



**APLIKASI *Metarhizium anisopliae*, NEMATODA ENTOMOPATOGEN
DAN KOMBINASI KEDUANYA
TERHADAP MORTALITAS LARVA *Oryctes rhinoceros* DI LAPANGAN**

Skripsi

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

oleh

Rika Rahmawati

4411412023



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

2017

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa skripsi saya yang berjudul “Aplikasi *Metarhizium anisopliae*, Nematoda Entomopatogen dan Kombinasi Keduanya Terhadap Mortalitas Larva *Oryctes rhinoceros* di Lapangan” 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, 31 Agustus 2017



Rika Rahmawati

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

PENGESAHAN

Skripsi dengan judul

Aplikasi *Metarhizium anisopliae*, Nematoda Entomopatogen dan Kombinasi Keduanya Terhadap Mortalitas Larva *Oryctes rhinoceros* di Lapangan

disusun oleh

Nama : Rika Rahmawati

NIM : 4411412023

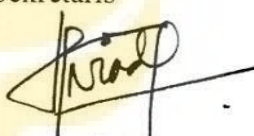
telah dipertahankan di hadapan sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang pada tanggal, 8 September 2017

Panitia Ujian




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

Sekretaris



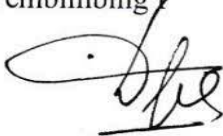
Dra. Endah Peniati, M.Si.
NIP. 196511161991032001

Penguji Utama



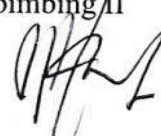
Dr. Aditya Marianti, M.Si.
NIP. 196712171993032001

Anggota Penguji I/
Pembimbing I



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

Anggota Penguji II/
Pembimbing II



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

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

“People came into your life for a reason, it may not be forever, but it still mean something”. -The Five Senses-

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ayahku Karnawi dan Ibuku Sumarni yang selalu member dukungan, doa, serta kesabaran dalam membesarkan dan mendidikku,
2. Adikku Rizki Dwi Pramudita yang diam-diam selalu mengkhawatirkanku,
3. Ibu Dr. Ir. Dyah Rini Indriyanti, M.P. yang selalu sabar membimbingku,
4. Sahabatku Sri Wahyu Purnami, Amalia NR., Diah Eka M., Siska DP., Yeremia DK, Istifa Baharsyah dan M. Naimul Umam Sya'bana yang selalu ada dan menyemangatiku,
5. Dan semuanya yang telah memberikan motivasi dan menemani selama penelitian ini

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan atas kehadiran Allah SWT atas segala anugrah, rahmat dan karunia-Nya sehingga tersusunlah skripsi yang berjudul “Aplikasi *Metarhizium anisopliae*, Nematoda Entomopatogen dan Kombinasi Keduanya Terhadap Mortalitas Larva *Oryctes rhinoceros* di Lapangan”. Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian payung Dr. Ir. Dyah Rini Indriyanti, M.P. yaitu Efikasi Agen Pengendalian Hayati (APH) pada Larva *Oryctes rhinoceros*. Proses 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 Alam Jurusan Biologi.
2. Dekan FMIPA Universitas Negeri Semarang yang telah member izin menyelesaikan penulisan skripsi ini.
3. Ketua Jurusan Biologi yang telah memberikan kemudahan administrasi dalam menyusun skripsi.
4. Dr. Ir. Dyah Rini Indriyanti, M.P. dan Drs. Bambang Priyono, M.Si. selaku dosen pembimbing atas bimbingan, motivasi, perhatian, kesabaran serta pengarahan selama penelitian hingga tersusun skripsi.
5. Dr. Aditya Marianti, M.Si. selaku dosen penguji atas segala saran dan masukan yang telah diberikan sehingga penulisa skripsi menjadi lebih baik.
6. Ir. Nana Kariada, T.M., M.Si. selaku dosen wali yang selalu memberikan motivasi kepada seluruh mahasiswa perwalian.

7. Kepala Laboratorium dan Staf Laboratorium Jurusan Biologi atas semua pelayanan dan fasilitas dalam menyelesaikan penelitian.
8. Kelompok tani Desa Jerukwangi Kecamatan Bangsri Kabupaten Jepara yang membantu dalam penelitian.
9. Bapak Karnawi dan Ibu Sumarni yang telah memberikan dukungan, doa, semangat dan motivasi selama mengerjakan skripsi.
10. Teman-teman Jurusan Biologi angkatan 2012 yang selalu memberikan semangat, motivasi dan saran selama mengerjakan skripsi.
11. Heru Wicaksono yang selalu memberikan semangat.
12. Semua pihak yang telah memberikan bantuan dalam penelitian dan penyusunan skripsi ini.

Akhirnya penulis mengucapkan terima kasih kepada pembaca yang telah berkenan membaca skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca.



Semarang, 31 Agustus 2017

Penulis

ABSTRAK

Rahmawati, Rika. 2017. Aplikasi *Metarhizium anisopliae*, Nematoda Entomopatogen dan Kombinasi Keduanya Terhadap Mortalitas Larva *Oryctes rhinoceros* di Lapangan. Skripsi. Jurusan Biologi FMIPA Universitas Negeri Semarang. Dr. Ir. Dyah Rini Indriyanti, M.P. dan Drs. Bambang Priyono, M.Si.

Desa Jerukwangi merupakan salah satu desa penghasil buah kelapa di Jepara. Produktivitas buah kelapa untuk beberapa tahun terakhir mengalami penurunan akibat serangan hama imago *Oryctes rhinoceros* L. (Coleoptera: Scarabaeidae). Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji keefektifan *Metarhizium anisopliae* (MET), Nematoda entomopatogen (NEP) dan campuran MET & NEP pada larva *O. rhinoceros* di lapangan. *M. anisopliae* yang digunakan dalam bentuk formulasi konidia dengan tepung kaolin (ZIUM OR WP), diperoleh dari BPTBUN Salatiga. Nematoda yang digunakan adalah spesies *Heterorhabditis* sp, diperoleh dari jurusan HPT, Fakultas Pertanian, Universitas Jember. Formulasi dalam bentuk cair dengan media spon berisi 10×10^6 NEP tiap kemasan. Larva *O. rhinoceros* yang digunakan adalah larva instar III yang diperoleh dari sarang. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK), yang menggunakan tiga perlakuan dan 10 kali ulangan terdiri dari 10 ekor larva. Perlakuan terdiri pemberian dosis MET sebanyak 100gr, pemberian dosis NEP pengenceran 3.5 liter untuk satu kemasan dan kombinasi keduanya. Masing-masing perlakuan terdapat satu perlakuan kontrol. Aplikasi MET, NEP dan campuran MET & NEP tidak efektif untuk mengendalikan larva *O. rhinoceros* di lapangan. Mortalitas larva *O. rhinoceros* hanya mencapai 6% pada aplikasi MET, 16% pada aplikasi NEP dan 19% pada aplikasi campuran MET & NEP

Kata kunci: aplikasi, MET, NEP, *Oryctes rhinoceros*



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR KEASLIAN SKRIPSI	ii
PENGESAHAN	iii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
 BAB 1. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian	6
1.5 Penegasan Istilah	6
 BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 <i>Metarhizium anisopliae</i>	8
2.1.1 Klasifikasi dan Morfologi <i>M. anisopliae</i>	8
2.1.2 Mekanisme Infeksi <i>M. anisopliae</i> Terhadap Inang	9
2.2 Nematoda Entomopatogen <i>Heterorhabditis</i> sp	11

2.2.1	Klasifikasi dan Morfologi Entomopatogen <i>Heterorhabditis</i> sp	11
2.2.2	Mekanisme Infeksi Nematoda Entomopatogen <i>Heterorhabditis</i> sp Terhadap Serangga Inang	13
2.3	<i>Oryctes rhinoceros</i>	14
2.3.1	Klasifikasi dan Morfologi <i>Oryctes rhinoceros</i>	14
2.3.2	Siklus Hidup <i>Oryctes rhinoceros</i>	15
2.4	Penelitian Terkait	18
2.5	Kerangka Berpikir	20
2.6	Kerangka Konsep	21
2.7	Hipotesis	22

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1	Waktu dan Tempat Penelitian	23
3.2	Populasi dan Sampel	23
3.3	Variabel Penelitian	23
3.4	Rancangan Penelitian	23
3.5	Alat dan Bahan	25
3.6	Prosedur Penelitian	26
3.6.1	Pemilihan Lokasi	26
3.6.2	Menyiapkan <i>M. anisopliae</i> dan Nematoda entomopatogen	26
3.6.3	Larva <i>O. rhinoceros</i>	27
3.6.4	Pelaksanaan Penelitian	27
3.6.5	Pengamatan	28
3.6.5.1	Pengamatan Mortalitas Larva	28

3.6.5.2 Pengamatan Mikroskopis	29
3.6.6 Pengukuran Faktor Abiotik Lingkungan	30
3.7 Metode Pengumpulan Data	30
3.8 Metode Analisis Data	30
 BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Pengaruh <i>M. anisopliae</i> terhadap Mortalitas Larva <i>O. rhinoceros</i>	31
4.2 Pengaruh Nematoda entomopatogen terhadap Mortalitas Larva <i>O. rhinoceros</i>	39
4.3 Pengaruh Perlakuan Kombinasi <i>M. anisopliae</i> & Nematoda entomopatogen terhadap Larva <i>O. rhinoceros</i>	45
4.4 Mortalitas Larva <i>O. rhinoceros</i> yang Terinfeksi <i>M. anisoplie</i> , Nematoda entomopatogen dan Kombinasi Keduanya	49
 BAB 5 SIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Simpulan	51
5.2 Saran	51
DAFTAR PUSTAKA	53
LAMPIRAN	60

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Alat dan Kegunaan yang Dipakai untuk penelitian	25
2. Bahan dan Kegunaan yang Dipakai untuk Penelitian	26



DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Skema gambar jamur <i>M. anisopliae</i>	9
2. Koloni cendawan <i>M. anisopliae</i> pada larva <i>O. rhinoceros</i>	11
3. Mekanisme infeksi nematoda entomopatoge <i>Heterorhabditis</i> sp terhadap serangga inang	14
4. Telur <i>O. rhinoceros</i>	16
5. Larva <i>O. rhinoceros</i>	16
6. Pupa <i>O. rhinoceros</i>	17
7. Imago <i>O. rhinoceros</i>	17
8. Kerangka berpikir penelitian tentang aplikasi <i>Metarhizium</i> <i>anisopliae</i> , nematoda entomopatogen dan kombinasi keduanya terhadap mortalitas larva <i>Oryctes rhinoceros</i> di lapangan	20
9. Kerangka konsep penelitian tentang aplikasi <i>Metarhizium</i> <i>anisopliae</i> , nematoda entomopatogen dan kombinasi keduanya terhadap mortalitas larva <i>Oryctes rhinoceros</i> di lapangan	22
10. Gejala infeksi jamur <i>M. anisopliae</i> pada larva <i>O. rhinoceros</i>	34
11. Persentase larva <i>O. rhinoceros</i> yang hidup, mati terinfeksi <i>M.</i> <i>anisopliae</i> (MET) dan yang keluar sarang, selama 6 minggu pengamatan	34
12 Larva <i>O. rhinoceros</i> yang terserang nematoda entomopatogen <i>Heterorhabditis</i> sp	40
13 Nematoda <i>heterorhabditis</i> sp dengan perbesaran 10x40	40
14 Persentase larva <i>O. rhinoceros</i> yang hidup, mati terinfeksi Nematoda entomopatogen (NEP) dan yang keluar sarang, selama 6 minggu pengamatan	41
15 Larva <i>O. rhinoceros</i> yang terserang <i>M. anisopliae</i> & nematoda entomopatogen	46

16 Persentase larva <i>O. rhinoceros</i> yang hidup, mati terinfeksi MET-MET dan yang keluar sarang, selama 6 minggu pengamatan	47
17 Mortalitas larva <i>O. rhinoceros</i> akibat perlakuan <i>M. anisopliae</i> , nematoda dan kombinasi keduanya, selama 6 minggu pengamatan	49



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Danah lokasi penelitian Desa Jerukwangi Kecamatan Bangsri Kabupaten Jepara	60
2. Jumlah <i>O. rhinoceros</i> pada masing-masing plot pengamatan Desa Jerukwangi Kecamatan Bangsri Kabupaten Jepara	61
3. Pengukuran faktor abiotik lingkungan di Desa Jerukwangi Kecamatan Bangsri Kabupaten Jepara	62
4. Data hasil pengamatan perlakuan <i>M. anisopliae</i> , nematoda entomopatogen dan kombinasi keduanya terhadap mortalitas larva <i>O. rhinoceros</i> di lapangan	63
5. Data hasil pengamatan perlakuan kontrol <i>M. anisopliae</i> , nematoda entomopatogen dan kombinasi keduanya terhadap mortalitas larva <i>O. rhinoceros</i> di lapangan	65
6. Ringkasan hasil uji Normalitas, Homogenitas dan One Way ANOVA data mortalitas larva <i>O. rhinoceros</i>	66
7. Dokumentasi penelitian aplikasi <i>M. anisopliae</i> , nematoda entomopatogen dan kombinasi keduanya terhadap mortalitas larva <i>O. rhinoceros</i> di lapangan	68

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di daerah Jepara, Jawa Tengah, tanaman kelapa merupakan salah satu sektor perkebunan yang banyak dikelola oleh masyarakatnya selain usaha mebel kayu yang telah menjadi ciri khas kota tersebut. Produksi kelapa pada tahun 2014 mencapai 16.824.49 kg/Ha tersebar luas di areal 12.845.57 Ha (BMPPT Jepara 2014). Wilayah kecamatan Bangsri merupakan daerah pesisir pantai yang paling banyak ditanami pohon kelapa. Pohon kelapa terutama bagian buahnya memiliki arti ekonomi penting bagi masyarakat kecamatan Bangsri. Buah kelapa dimanfaatkan masyarakat untuk dikonsumsi dan dijual, namun akhir-akhir ini banyak dilaporkan adanya serangan hama kumbang tanduk/wangwung (*Oryctes rhinoceros*) yang menyebabkan penurunan hasil panen buah kelapa. Hasil wawancara dengan kelompok tani desa Jerukwangi Kabupaten Jepara mengatakan bahwa hasil panen buah kelapa mengalami penurunan sekitar 70-80% (Wawancara pribadi February 2016).

Oryctes rhinoceros merupakan hama penggerek pucuk kelapa dan menyerang tajuk tanaman dengan menggerek melalui pangkal batang hingga titik tumbuh. Serangan yang berkali-kali pada tanaman dapat menyebabkan kematian atau tumbuhan terus hidup dengan gejala-gejala pertumbuhan yang tidak normal. Hama *O. rhinoceros* memiliki siklus hidup yang panjang yaitu 4-5 bulan. Hama ini menyerang tanaman kelapa di areal perkebunan, hasil tanaman kelapa akan menurun bahkan

pada saat awal produksinya akan tertunda (Chenon *et al.* 2005). Serangan hama *O. rhinoceros* juga dilaporkan terjadi pada tanaman kelapa sawit yang baru ditanam di lapangan sampai tanaman tua. Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa kematian tanaman muda akibat serangan *O. rhinoceros* berkisar antara 1.0-2.5% (Susanto *et al.* 2011).

Upaya mengatasi serangan hama *O. rhinoceros* umumnya masyarakat menggunakan pestisida sintetis karena penggunaannya dianggap praktis. Penggunaan pestisida sintetis secara terus menerus dapat menimbulkan dampak negatif yang merugikan diantaranya dapat mencemari lingkungan dan berpotensi menyebabkan keracunan pada hewan serta manusia (Suyanto *et al.* 2011). Salah satu alternatif untuk pengendalian hama yang ramah lingkungan adalah pemanfaatan agen hayati. Pengendalian hayati pada dasarnya adalah memanfaatkan atau memanipulasi musuh alami, seperti virus, bakteri, protozoa, cendawan dan nematoda. Salah satu cendawan parasit yang dapat dimanfaatkan sebagai agen hayati yaitu *Metarhizium anisoliae*. Penelitian Starck (2003), menyatakan bahwa *M. anisoliae* dapat menginfeksi beberapa jenis serangga, antara lain dari ordo Coleoptera, Lepidoptera, Homoptera, Hemiptera dan Isoptera. Hasil penelitian Harjaka *et al.* (2011), jamur *M. anisoliae* merupakan jenis patogen serangga sebagai musuh alami yang berpotensi untuk pengendali uret perusak akar tebu. Menurut Tiago *et al.* (2014). Jamur *M. anisoliae* dapat diterapkan pada tebu karena jamur *M. anisoliae* dapat bertindak sebagai saprofit di dalam tanah.

Penelitian yang terkait dengan pemanfaatan *M. anisoliae* sebagai pengendalian populasi dari beberapa serangga hama yaitu *Aeneolamia postica* dari

ordo Hemiptera (Galves *et al.* 2012), *Coptotermes heimi* ordo Isoptera (Ahmed *et al.* 2009), *Ceratitidis capitata* L. ordo Diptera (Boudjelida & Soltani 2011), *Crocidolomia pavonana* ordo Lepidoptera (Trizelia *et al.* 2010). *M. anisopliae* mampu menginfeksi hama yang mempunyai tipe mulut menusuk dan mengisap, yaitu *Riptortus linearis* baik stadia nimfa maupun imago (Sumartini *et al.* 2001). Disamping itu *M. anisopliae* juga mampu menginfeksi hama yang mempunyai tipe mulut menggigit seperti *Spodoptera litura* (Prayogo *et al.* 2005)

Upaya pengendalian hayati lainnya adalah memanfaatkan nematoda entomopatogen (NEP). Menurut Zahro'in (2010) nematoda entomopatogen memiliki potensi yang besar untuk mengendalikan serangga hama seperti larva Lepidoptera, kumbang, lalat, jangkrik dewasa dan belalang. Hasil penelitian Sucipto (2009) menunjukkan nematoda entomopatogen *Heterorhabditis* sp efektif untuk mengendalikan rayap tanah *Macrotermes* sp di lapangan. Penelitian imago Wiratno & Rohimatun (2012) menunjukkan bahwa nematoda parasit serangga, *Heterorhabditis* sp efektif digunakan untuk mengendalikan hama pemakan daun kelapa *Brontispa longissima*, khususnya pada stadia larva dan imago.

Musuh alami kelompok patogen serangga seperti *M. anisopliae* dan nematoda entomopatogen merupakan agen pengendalian hayati yang telah banyak dimanfaatkan untuk pengendalian hama *O. rhinoceros*. Hasil penelitian skala laboratorium Mulyono (2007) menunjukkan patogensitas *M. anisopliae* terhadap larva *O. rhinoceros* sebesar 93.3% pada minggu ke-2 setelah aplikasi dan mencapai 100% pada minggu ke-3. Penelitian skala laboratorium yang dilakukan Khairunnisa (2014), menunjukkan bahwa dengan kepadatan nematoda entomopatogen 200JI/ml

dan 250JI/ml pada 144 jam setelah aplikasi efektif dalam mengendalikan larva *O. rhinoceros* dengan mortalitas 85.71% dan 100%.

Hasil penelitian yang mengungkapkan pemanfaatan *M. anisopliae* dan nematoda entomopatogen untuk mengendalikan hama *O. rhinoceros* pada tanaman kelapa telah banyak dilakukan namun masih belum banyak yang mencoba untuk menggabungkan antara *M. anisopliae* dan nematoda entomopatogen untuk mengendalikan hama tersebut. Penggabungan dua agen hayati diharapkan terjadi sinergi sehingga menyebabkan mortalitas hama *O. rhinoceros* lebih tinggi dibandingkan dengan aplikasi satu agen. Mekanisme yang mendasari sinergi dua agen tersebut belum jelas, tapi dipastikan bahwa satu agen hayati yang menginfeksi hama *O. rhinoceros* terlebih dahulu mengubah perilaku hama, sehingga lebih rentan terhadap agen hayati yang lain. Sebagai contoh, hama *O. rhinoceros* yang terinfeksi *M. anisopliae* menurut Tampubolon (2013) ditandai dengan gerakan melamban dan nafsu makan berkurang, kondisi ini memberikan nematoda lebih banyak waktu masuk ke dalam tubuh. Menurut Wiludjeng (2007) nematoda entomopatogen masuk ke dalam tubuh serangga inang melalui lubang alami serangga seperti mulut, anus spirakel dan stigma. Pemanfaatan penggabungan *M. anisopliae* dan nematoda entomopatogen untuk pengendalian serangga hama juga dilakukan oleh Ansari *et al.* (2008) hasil penelitiannya menunjukkan bahwa persentase mortalitas larva *Otiorynchus sulcatus* (Coleoptera: Curculionidae) mencapai 100% dalam waktu 2 minggu setelah aplikasi.

Di desa Jerukwangi kecamatan Bangsri pernah dilakukan penelitian mengenai pengendalian hama *O. rhinoceros* menggunakan *M. anisopliae* dan nematoda

entomopatogen secara semi lapangan menggunakan pot yang diletakkan dikebun. Hasil penelitian Putri (2016), menunjukkan bahwa dengan dosis 4 gr *M. anisopliae* dalam 5 kg media tanah mampu mematikan larva *O. rhinocerosi* sebesar 90% dalam kurun waktu 4 minggu setelah perlakuan. Dafrosa (2016) mengatakan bahwa dosis nematoda dalam pengenceran 7 liter efektif mematikan larva *O. rhinoceros* dengan waktu singkat. Hasil penelitian Susanti (2016), menunjukkan bahwa persentase kematian larva *O. rhinoceros* akibat perlakuan kombinasi *M. anisopliae* dan nematoda entomopatogen mencapai 100% pada minggu ke-5 dengan dosis 2 gr *M. anisopliae* dan nematoda dalam pengenceran 7 liter.

Aplikasi *M. anisopliae*, nematoda entomopatogen dan kombinasi keduanya pada skala laboratorium dan skala semi lapangan terbukti efektif dalam mengendalikan larva *O. rhinoceros*. Namun, hasil evaluasi *M. anisopliae*, nematoda entomopatogen *Heterorhabditis* sp dan kombinasi keduanya skala lapang belum pernah dilaporkan. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian aplikasi *M. anisopliae*, nematoda entomopatogen dan kombinasi keduanya terhadap pengendalian larva *O. rhinoceros* pada skala lapang.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka rumusan masalah yang dikaji dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana keefektifan *M. anisopliae* terhadap mortalitas larva *O. rhinoceros* di lapangan?

2. Bagaimana keefektifan nematoda entomopatogen terhadap mortalitas larva *O. rhinoceros* di lapangan?
3. Bagaimana keefektifan kombinasi *M. anisoliae* dan nematoda entomopatogen terhadap mortalitas larva *O. rhinoceros* di lapangan?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengkaji keefektifan *M. anisoliae* terhadap mortalitas larva *O. rhinoceros* di lapangan.
2. Mengkaji keefektifan nematoda entomopatogen terhadap mortalitas larva *O. rhinoceros* di lapangan.
3. Mengkaji keefektifan kombinasi *M. anisoliae* dan nematoda entomopatogen terhadap mortalitas larva *O. rhinoceros* di lapangan.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan informasi mengenai aplikasi *M. anisoliae* dan nematoda entomopatogen skala lapang untuk mengendalikan hama kelapa *O. rhinoceros*
2. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi teknologi alternatif pengendalian *O. rhinoceros* yang ramah lingkungan sehingga dapat menekan pemakaian bahan kimia yang dapat merusak lingkungan

1.5 Penegasan Istilah

Penegasan istilah dalam penelitian ini yaitu:

1. *Metarhizium anisopliae*

M. anisopliae (Moniliales: Moniliaceae) adalah jamur parasit pada serangga yang dapat dijadikan sebagai agen hayati. *M. anisopliae* yang digunakan dalam penelitian ini adalah formulasi tepung kaolin, diperoleh dari Balai Proteksi Tanaman Perkebunan (BPTBun) Salatiga.

2. Nematoda Entomopatogen

Nematoda entomopatogen adalah salah satu agen hayati untuk mengendalikan serangga hama tanaman. Nematoda yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis *Heterorhabditis* sp (Rhabditida: Heterorhabdiae) diperoleh dari Universitas Jember. Formulasi nematoda diperoleh dalam bentuk cair dengan media spon. Satu spon berisi 10×10^6 nematoda *Heterorhabditis* sp.

3. Larva *O. rhinoceros*

Oryctes rhinoceros (Coleoptera: Scarabaeidae) merupakan hama utama tanaman kelapa. Hama *O. rhinoceros* menggerek pucuk tanaman kelapa yang mengakibatkan terhambatnya pertumbuhan dan merusak titik tumbuh sehingga mematikan tanaman. Larva *O. rhinoceros* yang digunakan dalam penelitian adalah larva instar 3 dengan ukuran panjang 7-10 cm dan berat 9-11 gram per ekor. Larva *O. rhinoceros* tersebut merupakan larva yang terdapat di Desa Jerukwangi kecamatan Bangsri kabupaten Jepara.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Metarhizium anisopliae*

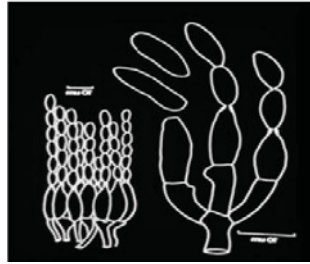
2.1.1 Klasifikasi dan Morfologi *M. anisopliae*

Klasifikasi jamur *M. anisopliae* menurut Alexopoulos *et al.* (1979), adalah sebagai berikut:

Kingdom	: Mycetes
Division	: Amastigomycotina
Class	: Deuteromycetes
Ordo	: Moniliales
Familia	: Moniliaceae
Genus	: <i>Metarhizium</i>
Species	: <i>Metarhizium anisopliae</i>

Metarhizium anisopliae adalah salah satu cendawan entomopatogen yang termasuk dalam divisi Deuteromycotina: Hyphomycetes. Cendawan ini biasa disebut dengan *green muscardine fungus* dan tersebar luas di seluruh dunia. *M. anisopliae* telah lama digunakan sebagai agen hayati dan dapat menginfeksi beberapa jenis serangga, antara lain dari ordo Coleoptera, Lepidoptera, Homoptera, Hemiptera, dan Isoptera (Strack 2003).

Pertumbuhan awal dari cendawan entomopatogen *M. anisopliae* berwarna keputihan kemudian berubah menjadi hijau kegelapan dengan bertambahnya umur (Prayogo 2005). Miselium bersekat, diameter 1,98-2,97 μm , konidiofor tersusun tegak, berlapis, dan bercabang yang dipenuhi dengan konidia. Konidia bersel satu berbentuk bulat silinder dengan ukuran 9,94 x 3,96 μm



Gambar 1. Skema gambar jamur *M. anisopliae* (Rosmayuningsih *et al.*, 2014)

Koloni jamur *M. anisopliae* dapat tumbuh dengan cepat pada beberapa media seperti *potato dextrose agar* (PDA), media jagung, dan media beras (Prayogo & Tengkanoo 2002). Temperatur optimum untuk pertumbuhan *M. anisopliae* berkisar 22-27°C (Pracaya 2004). Milner (1997) melaporkan bahwa konidia akan membentuk kecambah dengan baik dan patogenisitasnya meningkat bila kelembaban diatas 90%. Patogenisitas cendawan *M. anisopliae* akan menurun apabila kelembapan udara dibawah 86%.

2.1.2 Mekanisme Infeksi *M. anisopliae* terhadap Inang

Jamur *M. anisopliae* dapat menginfeksi serangga melalui kulit luar (integument) diantara ruas tubuh, melalui makanan, alat pernafasan (trakea) dan bagian tubuh yang luka (Simamora *et a.* 2013). Menurut Ferron (1985), terdapat empat tahapan etiologi penyakit serangga yang disebabkan oleh cendawan. Tahap pertama adalah inokulasi, yaitu kontak antara propagul cendawan dengan tubuh serangga. Tahap kedua adalah proses penempelan perkecambahan propagul cendawan pada integumen serangga. Pada tahap ini, cendawan dapat memanfaatkan senyawa-senyawa yang terdapat pada integumen. Tahap ketiga yaitu penetrasi dan invasi. Dalam melakukan penetrasi menembus integumen, cendawan membentuk tabung kecambah (*appressorium*). Penembusan dilakukan secara mekanis yaitu dengan kekuatan hifa untuk menembus kulit tubuh serangga, dan secara kimiawi

dengan mengeluarkan enzim (lipase, kithinase, amilase, proteinase, pospatase, dan esterase) dan toksin. Tahap keempat yaitu destruksi pada titik penetrasi dan terbentuknya blastospora yang kemudian beredar ke dalam hemolimfa dan membentuk hifa sekunder untuk menyerang jaringan lainnya. Pada umumnya serangga sudah mati sebelum proliferasi blastospora.

Metarhizium anisopliae memiliki aktifitas larvasida karena menghasilkan *cyclopeptida*, *destruxin A*, *B* dan *desmethyldestruxin*. *Destruxin* telah dipertimbangkan sebagai bahan insektisida generasi baru. Efek *destruxin* berpengaruh pada organela sel target (mitokondria, retikulum endoplasma dan membran nukleus), menyebabkan paralisis sel dan kelainan fungsi lambung tengah, tubulus malphigi, hemosit dan jaringan otot (Widiyanti & Muyadihardja 2004). Cendawan *M. anisopliae* menyerang inang dengan menembus integumen tubuh serangga melalui pembentukan hifa. Kematian serangga disebabkan oleh serangan hifa yang menembus ke dalam haemocoel pada waktu perkembangan hifa dan pertumbuhan konidiospora menjadi hifa yang melepaskan *destruxin A* dan *B* yang dapat membunuh serangga (Yasmin *et al.*, 2010).

Menurut Tampubolon (2013) gejala larva yang terserang *M. anisopliae* ditandai dengan gerakan melamban, nafsu makan berkurang, permukaan tubuh ditumbuhi hifa jamur *M. anisopliae* berwarna putih yang kemudian berubah warna menjadi hijau gelap dengan bertambahnya umur jamur.



Gambar 2. Koloni cendawan *M. anisopliae* pada larva *O. rhinoceros* (BPTPBUN 2011).

Pada waktu serangga mati, fase perkembangan saprofit cendawan dimulai dengan penyerangan jaringan dan berakhir dengan pembentukan organ reproduksi (Prayogo 2005). Pada umumnya semua jaringan dan cairan tubuh serangga habis digunakan oleh cendawan, sehingga serangga mati dengan tubuh yang mengeras seperti mumi. Pertumbuhan cendawan diikuti dengan pengeluaran pigmen atau toksik yang dapat melindungi serangga dari mikroorganisme lain terutama bakteri. Tidak selalu cendawan tumbuh keluar menembus integumen serangga. Apabila keadaan kurang mendukung, perkembangan saprofit hanya berlangsung di dalam jasad serangga tanpa ke luar menembus integumen (Ferron 1985).

2.2 Nematoda Entomopatogen *Heterorhabditis* sp.

2.2.1 Klasifikasi dan Morfologi Nematoda Entomopatogen *Heterorhabditis* sp.

Nematoda Entomopatogen (NEP) merupakan nematoda endoparasit khusus serangga. Nematoda yang umum digunakan sebagai biokontrol berbagai macam serangga hama pertanian berasal dari famili Steinernematidae dan Heterorhabditidae (Gauler 2001).

Klasifikasi Nematoda *Heterorhabditis* sp menurut (Gauler 2001), adalah sebagai berikut:

Kingdom : Animalia
Filum : Nematoda
Class : Secernentea
Ordo : Rhabditida
Familia : Heterorhabdiae
Genus : Heterorhabditis
Species : *Heterorhabditis* sp

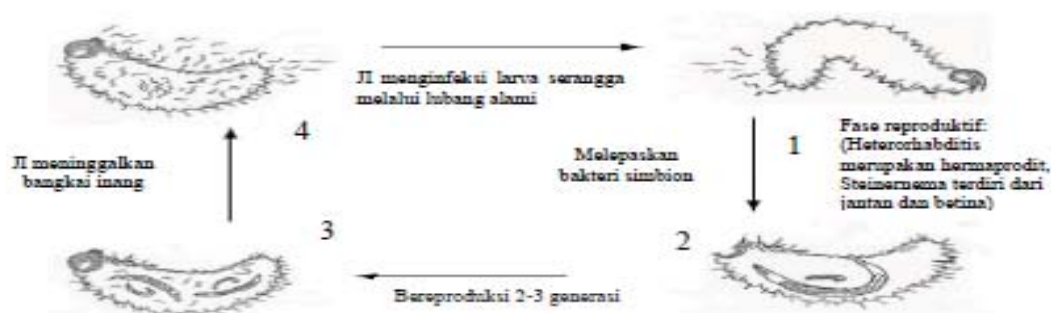
Tubuh nematoda umumnya berbentuk cacing, transparan, panjang dan agak silindris dan diselubungi oleh kutikula yang elastis. Ukuran nematoda sangat kecil sehingga hanya dapat dilihat dengan bantuan mikroskop, umumnya nematoda berukuran 700-1200 μm dan hidup didalam tanah (Nugrohorini 2010). Famili Heterorhabditidae memiliki panjang tubuh 260-715 μm dan lebar tubuh 16-27 μm . Lubang ekskretori dan *nerve ring* larva infeksi berada dibagian posterior (Bahari 2000). Heterorhabditidae memiliki siklus hidup sederhana dan mempunyai stadium perkembangan dari telur, juvenil dan dewasa. Juvenil terbagi menjadi juvenil instar 1 (J1), juvenil instar 2 (J2), juvenil instar 3 (J3) dan juvenil instar 4 (J4) siklus hidup nematoda mulai dari menginfeksi sampai muncul J1 generas baru berkisar 7-10 hari (Wagiman *et al.* 2003). Pergantian instar ditandai dengan terjadinya pergantian kulit (*molting*) (Prabowo 2012). Nematoda dewasa memiliki sistem reproduksi hermaprodit (Tanada & Kaya 1993).

2.2.2 Mekanisme Infeksi Nematoda Entomopatogen *Heterorhabditis* sp terhadap Serangga Inang

Nematoda Entomopatogen merupakan patogen serangga yang dapat menyebabkan infeksi dan menimbulkan penyakit pada serangga inang. Nematoda bersimbiosis dengan bakteri penghasil toksin saat membunuh serangga inang. Family Heterorhabditidae bersimbiosis dengan bakteri *Photorhabdus* sp (Boemare 1996). Infeksi nematoda sebagian besar melalui serangga inang yakni melalui saluran pencernaan selanjutnya menuju *hemocoel* (Subagiya 2005).

Penetrasi nematoda ke dalam *hemocoel* serangga dilakukan pada stadia infeksi, yaitu Juvenil Infective (JI), melalui mulut, anus, spirakel, atau langsung menembus kutikula (Poinar 1990). Nematoda mengaktifkan sistem pencernaan dan melepaskan sel-sel bakteri simbiosis yang dibawanya kemudian berkembangbiak dalam hemolimfa. Hemolimfa serangga menyediakan media kaya untuk sel bakteri, bakteri akan berkembang biak dan melepaskan toksin dan exoenzyme dan membunuh serangga inang dalam waktu dua hari (Nugrohorini 2007). Nematoda pada prinsipnya akan memakan sel bakteri dan jaringan inangnya. Menurut Grewal & Ruisheng (2007), bakteri simbiosis dapat mensuplai nutrisi yang dibutuhkan bagi nematoda untuk berkembang dengan cepat hingga dewasa, kemudian nematoda memasuki masa reproduksi dan menghasilkan telur.

Nematoda akan berkembang menjadi generasi kedua dan ketiga yang akan keluar lagi dari tubuh serangga inang dan mencari serangga inang yang baru. Mekanisme infeksi nematoda tercantum pada Gambar 3.



Gambar 3. Mekanisme infeksi nematoda entomopatogen *Heterorhabditis* sp terhadap serangga inang (Grewal 2005)

Bakteri simbiosis heterorhabditidae mampu membunuh serangga inang dengan waktu yang sangat cepat sekitar 24-48 jam karena mengeluarkan toksin di dalam tubuh serangga inang. Pada umumnya gejala serangga inang yang terinfeksi oleh nematoda ditandai adanya perubahan warna pada tubuh serangga, tubuh menjadi lembek dan jaringan di dalam tubuh menjadi cair tetapi tidak berbau (Sucipto 2009).

2.3 *Oryctes rhinoceros*

2.3.1 Klasifikasi dan Morfologi *Oryctes rhinoceros*

Menurut Susanto (2011) diterangkan bahwa klasifikasi hama *Oryctes rhinoceros* adalah sebagai berikut:

Kingdom	: Animalia
Filum	: Arthropoda
Class	: Insecta
Ordo	: Coleoptera
Familia	: Scarabaeidae
Sub family	: Dynastinae
Genus	: <i>Oryctes</i>
Species	: <i>Oryctes rhinoceros</i> L.

Kumbang tanduk (*Oryctes rhinoceros*) memiliki bentuk tubuh oval atau memanjang berwarna hitam kecokelat-cokelatan dan berukuran cukup besar (panjang sekitar 3 cm - 5 cm dan lebar sekitar 2 cm – 3 cm). Kumbang berkepala kecil dan mempunyai sebuah tanduk kepala/cula (Warisno 2003). Menurut Purba (2006), karakteristik yang paling menonjol untuk membedakan kumbang betina dan kumbang jantan adalah pada tanduk kepala/cula, kumbang betina mempunyai cula pendek sedangkan kumbang jantan mempunyai cula lebih panjang. Perbedaan yang lainnya adalah pada abdomen kumbang betina berbulu lebat sedangkan kumbang jantan tidak.

Kumbang dewasa terbang ke tajuk kelapa pada malam hari dan mulai bergerak ke bagian salah satu ketiak pelepah daun paling atas. Kumbang merusak pelepah daun yang belum terbuka dan menyebabkan pelepah rusak. Kerusakan pada tanaman baru terlihat jelas setelah daun membuka 1-2 bulan kemudian berupa guntingan segitiga seperti huruf “v”. Gejala ini merupakan ciri khas kumbang *O. rhinoceros* (Purba 2008). Serangan hama *O. rhinoceros* dapat menurunkan produksi tandan buah segar pada panen tahun pertama 60% dan menimbulkan kematian tanaman muda hingga 25% (Pusat Penelitian Kelapa Sawit 2009).

2.3.2 Siklus hidup *O. rhinoceros*

Siklus hidup *O. rhinoceros* menurut Warsino (2003) melewati empat stadia, yaitu stadia telur, larva, pupa dan imago (dewasa/kumbang). Stadium telur berlangsung selama 12 hari. Telur kumbang tanduk berwarna putih, bentuknya mula-mula oval kemudian bulat dengan panjang sekitar 2,5 mm dan lebar 2 mm. seekor kumbang betina mampu bertelur 35 – 70 butir. Kumbang ini bertelur pada sampah,

pupuk kandang atau kompos, seresah-seresah sisa tanaman atau kayu yang telah lapuk.



Gambar 4. Telur *O. rhinoceros* (Mulyono 2007)

Stadium larva berlangsung selama 4 – 5 bulan. Larva (lundi atau uret) yang baru menetas dan setelah dewasa berwarna putih kekuningan, warna bagian ekornya agak gelap. Larva dewasa memiliki ukuran panjang 7 – 10 cm, dengan kepala yang berwarna merah cokelatan dan tubuh bagian belakang lebih besar daripada tubuh bagian depan. Pada permukaan tubuh larva terdapat bulu-bulu pendek dan pada bagian ekor bulu-bulu tersebut tumbuh rapat. Larva hidup dari sisa-sisa tumbuhan yang telah membusuk, kotoran ternak, sampah, dan lain-lain hingga berkembang menjadi pupa (Setyamidjadja 2006).



Gambar 5. Larva *O. rhinoceros* (Mulyono 2007)

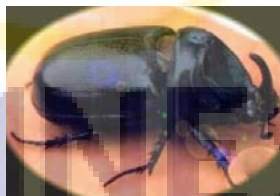
Stadium pupa berukuran lebih kecil dari larvanya sekitar 3-5 cm, berwarna coklat kekuningan berada dalam kokon yang dibuat dari bahan-bahan organik disekitar tempat hidupnya terdiri atas dua fase. Fase pertama berlangsung selama satu bulan, yaitu terjadinya perubahan bentuk dari larva menjadi pupa. Fase kedua

berlangsung selama tiga minggu, yaitu terjadinya perubahan bentuk dari pupa menjadi imago dan masih berdiam dalam kokon.



Gambar 6. Pupa *O. rhinoceros* (BPTBun 2011)

Stadium imago berukuran 3-5 cm, berwarna coklat gelap, cembung pada bagian punggung dan bersisi lurus, pada bagian kepala terdapat satu tanduk dan erdapat cekungan dangkal pada permukaan punggung ruas di belakang kepala. Kumbang dewasa pada malam hari terbang ke tajuk pohon kelapa, kemudian menyusup ke dalam pucuk dan membuat lubang hingga menembus pangkal pelepah daun muda dan tinggal pada lubang ini selama 5-10 hari. Pada waktu sore hari kumbang-kumbang dewasa beterbangan untuk mencari pasangan. Setelah kawin, kumbang betina mencari sarang untuk bertelur (Setyamidjadja 2006).



Gambar 7. Imago *O. rhinoceros* (Mulyono 2007)

2.4 Penelitian Terkait

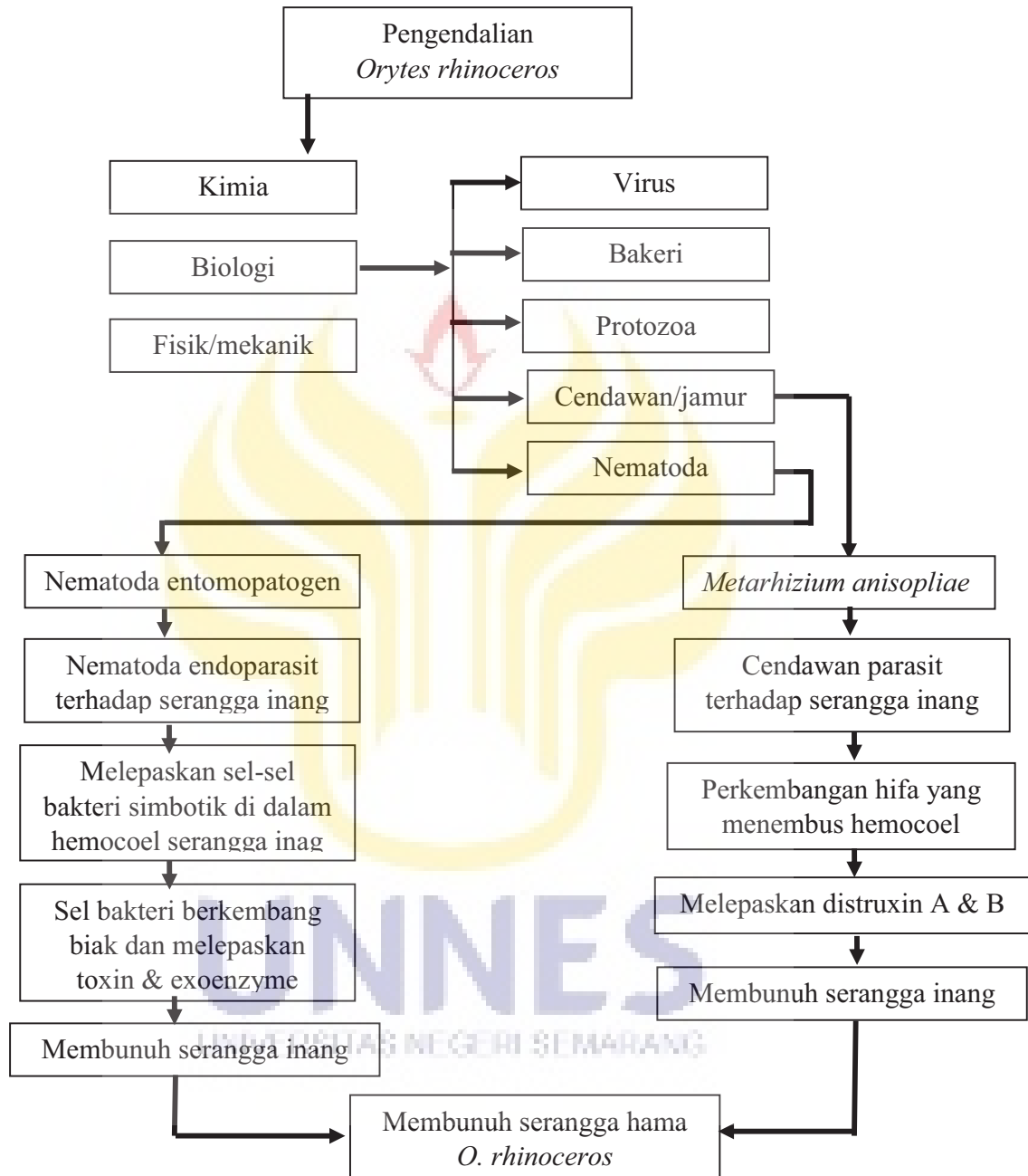
Penelitian yang terkait dengan pemanfaatan *M. anisopliae* sebagai pengendalian populasi serangga hama dari ordo Lepidoptera seperti *Spodoptera litura* yang menyerang tanaman bawang merah. Hasil penelitian Prayogo dan Tengkanono (2004), menunjukkan bahwa larva *Spodoptera litura* (Lepidoptera) yang diinfeksi spora jamur dengan konsentrasi 104 spora/ml hingga 108 spora/ml, menyebabkan kematian larva *Spodoptera litura* hingga mencapai 83% pada hari ke-12 setelah infeksi spora jamur. Penggunaan jamur *M. anisopliae* juga telah digunakan untuk mengendalikan populasi serangga dari ordo diptera. Widiyanti & Muyadihardja (2004), menginfeksi larva *Aedes aegypti* dengan spora jamur pada konsentrasi 107 sel/ml, menyebabkan tingkat kematian larva mencapai 91,1 %. Hasil penelitian laboratorium Marheni *et al.*, (2011), menunjukkan bahwa dosis 20 gr *M anisopliae* pada media jagung menyebabkan kematian larva *O. rhinoceros* pada tanaman kelapa sawit mencapai 100% pada pengamatan hari ke 21 setelah aplikasi. Hasil penelitian semi lapang Putri (2016), menunjukkan bahwa dengan dosis 4 gr *M. anisopliae* dalam 5 kg media tanah mampu mematikan larva *O. rhinocerosi* sebesar 90% dalam kurun waktu 4 minggu setelah perlakuan.

Penelitian tentang penggunaan nematoda *Heterorhabditis* sp sebagai agen pengendali hayati telah banyak dilakukan seperti pengendalian terhadap ordo Lepidoptera. Hasil penelitian Rahardjo *et al.* (2014), terhadap hama kubis *Plutella xylostella* dengan konsentrasi nematoda 400 JI/ml kematian larva *Plutella xylostella* mencapai 50% setelah 37,96 jam setelah aplikasi. Penelitian yang dilakukan oleh Wiratno (2012), menunjukkan efektivitas nematoda *Heterorhabditis* sp. dalam

mengendalikan hama pemakan daun kelapa *B. longissima* pada stadia larva dan imago dengan kepadatan optimal 3500 JI/ml. Hasil penelitian laboratorium Suyanto *et al.* (2012), menunjukkan bahwa konsentrasi 375-450 nematoda/ml air mengakibatkan kematian pada larva *O. rhinoceros* instar 2 hingga mencapai 80-90%. Hasil penelitian semi lapang Dafrosa (2016), menunjukkan bahwa dosis nematoda dalam pengenceran 7 liter efektif mematikan larva *O. rhinoceros* dengan waktu singkat.

Penelitian kombinasi *M. anisopliae* dan nematoda *Heterorhabditis* sp yang dilakukan oleh Ansari (2008) pada skala laboratorium membuktikan bahwa dengan dosis 10^{13} /ha *M. anisopliae* dan 10^8 JI/ha secara efektif mampu membunuh larva *Otiorhynchus sulcatus* Fabricius (Coleoptera: Curculionidae) dalam kurun waktu 2 minggu setelah perlakuan. Hasil penelitian semi lapang Susanti (2016), menunjukkan bahwa persentase kematian larva *O. rhinoceros* akibat perlakuan kombinasi *M. anisopliae* dan nematoda entomopatogen mencapai 100% pada minggu ke-5 dengan dosis 2 gr *M. anisopliae* dan nematoda dalam pengenceran 7 liter.

2.5 Kerangka Berpikir

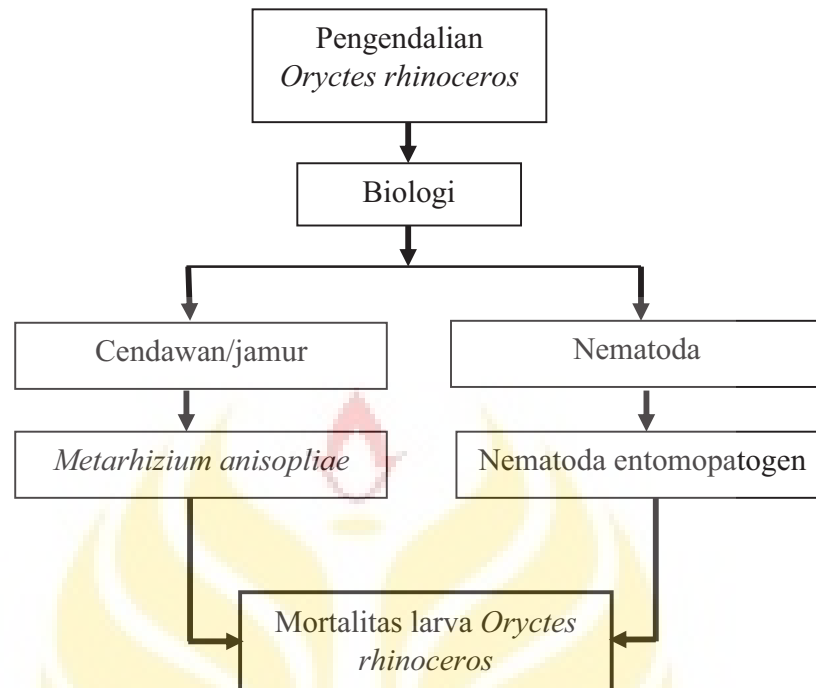


Gambar 8. Kerangka berpikir penelitian tentang aplikasi *Metarhizium anisopliae*, nematoda entomopatogen dan kombinasi keduanya terhadap mortalitas larva *Oryctes rhinoceros* di lapangan

2.6 Kerangka Konsep

Oryctes rhinoceros merupakan hama yang menyerang tanaman kelapa. Siklus hidup *O. rhinoceros* menurut Warsino (2003) melewati empat stadia, yaitu stadia telur, larva, pupa dan imago (dewasa/kumbang). Kumbang merusak pelepah daun yang belum terbuka dan menyebabkan pelepah rusak. Rusaknya daun akibat serangan *O. rhinoceros* dapat mengganggu proses fotosintesis dan akhirnya berakibat menurunkan produksi kelapa. Serangan hama *O. rhinoceros* dapat menurunkan produksi tandan buah segar pada panen tahun pertama 60% dan menimbulkan kematian tanaman muda hingga 25% (Pusat Penelitian Kelapa Sawit 2009).

Pengendalian hama *O. rhinoceros* dapat dilakukan dengan memanfaatkan musuh alaminya seperti cendawan *M. anisopliae* dan nematoda entomopatogen. Cendawan *M. anisopliae* menyerang serangga inang dengan menembus ke dalam hemocoel serangga melalui pembentukan hifa dan melepaskan destruxin A dan B (Widiyanti & Muyadihardja 2004). Nematoda entomopatogen merupakan nematoda endoparasit terhadap serangga. Nematoda melepaskan sel-sel bakteri di dalam hemocoel serangga dan menghasilkan toxin dan exoenzyme yang dapat membunuh serangga (Nugrohorini 2007). Pada penelitian ini dilakukan aplikasi di lapang menggunakan dosis efektif aplikasi semi lapang. Aplikasi skala lapang diperlukan untuk mengevaluasi pengaruh *M. anisopliae* dan nematoda entomopatogen terhadap larva *O. rhinoceros* di habitat alaminya.



Gambar 9. Kerangka konsep penelitian tentang aplikasi *Metarhizium anisopliae*, nematoda entomopatogen dan kombinasi keduanya terhadap mortalitas larva *Oryctes rhinoceros* di lapangan

2.7 Hipotesis

1. *M. anisopliae* efektif terhadap mortalitas larva *O. rhinoceros* pada aplikasi skala lapang.
2. Nematoda entomopatogen efektif terhadap mortalitas larva *O. rhinoceros* pada aplikasi skala lapang.
3. Kombinasi *M. anisopliae* dan nematoda entomopatogen efektif terhadap mortalitas larva *O. rhinoceros* pada aplikasi skala lapang.

BAB 5

PENUTUP

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa:

1. Aplikasi *M. anisopliae* dilapangan tidak efektif untuk mengendalikan larva *O. rhinoceros*, mortalitas larva *O. rhinoceros* hanya mencapai 6% hingga pengamatan berakhir.
2. Aplikasi nematoda entomopatogen di lapangan tidak efektif untuk mengendalikan larva *O. rhinoceros*, mortalitas larva *O. rhinoceros* hanya mencapai 16% hingga pengamatan berakhir.
3. Aplikasi kombinasi *M. anisopliae* dan nematoda entomopatogen di lapangan tidak efektif untuk mengendalikan larva *O. rhinoceros*, mortalitas larva *O. rhinoceros* hanya mencapai 19% hingga pengamatan berakhir.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, dapat disarankan:

1. Pengaplikasian *M. anisopliae* maupun nematoda entomopatogen sebaiknya dilakukan pada musim peralihan antara musim penghujan ke musim kemarau untuk menghindari *M. anisopliae* maupun nematoda tidak hanyut dan kekeringan.
2. Perlu diadakan aplikasi berulang jika curah hujan tinggi supaya dapat terhindar dari kegagalan konidia *M. anisopliae* maupun nematoda entomopatogen dalam menginfeksi serangga.

3. Aplikasi *M. anisopliae* di lapangan sebaiknya diberi waktu inkubasi minimal 24 jam untuk perkecambahan konidia.



DAFTAR PUSTAKA

- [BMPPT] Badan Penanaman Modal dan Pelayanan Perizinan Terpadu Kabupaten Jepara. 2014. Buku Profil Jepara. <http://bpmptjepara.info/wp-content/uploads/2014/02/BUKU-PROFIL-JEPARA-2014.pdf>
- [BPTBun] Balai Proteksi Tanaman Perkebunan. 2011. *Pembiakan Jamur Metarhizium sp Secara Alami untuk Pengendalian Hama Kumbang Kelapa (Oryctes rhinoceros)*. Salatiga.
- [PPKS] Pusat Penelitian Kelapa Sawit. 2009. *Pertemuan Teknis Kelapa Sawit*. Pusat Medan: Penelitian Kelapa Sawit.
- Adams BJ & Nguyen KB. 2002. Taxonomy and Systematics. Pp 1-28 in: R. Gaugler (Ed). *Entomopathogenic Nematology*. CAB International, Wallingford, Oxford
- Afifah L, BT Rahardjo & H Tarno. 2013. Eksplorasi nematoda entomopatogen pada lahan tanaman jagung, kedelai, dan kubis di malang serta virulensinya terhadap *Spodoptera litura* Fabricius. *Jurnal HPT* 1(2): 1-9.
- Ahmed S, Ashraf MR, Hussain A & Riaz MA. 2009. Pathogenicity of isolates of *Metarhizium anisopliae* from Gujranwala (Pakistan) against *Coptotermes heimi* (Wasmann) (Isoptera: Rhinotermitidae). *International Journal of Agriculture & Biology* 11 (6): 707-711.
- Alexopoulos CJ & CW Mims. 1979. *Introductory of Mycology*. 3rd ed. John Wiley & Sons, New York. 177 pp.
- Anggraini S D. 2017. Kepadatan dan komposisi stadia *Oryctes rhinoceros* di desa Jerukwangi kecamatan Bangsri kabupaten Jepara. *Skripsi*. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Ansari MA, FA Shah & T M Butt. 2008. Combined use of entomopathogenic nematodes and *Metarhizium anisopliae* as a new approach for black vine weevil, *Otiiorhynchus sulcatus*, control. *Journal compilation The Netherlands Entomological Society* 129: 340-347.
- Bedford G O. 2013. Long-term reduction in damage by rhinoceros beetle *Oryctes rhinoceros* (L.) (Coleoptera: Scarabaeidae: Dynastinae) to coconut palm at *Oryctes Nudivirus* release site on Viti Levu, Fiji. 8 (49): 6422-6425.
- Bahari. 2000. Inventarisasi nematoda entomopatogen *Steinernema* sp dan *Heterorhabditis* sp pada tanaman hortikultura Jawa Timur. *Karya Tulis Ilmiah*. Jember: Universitas Jember.
- Boemare NE, Lanmond & Mauleon H. 1996. The entomopathogenic nematodes bacterium complex, biology, life cycle and vertebrate safety. *Journal of Biocontrol Science and Technology* 6 (1): 333-346.

- Boudjelida H & Soltani N. 2011. Pathogenicity of *Metarhizium anisopliae* (Metsch) on *Ceratitis capitata* L. (Diptera: Tephritidae). *Annals of Biological Research* 2 (2):104-110.
- Chenon RD & H Pasaribu. 2005. Strategi pengendalian hama *Oryctes rhinoceros* di PT.Tolan Tiga Indonesia (SIPEF Group). Dalam: *Pertemuan Teknis Kelapa Sawit*. Yogyakarta.
- Cloyd R. 2003. The entomopathogen *Verticillium lecanii*. *Midwest Biological Control News*. University of Illions.
- Dafrosa L. 2016. Aplikasi nematoda entomopatogen pada larva *Oryctes rhinoceros* 1 menggunakan tiga variasi dosis yang berbeda. *Skripsi*. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Ferron P. 1985. *Fungal control*. *Comprehensive Insect Phisiology, Biochem. Pharmacol.* (12): 313–346.
- Galvez A Bautista. 2012. Genetic characterisation of *Metarhizium anisopliae* (Metchniko) sorokin isolates from sugarcane fields and their pathogenicity against *Aeneolamia postica* (Walker) (Hemiptera: Cercopidae). *Mexico: Universidad Ciencia*. 28 (3):217-229.
- Gaspersz V. 1991. *Metode Perencanaan Percobaan*. Bandung: CV. Armico.
- Gauler R. 2001. *Entomopathogenic Nematology*. New Jersey USA: Department of Entomology Rutgers University.
- Grewal PS & Ruisheng An. 2007. Differences in the virulence of *Heterorhabditis bacteriophora* and *Steinernema scarabaeito* three white grub species: The relative contribution of the nematodes and their symbiotic bacteria. Department of Entomology, The Ohio State University.
- Grewal. 2005. *Nematodes as Biocontrol Agents*. Hal 45-64.
- Gusmara BH. 2011. Pembuatan dan pengujian formula *Metarhizium majus* UICC 295 dengan media pembawa substrat beras *Oryza sativa* terhadap larva *Oryctes rhinoceros*. *Skripsi*. Depok: Universitas Indonesia
- Harjaka T, Martono E, Witjaksono & Sunarminto BH. 2011. Potensi jamur *Metarhizium anisopliae* untuk pengendalian uret perusak akar tebu. Dalam: *Semnas Pesnab IV*. Fakultas pertanian UGM. Jakarta, 15 Oktober 2011. Hal 91-102.
- Helmi, Sulistyanto D & Purwatiningsih. 2015. Aplikasi agen pengendali hayati terhadap populasi hama *Plutella xylostella* Linn. dan *Crocidolomia pavonana* Zell.) dan musuh alaminya pada tanaman kubis di desa Kalibaru Kulon, Kab. Banyuwangi. *Jurnal Ilmu Dasar* 16(2): 55–62.

- Indriyanti DR, Putri RIP, Widiyaningrum P & Herlina L. 2016. Density, viability conidia and symptoms of *Metarhizium anisopliae* infection on *Oryctes rhinoceros* larvae. *Journal of Physics*. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Indriyanti DR, Widiyaningrum P & Haryuni. 2015. Efektivitas cendawan *Metarhizium anisopliae* dan nematoda entomopatogen terhadap mortalitas larva hama kelapa *Oryctes rhinoceros* di Jepara. *Laporan Penelitian*. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Jumar. 2000. *Entomologi Pertanian*. Jakarta: Renika Cipta.
- Kanga LBB, WA Jones & RR James. 2003. Field trials using fungal pathogen, *Metarhizium anisopliae* (Deuteromycetes: Hyphomycetes) to control the ectoparasitic mite, *Varroa destructor* (Acari: Varroidae) in honey bee, *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) colonies. *Journal Environ Entomol* (96): 1.091–1.099.
- Khairunnisa S, Pinem MI, Zahara F. 2014. Uji efektifitas nematoda entomopatogen sebagai pengendali penggerek pucuk kelapa sawit *Oryctes Rhinoceros* L. (Coleoptera: Scarabidae) di laboratorium. *Jurnal Online Agroekoteknologi* 2 (2) 607-620.
- Manan A & Suyanto A. 2009. Kemempunan isolat lokal nematoda entomopatogen *Steinernema carpocapsae* Poinar untuk pengendalian hama ulat grayak (*Spodoptera litura* F.). *Jurnal Pembangunan Pedesaan* 9(1): 35-42.
- Marheni, Hasanuddin, Pinde & W Suziani. 2011. Uji patogenesis jamur *Metarhizium anisopliae* dan jamur *Cordyceps militaris* terhadap larva penggerek pucuk kelapa sawit *Oryctes rhinoceros* (Coleoptera: Scarabaeidae) di Laboratorium. *Jurnal Agroekoteknologi Fakultas Pertanian USU* 5(1): 32-41.
- Milner RJ, JA Staples & GG Lutton. 1997. The effect of humidity on germination and infection of termites by the hyphomycete, *Metarhizium anisopliae*. *Journal Invertebr* (69): 64–69.
- Mulyaningsih L. 2010. Aplikasi agensia hayati atau insektisida dalam pengendalian hama *Plutella xylostella* Linn dan *Crociodomia binotalis* Zell untuk peningkatan produksi kubis *Brassica oleracea* L. *Media Soerjo* 7(2): 91-111.
- Mulyono. 2007. Kajian patogenitas cendawan *Metarhizium anisopliae* terhadap hama *Oryctes rhinoceros* L. tanaman kelapa pada berbagai waktu aplikasi. *Tesis*. Surakarta: Program Pascasarjana Universitas Sebelas Maret.
- Nugrohorini. 2007. Uji toksisitas nematoda *Steinernema* sp. (Isolat Tulungagung) pada hama tanaman sawi *Brassica juncea* di Laboratorium. *Jurnal Pertanian Mapeta* 10 (1): 1-6.

- Nugrohorini. 2010. Eksplorasi nematoda entomopatogen pada beberapa wilayah di Jawa Timur. *Jurnal Pertanian MAPETA XII* (2): 72-144.
- Nuriyanti DD, Widhiono I, Suyanto A. 2016. Fakto-faktor ekologis yang berpengaruh terhadap struktur populasi kumbang badak *Oryctes rhinoceros* L. *Jurnal Biosfera* 33(1): 13-21.
- Poinar GO. 1990. *Taxonomy and biology of Steinernematidae and Heterorhabditidae*. CRC Press. Boca Raton.
- Poinar GO & Grewal PS. 2012. History of entomopathogenic nematology. *Journal Nematology* 44 (2): 153-161.
- Prabowo H. 2012. Pemanfaatan nematoda patogen *Steinernema* sp isolat Malang dan Nusa Tenggara Barat dalam pengendalian *Spodoptera litura* L. yang ramah lingkungan. *Jurnal Bumi Lestari* 12 (2): 350-356.
- Pracaya, 2004. *Hama Penyakit Tanaman*. Depok: Penebar Swadaya.
- Prayogo Y & W Tengkan. 2002. Pengaruh media tumbuh terhadap daya kecambah, sporulasi dan virulensi *Metarhizium anisopliae* (Metchinoff). *Jurnal Ilmiah Ilmu-ilmu Pertanian* 9(4):233-242.
- Prayogo Y, Tengkan. 2004. Upaya mempertahankan keefektifan cendawan entomopatogen untuk mengendalikan hama tanaman pangan. *Jurnal Litbang Pertanian* 25 (2): 36-40
- Prayogo Y, Wedanambi T & Marwoto. 2005. Pemanfaatan cendawan entomopatogen *Metarhizium anisopliae* untuk mengendalikan ulat grayak *Spodoptera litura* pada kedelai. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian* 94 (1): 19-26
- Pryaogo Y. 2006. Upaya mempertahankan keefektifan cendawan entomopatogen untuk mengendalikan hama tanaman pangan. *Jurnal Litbang Pertanian* 25 (2): 28-37.
- Pujiastuti, Y. 2010. Tingkat populasi dan kebugaran *Oryctes rhinoceros* L Coleoptera: Scarabaeidae di perkebunan kelapa sawit *Elaeis guineensis* Jacq. Dalam: *Prosiding Seminar Nasional Penelitian Bidang Pertanian*. Vol 2
- Purba RY. 2006. Sistem dan aplikasi pengendalian hama terpadu (PHT) pada tanaman kelapa sawit. Medan: Pusat Penelitian Kelapa Sawit.
- Putri RIP. 2016. Uji patogenitas jamur *Metarhizium anisopliae* terhadap mortalitas larva *Oryctes rhinoceros* L. *Skripsi*. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Rahardjo BT, Hagus Tarno & Liza Hafifah. 2014. Efikasi nematoda entomopatogen *Heterorhabditis* sp isolat lokal terhadap diamond back moth *Plutella xylostella*. *Jurnal HPT* 2 (2).

- Riostone U. 2010. *How Reaction Pesticide for pest in Chicago*. South Carolina: Clempsonuniversity.
- Rosmayuningsih A, BT Rahardjo & R Rachmawati. 2014. Patogenitas jamur *Metarhizium anisopliae* terhadap larva kepinding tanah *Stibaropus molginus* (Hemiptera: Cydnidae) dari beberapa formulasi. *Jurnal HPT* 2(2): 28-37.
- Saenong MS & Alfons JB. 2009. Pengendalian hayati hama penggerek batang jagung *Ostrinia furnacalis* Guenee (Lepidoptera: Pyralidae). *Jurnal Budidaya Pertanian*. 5(1): 1-10.
- Safitri M, Ratnasari E, Ambarwati R. 2013. Efektivitas *Steinernema sp* dalam pengendalian hama serangga tanah pada berbagai tekstur tanah. *LenteraBio* 2(1):25-31.
- Santoso S. 2001. *Mengolah Data Statistik secara Profesional dengan SPSS versi 10*. Jakarta: PT Elex Media Komputindo.
- Sapdi. 1999. Mortalitas nimfa *Nezara viridula* pada beberapa tingkat konsentrasi suspensi cendawan *Beauveria bassiana*. *Agrivita* 3:1.
- Setyamidjaja D. 2006. *Budidaya kelapa sawit*. Yogyakarta: Kanisius.
- Siahaya VG. 2014. Tingkat kerusakan tanaman kelapa oleh serangan *Sexava nubila* dan *Oryctes rhinoceros* di kecamatan Kairatu, kabupaten Seram Barat. *Jurnal Budidaya Pertanian* 10(2): 93-99
- Simamora LO, D Bakti, S Oemry & F Manik. 2013. Kajian epiziotik *Metarhizium anisopliae* pada larva tritip (*Plutella xylostella* L.) (Lepidoptera: Plutellidae) di rumah kaca. *Jurnal Online Agreokoteknologi* 1(2): 166-177.
- Strack BH. 2003. Biological control of termites by the fungal entomopathogen *Metarhizium anisopliae*. http://www.utoronto.ca/forest/termite/metani_1.htm [25 Juni 2017].
- Subagiya. 2005. Pengendalian hayati dengan nematoda entomogenus *Steinernema carpocapsae* (All) strain lokal terhadap hama *Crocidolomia binotalis* Zell. di Tawangmangu. *Agrosains* 7(1): 34-39.
- Sucipto. 2008. Persistensi nematoda entomopatogen *Heterorhabditis* (All Strain) isolate local Madura terhadap pengendalian rayap tanah *Macrotermes* sp. (Isoptera: Termitidae) di lapang. *Jurnal Embryo* 5(2): 193-208.
- Sucipto. 2009. Nematoda entomopatogen *Heterorhabditis* isolat lokal Madura sebagai pengendalian hayati penting tanaman hortikultura yang ramah lingkungan. *Agrovigor* 2 (1): 47-53.
- Sumartini Y, Prayogo SW, Indiati & S Hardaningsih. 2001. Pemanfaatan jamur *Metarhizium anisopliae* untuk pengendalian pengisap polong (*Riptortus linearis*) pada kedelai. Hlm 154–157.

- Susanti D. 2016. Uji keefektifan nematoda entomopatogen *Heterorhabditis* sp dan cendawan *Metharizium anisopliae* pada larva *Oryctes rhinoceros* L. *Skripsi*. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Susanto AS & AE Prasetyo. 2011. *Informasi Organisme Pengganggu Tanaman KumbangTanduk (Oryctes rhinoceros Linn)*. Pusat Penelitian Kelapa Sawit.
- Suyanto A, Srimurni E & Djuharyanto T. 2012. Perkembangan larva serangga hama kumbang badak (*Oryctes rhinoceros* L.) pada berbagai konsentrasi isolat nematoda entomopatogen *Heterorhabditis* sp. Dalam: *Prosiding Seminar Nasional*. Fakultas Pertanian & Fakultas Biologi Univeristas Jendara Soedirman. Purwokerto, 27-28 November 2012. Hlm: 13-17
- Tampubolon DY, Pangestiniingsih Y, Zahara F & Manik F. 2013. Uji patogenitas *Bacillus thuringiensis* dan *Metarhizium anisopliae* terhadap mortalitas *Spodoptera litura* Fabr (Lepidoptera: Noctuidae) di laboratorium. *Jurnal Online Agroekoteknologi*, 1(3): 783-793.
- Tanada & Kaya. 1993. *Entomopatogens Nematodes for Insect Controls in IPM System*. New York: Academic Press.
- Tiago PV, Oliveira & Lima I. 2014. Biological insect control using *Metarhizium anisopliae*: morphological, molecular and ecological aspects. *Centro de Ciências Biológicas (CCB)*. 44 (4): 645-651.
- Trizelia MY, Syahrawati & A Mardia. 2010. Patogenisitas beberapa isolat cendawan entomopatogen *Metarhizium* sp terhadap telur *Spodoptera litura* Fabricius (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal Entomologi Indonesia*. 8(1): 45-54.
- Uhan TS. 2008. Kemangkusan nematoda entomopathogen *Steinernema carpocapsae* terhadap hama penggerek umbi atau daun (*Phthorimae operculella* Zell) kentang. *Jurnal Hortikultura* 18 (1): 46-54.
- Wagiman FX, Triman B & Astuti RS. 2003. Keefektifan *Steinernema spp.* terhadap *Spodoptera exigua*. *Jurnal Pertanian Indonesia* 9:22-27.
- Warisno. 2003. *Budidaya Kelapa Genjah*. Yogyakarta: Kanisius. Hal 70-72.
- Weather and climate. 2016. Average, Monthly, Precipitation, Rainfall Jepara Central Java. <https://weather-and-climate.com/average-monthly-precipitation-Rainfall,jepara-central-java-id,Indonesia>. [22 Januari 2017]
- Widiyanti N & S Muyadihardja. 2004. Uji toksisitas jamur *Metarhizium anisopliae* terhadap nyamuk *Aedes aegypty*. *www.litbang.depkes.go.id*. Hal 25–30. [25 Maret 2016].
- Wiludjeng Widayati, 2007. Penggunaan nematoda entomopatogen *Steinernema carpocapsae* (All Strain) dan tanaman sela bawang merah dalam pengendalian hama pada tanaman kubis. *Jurnal Pertanian Mapeta* 10(1): 60-65.

- Windarti PW. 2010. The effect of *Metarhizium anisopliae* fungi on mortality of *Aedes aegypti* larvae. *Jurnal Natural* 10(1):31-35.
- Wiratno & Rohimatun. 2012. Patogenisitas nematoda *Heterorhabditis sp* terhadap kumbang daun kelapa *Brontispa longissima* Gestro. *Jurnal Littri* 18(4): 137-142.
- Yanti I. 2013. Pengaruh jamur entomopatogen *Metarhizium anisopliae* terhadap mortalitas serangga penyerbuk *Trigona sp.* Skripsi. Bandung: Univeristas Islam Negeri Sunan Gunung Djati.
- Yanti I. 2013. Pengaruh jamur entomopatogen *Metarhizium anisopliae* terhadap mortalitas serangga penyerbuk *Trigona sp.* Skripsi. Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati. Bandung
- Yasmin Y & Fitri L. 2010. The effect of *Metarhizium anisopliae* fungi on mortality of *Aedes aegypti* larvae. *Jurnal Natural* 10(1): 31-35.
- Zahro'in E. 2010. Nematoda entomopatogen APH mematikan tapi ramah lingkungan. <http://ditjenbun.deptan.go.id> (16 Agustus 2017).
- Zhong B, LüChaoJun D, Wang W, Qin HL, and Z. Wang. 2013. Biological and morphological observations on *Oryctes rhinoceros* (Coleoptera: Dynastidae) in the laboratory. *Acta Entomologica Sinica*. 56(2):167-172.