA*, 35(1): 64-72.
- Sari LA & Widyaningrum T. 2014. Patogenitas Spora Jamur *Metarhizium anisopliae* terhadap Mortalitas Hama *Hypothenemus hampei* (Ferrari) Sebagai Bahan Ajar Biologi SMA Kelas X. *JUPEMASI-PBIO*, 1(1): 26-32.
- Sartono AN. 2014. Potensi *Metarhizium anisopliae* Sebagai Pengendali *Oryctes rhinoceros*. *Skripsi*. Yogyakarta: Fakultas Pertanian UGM
- Schmaedick M. 2005. *Coconut Rhinoceros Beetle Pest and Disease of American Samoa*. American Samoa Community Collage, Community and Natural Resources and Cooperative Research and Extension.

- Semones S. 2010. *Control of Thrips with The Entomopathogenic Fungus Metarhizium anisopliae*. Novozymes Biologicals Inc.
- Silitonga DE, Bakti D dan Marheni. 2013. Penggunaan Suspensi Baculovirus Terhadap *Oryctes rhinoceros* L. (Coleoptera: Scarabaeidae) di Laboratorium. *Jurnal Online Agroekoteknologi*, 1(4): 1018-1028.
- Simamora LO, Bakti D, Oemry S. 2013. Kajian Epizootik *Metarhizium anisopliae* pada Larva Tritip (*Plutella xylostella* L.) (Lepidoptera: Plutellidae) di Rumah Kaca. *Jurnal Online Agroekoteknologi*, 1(2): 166-177.
- Sitepu PJ. 2009. Kemampuan Larva *Oryctes rhinoceros* (Coleoptera: Scarabaeidae) Menularkan Cendawan *Metarhizium anisopliae* ke Larva Sehat di Pertanaman Kelapa Sawit. *Skripsi*. Medan: USU.
- Soltani R. 2010. The Rhinocoos Beetle *Oryctes agamemnon* arabicus in Tunisia: Current Challenge and Future Management Perspectives. Review. *Tunisian Journal of Plant Protection*, 5(2): 179-193
- Suharto, Trisusilowati EB dan Winarsa R. 2013. *Pengelolaan Hama Bubuk Buah Kopi, Hypotenemus hampeidengan Menggunakan Beauveria bassiana dan Metarrhizium anisopliae pada Pertanaman Kopi Rakyat. Laporan Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi*. Jember: Universitas Jember.
- Sumandari O. 2012. Pengaruh Penambahan Tepung Cangkang Kerang Hijau pada Medium Pertumbuhan terhadap Kemampuan *Metarhizium majus* UICC 295 Menginfeksi Larva *Oyctes rhinoceros* Linnaeus. *Skripsi*. Depok: Universitas Indonesia.
- Susanti U, Desita S & Hennie Laoh. 2012. *Uji Beberapa Konsentrasi Metarizhium anisopliae (Metsch) Sorokin Untuk Mengendalikan Hama Kepik Hijau (Nezara viridula L.) Pada Kacang Panjang (Vigna sinensis L.)*. Fakultas Pertanian UNRI. Tersedia di [http:// repository. unri. ac. id/ xmlui/ handle/ 123456789/ 3740](http://repository.unri.ac.id/xmlui/handle/123456789/3740) [diakses 09-05-2015]
- Susanto A, Dongoran AP, Fahridayanti, Lubis AF & Prasetyo A. 2005. Pengurangan Populasi Larva *Oryctes rhinoceros* pada Sistem Lubang Tanam Besar. *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit*, 13(1): 1-9.
- Susanto A, Sudharto dan AE Prasetyo. 2011. Informasi Organisme Pengganggu Tanaman Kumbang Tanduk *Oryctes rhinoceros* Linn. *Pusat Penelitian Kelapa Sawit*, Vol H-0003.

- Susniahti N, Sumeno H, Sudarjat. 2005. Bahan Ajar Ilmu Hama Tumbuhan. Bandung: Universitas Padjajaran.
- Tefera T dan Pringle KL. 2007. Mortality and Maize Leaf Compumption of *Chilo Partellus* (Lepidoptera: Pyralidae) Larvae Treated with *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae*. *International Journal of Pest Management*, 50(1): 29-34.
- Toledo AV, Lenicov R dan Lastra L. 2010. Histopathology Caused by Entomopathogenic Fungi, *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae*, in the Adult Planthopper, *Peregrinus maidis*, a Maize Virus Vector. *Journal of Insect Science*, 10(35): 1-10.
- Trizelia, Syam U dan Herawati Y. 2010. Virulensi Isolat *Metarhizium sp* Yang Berasal Dari Beberapa Rizosfer Tanaman Terhadap *Crocidolomia Pavonana Fabricus* (Lepidoptera: Pyralidae). *Jurnal Manggaro*, 10(2): 51-56
- Tzean SS, Hsieh LS & Wu WJ. 1997. *Atlas of Entomopathogenic Fungi From Taiwan*. Republic of China: Dept. Of Plant Pathology and Entomology, National Taiwan University.
- United States Departement of Agriculture. 2011. Coconut Rhinoceros Beetle Eradication Program On Guam. *Environmental Assessment*. Hlm 1-23.
- Untung K. 2006. *Pengantar Pengelolaan Hama Terpadu*. Yogyakarta: UGM.
- Urquiza AO & Keyhani NO. 2013. Action on The Surface: Entomopathogenic Fungi Versus The Insect Cuticle. *Insect*, 4: 357-374.
- Wahyuni DT, Isnawati, Suparno G. 2013. Patogenitas Cendawan Entomopatogen *Lecanicillium lecanii* (Zimmerman) terhadap Larva Instar III *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae). *LenteraBio*, 2(2): 173-178.
- Widiyanti N dan Muyadihardja S. 2004. Uji Toksisitas Jamur *Metarhizium anisopliae* Terhadap Larva Nyamuk *Aedes aegypt*. *Media Litbang Kesehatan*, 15(3): 25-30
- Wijaya CK. 2012. Pengaruh Penambahan Kitin Koloidal 10% pada Medium Pertumbuhan terhadap Kemampuan *Metarhizium majus* UICC 295 Menginfeksi Larva *Oryctes rhinoceros* Linnaeus. *Skripsi*. Depok: Universitas Indonesia.

Wilson K, SC Cotter, AF Reeson & JK Pell. 2008. Melanism and Disease Resistance in Insect. *Ecol. Letters*, 4(6): 637-649.

Wesi, Jasmi, dan Lusi. A. 2014. *Kepadatan Populasi Kumbang Tanduk (Oryctes rhinoceros L.) pada Tanaman Kelapa Sawit di PTPN VI Unit Usaha Ophir Pasaman Barat*. Sumatera Barat: STKIP PGRI.

Yamini V. 2013. Efficacy Of Ecofriendly Management Against Rhinoceros Beetle Grub in Coconut. *JBiopest* 6(2): 101-103.

Zimmermann, G. 2007. Review on Safety of The Entomopathogenic Fungus *Metarizhium anisopliae*. *Biocontrol Science and Technology*, 17(9): 879-920.

