



**Keefektifan Nematoda Entomopatogen
Heterorhabditis sp dan Cendawan *Metharizium anisopliae*
pada Mortalitas Larva *Oryctes rhinoceros* L**

Skripsi

disusun sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Sain Biologi

oleh
Dwi Susanti
4411412036

**JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2016**

PERNYATAAN

Saya menyatakan dengan sebenar- benarnya bahwa skripsi saya yang berjudul "Keefektifan Nematoda Entomopatogen *Heterorhabditis* sp dan Cendawan *Metarhizium anisopliae* pada Mortalitas Larva *Oryctes rhinoceros* L" disusun berdasarkan hasil penelitian saya dengan arahan dosen pembimbing. Sumber informasi atau kutipan yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi. Skripsi ini belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar dalam program sejenis di perguruan tinggi manapun.

Semarang, 26 Agustus 2016



Dwi Susanti

4411412036

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul

“Keefektifan Nematoda Entomopatogen *Heterorhabditis* sp dan Cendawan *Metarhizium anisopliae* pada Mortalitas Larva *Oryctes rhinoceros* L”

disusun oleh

Dwi Sušanti

4411412036

telah dipertahankan di hadapan sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang pada tanggal 2 September 2016.



Prof. Dr. Zaenari, S.E., M.Si., Akt.
NIP. 195412231988031001

Sekretaris

Dra. Endah Pemiati, M.Si.
NIP. 19651116119032001

Penguji Utama

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

Anggota Penguji/
Pembimbing I

Prof. Dr. Ir. V. Widyaningrum, M.S.
NIP. 196004191986102001

Anggota Penguji/
Pembimbing II

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

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

Sesuatu mungkin mendatangi mereka yang mau menunggu, namun hanya didapatkan oleh mereka yang bersemangat mengejarnya (Abraham Lincoln).

PERSEMBAHAN

Dengan bangga Skripsi ini kupersembahkan untuk :

1. Ayahku Ruskan dan Ibuku Riyanti yang selalu memberi dukungan, semangat, doa dan kesabaran dalam mendidik dan membesarkanku.
2. Almamaterku tercinta.
3. Dan semuanya yang telah memberikan motivasi dan menemani proses penyusunan Skripsi ini.

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

ABSTRAK

Susanti, Dwi. 2016. Keefektifan Nematoda Entomopatogen *Heterorhabditis* sp dan Cendawan *Metarhizium anisopliae* pada Larva *Oryctes rhinoceros* L. Skripsi, Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang. Dr. Ir. Dyah Rini Indriyanti, M.P dan Prof. Dr. Ir. Priyantini Widiyaningrum, M.S.

Desa Jeruk Wangi merupakan salah satu desa penghasil buah kelapa di kecamatan Bangsri, Jepara, namun beberapa waktu terakhir produksi kelapa mengalami penurunan akibat serangan hama *Oryctes rhinoceros* L. Upaya pengendalian yang telah dilakukan adalah dengan menggunakan pestisida sintetik, jaring dan feromon namun belum menunjukkan hasil yang efektif. Penelitian ini dilakukan karena informasi penelitian yang menggabungkan *M. anisopliae* dan NEP untuk mengendalikan serangan *O. rhinoceros* pada tanaman kelapa belum banyak dilakukan di Indonesia, sehingga perlu dilakukan penelitian perlakuan gabungan *M. anisopliae* dan NEP untuk mengetahui apakah dapat menghasilkan kombinasi yang lebih efektif pada skala lapang. NEP yang digunakan merupakan pestisida nabati komersial berbentuk cair yang dikemas dalam media spon berisi 10×10^6 juvenil infektif (JI). NEP kemudian diencerkan ke dalam tiga varian dosis yaitu dengan pengenceran 14 liter/ bungkus ($7,1 \cdot 10^6$ JI), 7 liter/ bungkus ($14,2 \cdot 10^6$ JI) dan 3,5 liter/ bungkus ($28,6 \cdot 10^6$ JI). NEP lalu di siramkan kedalam media yang telah diisi dengan larva masing- masing sebanyak 1 liter. MET yang digunakan adalah MET komersial yang telah diawetkan dalam media kaolin dengan kerapatan spora $1,81 \times 10^8$ kon/gr dan viabilitas spora 94%. Dosis perlakuan MET adalah 1,2 dan 4 gr/ pot. Penelitian menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) 4 perlakuan dan 6 ulangan, setiap ulangan terdiri dari 10 ekor larva. perlakuan terdiri dari kombinasi M1N14 (P1), M2N7 (P2), M4N3,5 (P3) dan kontrol (P4). Hasil pengamatan pada minggu keenam menunjukkan bahwa dosis MET&NEP yang mematikan larva sebanyak 100% adalah pada dosis M2N7. Dosis M1N14 sebanyak 91%, M4N3,5 sebanyak 98% dan kontrol 13%. Hasil uji *one way* ANOVA dengan $db= 3$ menunjukkan bahwa nilai F hitung sebesar 11, 186 dengan sig 0, 000 artinya bahwa pemberian kombinasi MET& NEP berpengaruh signifikan terhadap mortalitas larva *O. rhinoceros*. Berdasarkan hasil analisis dapat ditarik kesimpulan bahwa dosis yang efektif mengendalikan larva *O. Rhinoceros* adalah pada dosis kombinasi MET 2gr dan NEP pada pengenceran 7 liter/bungkus.

Katakunci: Dosis efektif, Larva, MET, NEP, *O. rhinoceros* L.

PRAKATA

Puji syukur Penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat dan anugerah-Nya, sehingga Penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul: “Keefektifan Nematoda Entomopatogen *Heterorhabditis* sp dan Cendawan *Metarhizium anisopliae* pada Mortalitas Larva *Oryctes rhinoceros* L”. Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian payung Dr. Ir. Dyah Rini Indriyanti, M.P.

Penyusunan Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana sains Program Studi Biologi Universitas Negeri Semarang.

Dibalik terselesaikannya skripsi ini, Penulis dengan segala kerendahan hati ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Rektor Universitas Negeri Semarang yang telah memberikan kesempatan untuk menyelesaikan studi strata 1 Jurusan Biologi FMIPA Unnes.
2. Dekan FMIPA Universitas Negeri Semarang yang telah member ijin untuk melaksanakan penelitian.
3. Ketua Jurusan Biologi FMIPA Universitas Negeri Semarang Dra. Endah Peniati, M.Si.yang telah memberikan kemudahan dan kelancaran dalam menyelesaikan skripsi ini.
4. Dr. Ir. Dyah Rini Indriyanti, M.P. dan Prof. Dr. Ir. Priyantini Widiyaningrum, M.S. sebagai dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan dalam penulisan skripsi ini.

5. Dr. Ning Setiati, M.Si. sebagai dosen penguji yang berkenan menelaah dan memberikan masukan yang sangat berarti dalam penulisan skripsi ini.
6. Ir. Nana Kariada. T.M., M.Si. sebagai dosen wali yang sangat perhatian dan penuh kesabaran mengarahkan untuk segera menyelesaikan skripsi ini.
7. Semua pihak di Laboratorium Jurusan Biologi UNNES yang sudah banyak membantu penulis dalam melaksanakan penelitian ini.
8. Bapak Ja'I, Bapak Yanto dan semua saudara di Jepara yang sudah banyak membantu penulis dalam melaksanakan penelitian ini.
9. Semua pihak di Dinas Balai Proteksi Tanaman Perkebunan BPT-BUN Salatiga yang sudah banyak membantu penulis dalam melaksanakan penelitian ini.
10. Seluruh staf dan pengajar Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang yang telah memberikan bantuan dan ilmu pengetahuan.
11. Kedua orangtuaku, Bapak Ruskan dan Ibu Riyanti dan semua keluarga besar yang selalu mendoakan dan memberikan semangat kepada penulis untuk segera menyelesaikan skripsi ini.
12. Getar Agil Apriyanto, yang tidak pernah lelah mendukung dan memberikan semangat serta dengan sabar setia mendampingi penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

13. Sahabat tercinta Leli, Nila, Lita, Bang Apip, Wisnu, Wawan, Rohma, Hasti, Saba'na, Bayu, Ria, Risma, Rika, Nami, Siska, Mia, Dini, Yuli, Ikhsana, Rofi, Kak Queen, Rahma, Rina, Restu yang selalu memberikan motivasi dan semangat tiada henti.
14. Keluarga besar Biologi angkatan 2012, teman- teman KKN serta teman-teman kos Deni 2 dan Kos Griya Savitri yang selalu memberikan motivasi dan dukungan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
15. Almamaterku tercinta, Universitas Negeri Semarang dan semua pihak yang turut membantu dalam penyelesaian skripsi ini yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

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

Semarang, 26 Agustus 2016

UNNES
Penulis
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR KEASLIAN SKRIPSI	ii
PENGESAHAN	iii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	iv
ABSTRAK	v
PRAKATA	vi
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Penegasan Istilah	5
1.4 Tujuan Penelitian	6
1.5 Manfaat Penelitian	6
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA DAN HIPOTESIS	
2.1 Tinjauan Pustaka	7
2.1.1 Nematoda Entomopatogen <i>Heterorhabditis</i> sp.	7
2.1.2 <i>Metarhizium anisopliae</i>	10
2.1.3 <i>Oryctes rhinoceros</i> L	14

	Halaman
2.2 Penelitian Terkait	17
2.3 Hipotesis	19
BAB 3 METODE PENELITIAN	
3.1 Lokasi dan Waktu	20
3.1.1 Lokasi	20
3.1.2 Waktu	20
3.2 Populasi dan Sampel	20
3.2.1 Populasi	20
3.2.2 Sampel	20
3.3 Variabel	20
3.4 Rancangan Penelitian	21
3.5 Alat dan Bahan	21
3.5.1 Alat	21
3.5.2 Bahan	21
3.6 Prosedur Penelitian	22
3.7 Data dan Metode Pengumpulan Data	25
3.7.1 Data	25
3.7.2 Metode Pengumpulan Data	26
3.8 Metode Analisis Data	26
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	27
BAB 5 PENUTUP	37
5.1 Simpulan	37

	Halaman
5.2 Saran	37
DAFTAR PUSTAKA	38
LAMPIRAN	43



DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1. Nematoda entomopatogen (a) Morfologi (b) Bagian anterior	7
2.2. Hasil uji Postulat Koch	11
2.3. Foto mikroskopis jamur <i>M. anisopliae</i>	11
2.4. Larva mati yang tertutup spora <i>Metarhizium</i>	13
2.5. Imago <i>Oryctes rhinoceros</i>	14
2.6. Siklus hidup <i>Oryctes rhinoceros</i>	16
2.7. Bentuk potongan dari <i>Oryctes rhinoceros</i> pada pucuk tanaman kelapa	17
4.1. Persentase Mortalitas Larva <i>Oryctes rhinoceros</i> akibat perlakuan NEP dan MET	27
4.2. Morfologi larva yang terinfeksi MET	29
4.3. Konidia MET	32
4.4. Morfologi larva yang terinfeksi NEP	32
4.5. Morfologi larva yang terinfeksi MET& NEP	32
4.6. NEP	34
4.7. Larva yang telah berubah menjadi pupa	35

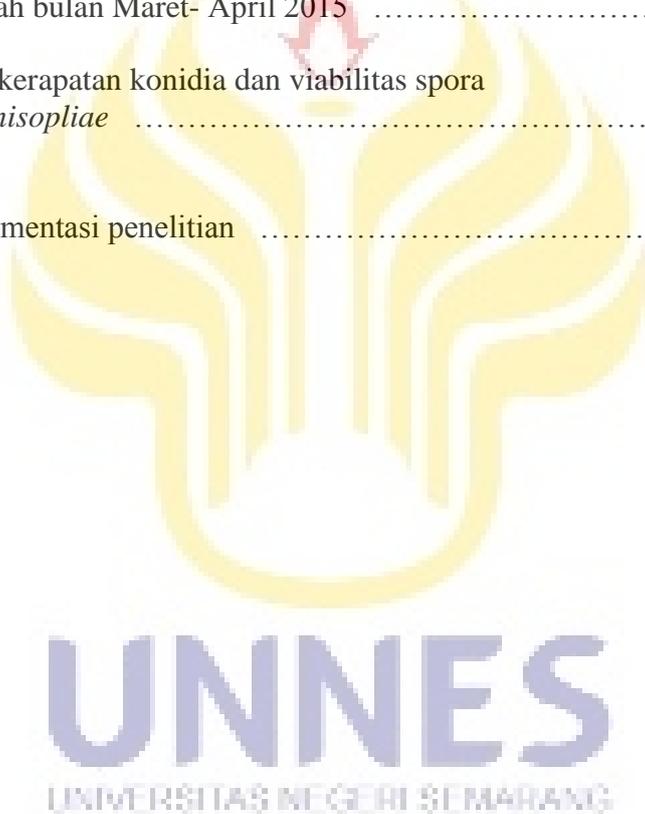
DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
4.1. Hasil Uji Beda terhadap Mortalitas Larva <i>O. rhinoceros</i> pada Minggu Ketiga	28



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Perhitungan mortalitas larva <i>O. rhinoceros</i>	43
2. Ringkasan hasil uji normalitas, homogenitas, dan One Way ANOVA data mortalitas larva <i>O. rhinoceros</i>	45
3. Data suhu, kelembapan udara, intensitas cahaya, dan intensitas hujan di desa Jeruk Wangi, Bangsri, Jepara, Jawa Tengah bulan Maret- April 2015	48
4. Data kerapatan konidia dan viabilitas spora <i>M. Anisopliae</i>	50
5. Dokumentasi penelitian	52



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertanian merupakan suatu bidang usaha yang cukup berpengaruh di dalam kehidupan masyarakat Indonesia. Di daerah Jepara, Jawa Tengah, pertanian merupakan bidang usaha yang cukup berpengaruh disamping bidang usaha ukir yang sudah menjadi ciri dari kota tersebut. Salah satu bidang pertanian yang ada di kabupaten Jepara adalah perkebunan kelapa. Desa Jeruk Wangi merupakan salah satu desa yang termasuk kedalam wilayah kecamatan Bangsri kabupaten Jepara. Masyarakat di desa Jeruk Wangi sebagian besar memiliki beberapa pohon kelapa di pekarangan rumah maupun di kebun tersendiri. Masyarakat di desa ini banyak menanam dan memanfaatkan tanaman kelapa dalam kehidupan sehari-hari. Selain buah, masyarakat juga memanfaatkan batang pohon kelapa untuk membuat kandang untuk ternak, namun dalam beberapa waktu terakhir ini, dilaporkan adanya serangan hama *Oryctes rhinoceros* L (*O. rhinoceros*), yang menyebabkan menurunnya hasil panen kelapa secara drastis. Hal tersebut diketahui dari hasil wawancara dengan ketua kelompok tani di Desa Jeruk Wangi Kabupaten Jepara yang mengatakan bahwa hasil panen buah kelapa turun sekitar 64%.

Pada awal tahun 2015, dilakukan penebangan pohon kelapa besar-besaran pada sebuah perkebunan. Lahan yang telah kosong ini kemudian digunakan sebagai tempat untuk mendirikan rumah penduduk. Sisa- sisa

penggajian atau sersah penggajian merupakan tempat yang paling cocok untuk tempat hidup larva *O. rhinoceros*. Hal ini merupakan salah satu penyebab meningkatnya serangan hama *O. rhinoceros*. Upaya pengendalian yang telah dilakukan adalah dengan menggunakan pestisida sintetik, jaring dan feromon namun belum menunjukkan hasil yang efektif karena tingkat penurunan panen kelapa masih di atas 60%.

Hama kumbang badak (*O. rhinoceros*) termasuk serangga dari ordo Coleoptera, famili Scarabidae dan genus Oryctes. Hama *O. rhinoceros* berkembang biak pada tumpukan bahan organik yang sedang mengalami proses pelapukan. Imago akan menggerek pucuk tanaman kelapa sehingga dapat menghambat pertumbuhan tanaman, bahkan apabila serangannya berat dapat mematikan tanaman. Pada areal peremajaan tanaman kelapa, serangan hama ini dapat mengakibatkan tertundanya masa produksi kelapa dan tanaman yang mati dapat mencapai 52% (Jackson & Klein, 2006).

Seiring dengan berkembangnya ilmu pengetahuan, penggunaan pestisida sintetik mulai diminimalkan dan para peneliti berusaha menggunakan agen hayati sebagai pengendali hama pada tanaman. Hal ini juga didukung dengan tindakan pengendalian yang sesuai dengan Undang-undang No. 12 Tahun 1992 tentang Sistem Budidaya Tanaman dan Peraturan Pemerintah No. 6 Tahun 1995 tentang Perlindungan Tanaman, harus dilakukan dengan pengendalian hama terpadu (PHT), yaitu strategi/ taktik untuk mengurangi atau meniadakan penggunaan pestisida sintetik dengan melibatkan beberapa macam metode pengendalian lain yang dipadukan

dengan serasi. Salah satu metode yang digunakan adalah metode pengendalian biologi (hayati) (Dinas Perkebunan provinsi Jawa Tengah, 2007).

Pengendalian hayati merupakan alternatif pengendalian yang dapat dilakukan tanpa harus mengkhawatirkan pengaruh negatif terhadap lingkungan dan sekitarnya. Pengendalian hayati ini dapat dilakukan dengan memanfaatkan agen hayati seperti virus, jamur atau cendawan dan bakteri. Salah satu cendawan yang dapat dimanfaatkan sebagai agen hayati adalah *Metarhizium anisopliae*. Berbagai informasi tentang penggunaan *M. anisopliae* untuk pengendalian hama telah banyak dilaporkan. Strack (2003) melaporkan bahwa *M. anisopliae* juga dapat menginfeksi beberapa jenis serangga hama lain dari ordo Coleoptera, Isoptera, Homoptera dan Hemiptera. Hasil penelitian Haryuni (2014) membuktikan bahwa dengan dosis *M. anisopliae* 16 kg/ha dapat mengurangi jumlah uret tebu yang ditemukan di lahan sampel perlakuan di desa Pejagran, Glagah, Kecamatan Purwodadi Kabupaten Purworejo. Marheni *et al* (2011) mengatakan dengan dosis 20 gr/ 715,33cm³ *M. anisopliae* dalam media jagung mampu mematikan larva *O. rhinoceros* pada tanaman kelapa sawit dalam waktu 21 hari setelah perlakuan dalam skala laboratorium.

Upaya pengendalian hayati lainnya adalah memanfaatkan nematoda entomopatogen (NEP) yang merupakan mikroorganisme di dalam tanah. NEP telah terbukti dapat membunuh atau menghambat perkembangan serangga. Hasil penelitian yang pernah dilakukan menunjukkan nematoda

entomopatogen efektif untuk mengendalikan serangga hama yang selama atau sebagian hidupnya di dalam tanah, misalnya *Spodoptera litura* F (Suyanto, 2003). Penelitian yang dilakukan oleh Wiratno (2012) terhadap *Heterorhabditis* sp. menunjukkan efektivitas NEP dalam mengendalikan hama pemakan daun kelapa *B. longissima* khususnya pada stadia larva dan imago. Kepadatan optimal NEP untuk mengendalikan *B. longissima* adalah 3.500 JI/ ml air.

Khairunnisa *et al.*, (2014) membuktikan bahwa dengan dosis NEP 250JI/ml mampu mematikan larva *O. rhinoceros* dalam waktu 24 jam setelah aplikasi yang di lakukan dalam skala laboratorium. Sucipto (2009) mengatakan bahwa NEP *Heterorhabditis* sp. isolat lokal Madura dapat memberikan alternatif pengendalian hayati yang lebih ramah dan aman bagi lingkungan serta mengurangi pemakaian pestisida sintetik berpotensi menyebabkan polusi bagi lingkungan.

Hasil penelitian yang mengungkap pemanfaatan *M. anisopliae* dan NEP untuk mengendalikan serangan *O. rhinoceros* pada tanaman kelapa telah banyak dilakukan namun masih belum banyak yang mencoba untuk menggabungkan antara *M. anisopliae* dan NEP untuk mengendalikan serangan hama tersebut. Ansari *et al.*, (2008) melakukan penelitian gabungan menggunakan NEP *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar (Heterorhabditidae), *Steinernema feltiae* Bovien, dan *Steinernema kraussei* Steiner (Steinernematidae) dan *M. anisopliae* pada pengendalian *Otiorynchus sulcatus* Fabricius (Coleoptera: Curculionidae). Penelitian

tersebut dilakukan secara terkontrol pada skala laboratorium dan green house di Swansea University, Singleton Park, Swansea SA2 8PP, United Kingdom. Penelitian tersebut membutuhkan waktu 2 minggu untuk mencapai mortalitas larva dengan persentase 100%. Di Indonesia informasi penelitian yang menggabungkan *M. anisopliae* dan NEP untuk mengendalikan serangan *O. rhinoceros* pada tanaman kelapa belum ditemukan, sehingga perlu dilakukan penelitian perlakuan gabungan *M. anisopliae* dan NEP untuk mengetahui apakah dapat menghasilkan kombinasi yang lebih efektif pada skala lapang.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang diteliti dalam penelitian ini adalah berapa dosis efektif kombinasi NEP *Heterorhabditis* sp. dan *M. anisopliae* (MET) terhadap mortalitas larva *O. rhinoceros* ?

1.3 Penegasan Istilah

1. *Metarhizium anisopliae* (MET) merupakan spesies cendawan entomopatogen yang dapat menyerang *O. rhinoceros* L dengan cara menginfeksi larva. MET yang digunakan dalam penelitian ini merupakan cendawan yang telah dikemas dan diawetkan di dalam media kaolin yang diperoleh dari Balai Proteksi Tanaman Perkebunan (BPT- Bun) Salatiga.
2. Nematoda entomopatogen (NEP) yang dimaksud dalam penelitian adalah jenis *Heterorhabditis* sp yang diperoleh dari Laboratorium Jurusan HPT, Fakultas Pertanian Universitas Jember yang telah dikemas dalam formulasi spons.

3. Larva (*Oryctes rhinoceros* L.) merupakan larva kumbang badak yang umumnya menyerang tanaman kelapa. Di dalam penelitian ini, *O. rhinoceros* yang digunakan yaitu stadium larva instar 3, dengan ukuran panjang dari ujung caput sampai ujung abdomen 7- 10 cm, dengan berat 9- 11 gram per ekor. Larva *O. rhinoceros* tersebut diperoleh dari area perkebunan kelapa di daerah Jeruk Wangi, Jepara, Jawa Tengah.
4. Pada penelitian ini yang dimaksud efektif jika dosis kombinasi NEP dan *M. anisopliae* dapat menyebabkan kematian larva *O. rhinoceros* dalam kurun waktu yang paling singkat.

1.4 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui dosis yang efektif dari kombinasi NEP *Heterorhabditis* sp. dan *M. anisopliae* (MET) terhadap larva *O. rhinoceros*.

1.5 Manfaat

1. Hasil penelitian ini dapat dijadikan dosis rekomendasi dalam penggunaan kombinasi NEP *Heterorhabditis* sp. dan *M. anisopliae* (MET) dalam proses pengendalian larva *O. rhinoceros* di Jepara.
2. Penggunaan kombinasi NEP *Heterorhabditis* sp. dan *M. anisopliae* (MET) diharapkan dapat menekan pertumbuhan hama *Oryctes rhinoceros* yang menyerang tanaman kelapa di Kabupaten Jepara, Jawa Tengah.

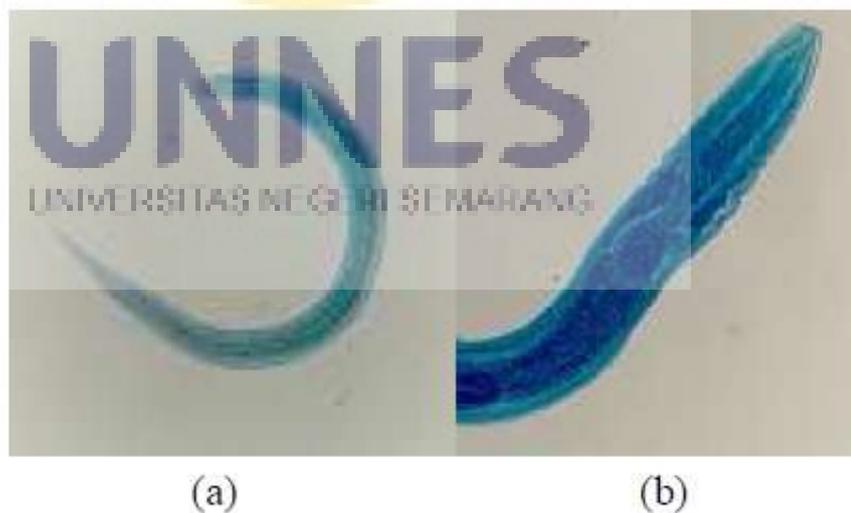
BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA DAN HIPOTESIS

2.1 Tinjauan Pustaka

2.1.1 Nematoda Entomopatogen *Heterorhabditis* sp.

Nematoda entomopatogen (NEP) secara morfologi menunjukkan tubuh berbentuk seperti cacing, transparan, tubuh diselubungi oleh kutikula, mempunyai ekor yang runcing dan tidak memiliki stilet (Gambar 2.1a). Hasil pengamatan morfologi bagian anterior, didapatkan dua ciri-ciri yaitu kepala halus tidak bertanduk atau tidak berkait dan kepala memiliki kait. NEP yang memiliki kepala halus dan tidak berkait adalah nematoda genus *Steinernema*. Nematoda yang memiliki kait pada bagian anterior adalah nematoda genus *Heterorhabditis* (Gambar 2.1b) (Afifah *et al.*, 2013).



Gambar 2.1. Nematoda entomopatogen (a) Morfologi (b) Bagian anterior dengan perbesaran 400x (Afifah *et al.*, 2013)

Heterorhabditis sp. hidup bersimbiose mutualisme dengan bakteri gram negatif dari famili Enterobacteriaceae dan membawa satu spesies bakteri simbion bernama *Photorhabdus luminescens*, bakteri simbion yang hidup di dalam saluran pencernaan nematoda dalam kondisi dorman. Penetrasi nematoda ke dalam *hemocoel* serangga dilakukan pada stadia infeksi, yaitu *Juvenile Infective* (JI), melalui mulut, anus, spirakel, atau langsung menembus kutikula (Poinar, 1990). Bakteri simbion tersebut akan aktif dan berkembang biak pesat setelah nematoda menginfeksi tubuh inangnya. Setelah mencapai *hemocoel* dalam satu jam, *Heterorhabditis* sp. mengaktifkan sistem pencernaannya dan melepaskan sel-sel bakteri simbion yang dibawanya kemudian berkembang biak dalam hemolimfa serangga sambil memproduksi racun untuk melawan sistem kekebalan tubuh inangnya (Chaerani *et al.*, 2001).

Kematian serangga inang banyak diakibatkan oleh toksin yang dikeluarkan oleh bakteri. Bakteri akan berkembang secara cepat dalam tubuh serangga inang yang telah mati dan menggunakannya sebagai nutrisi. Nematoda pada prinsipnya adalah memakan bakteri tersebut. Nematoda akan berkembang dari generasi ke generasi pada inang yang sama, sampai populasi menjadi padat dan nutriennya menjadi rendah, dan pada saat yang sama juvenil akan keluar dari serangga inangnya untuk menemukan kembali serangga inang yang baru. Serangga inang yang mati diakibatkan oleh *Heterorhabditis*

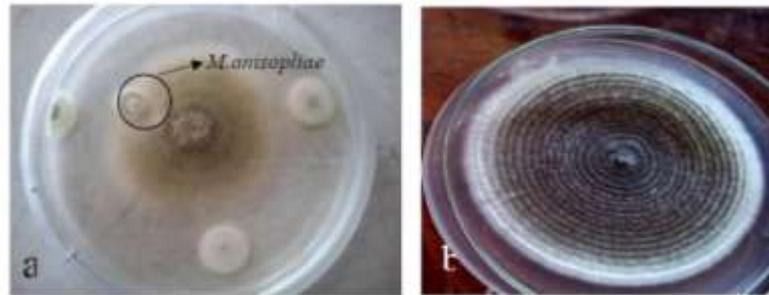
Phororhabdus dapat dikenali dengan adanya perubahan warna menjadi orange atau merah, dikarenakan pigmen yang dihasilkan oleh bakteri dan serangga inang yang mati (*cadaver*) dapat memendarkan cahaya (*luminesce*) pada waktu yang pendek (Sunardi *et al.*, 2013).

Hubungan antara nematoda dan bakteri ini bersifat mutualistik karena kedua mendapatkan keuntungan dari hubungan tersebut. Meskipun nematoda dapat membunuh serangga inang tanpa adanya bakteri, akan tetapi mereka akan sangat lambat, atau tidak akan dapat bereproduksi tanpa memakan bakteri yang mensuplai nutrisi seperti sterol. Dengan bakteri, serangga inang akan terbunuh secara cepat dan *cadaver* akan terjaga dari bakteri lain karena adanya antibiotik yang diproduksi oleh bakteri. Hubungan dengan nematoda bagi bakteri adalah karena mereka tidak bisa menyebar, mencari inang dan menginvasi tubuh serangga, oleh sebab itu nematoda membawa bakteri ke serangga inang (Sunardi *et al.*, 2013).

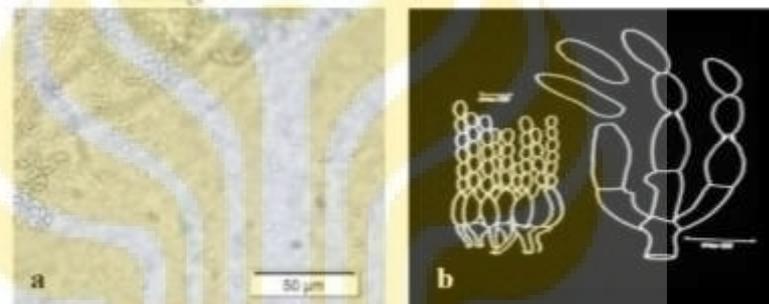
Sebagai agen hayati, nematoda entomopatogen (*Heterorhabditis*) memiliki keunggulan dalam mengendalikan serangan sasaran. Berbagai keunggulan yang dimiliki *Heterorhabditis* tersebut adalah: a). Memiliki kisaran inang yang luas, b). Mampu membunuh serangga inang dengan cepat (48 jam), c). Dapat dibiakkan dalam media buatan, d). Stadium infektifnya dapat bertahan lama, e). Tidak menimbulkan resistensi pada inang, f). Benar-benar aman bagi lingkungan (Sucipto, 2009).

2.1.2 *Metarhizium anisopliae*

M. 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 (Lee & Hou, 1989) dalam Prayogo, *et al* (2005). Pada awal pertumbuhan di dalam media PDA hasil Postulat Koch yang disebutkan oleh Rosmayuningsih *et al* (2014), koloni cendawan berwarna putih (Gambar 2.2a) kemudian berubah menjadi hijau gelap dengan bertambahnya umur (Gambar 2.2b). Koloni dapat tumbuh dengan cepat pada beberapa media seperti *potato dextrose agar* (PDA), jagung, dan beras (Prayogo & Tengkan, 2002a). Gambar mikroskopis *M. anisopliae* memperlihatkan miselium bersekat, dengan 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 2.3a) dan digambarkan jelas melalui gambar literatur (Gambar 2.3b) (Rosmayuningsih *et al.*, 2014). Temperatur optimum untuk pertumbuhan *M. anisopliae* berkisar 22- 27 $^{\circ}$ C (Roddam& Rath, 1997) dalam (Prayogo *et al.*, 2005), walaupun beberapa laporan menyebutkan bahwa cendawan masih dapat tumbuh pada temperatur yang lebih dingin (Bidochka *et al.*, 2000). Konidia akan membentuk kecambah pada kelembapan di atas 90% (Millstein *et al.*, 1983).



Gambar 2.2. Hasil Uji Postulat Koch : a. Hasil Postulat Koch jamur *M. anisopliae* dari *S. molginus* ke media PDA ; b. Isolat murni *M. anisopliae* pada media PDA (Rosmayuningsih *et al.*, 2014).



Gambar 2.3. a: Foto mikroskopis jamur *M. anisopliae* ; b. Gambar literatur jamur mikroskopis *M. anisopliae* (Rosmayuningsih *et al.*, 2014).

M. anisopliae merupakan salah satu dari sekian jenis jamur parasitik pada serangga dan telah banyak dikaji pemanfaatannya sebagai agen pengendali hayati hama tanaman antara hama uret, lalat buah, ulat, wereng, belalang. Beberapa inang utama *M. anisopliae* ini antara lain ulat jengkal pada tanaman teh (*Ectropis bhurmitra*); hama wangwung *O. rhinoceros* pada tanaman kelapa (Susanto *et al.*, 2006); *Anastrepha ludens*, Diptera (Roberto *et al.*, 2000), *Holotrichia serrata* (Manisegaran *et al* 2011). Trizelia *et al* (2011) melaporkan bahwa *M. anisopliae* dapat menginfeksi telur *Spodoptera litura* hingga 75

persen; dan 87,75 persen pada wereng coklat (Rosmini & Lasmini, 2010).

Hasil penelitian dari Trizelia *et al* (2010) *M. anisopliae* mampu mengendalikan hama pada tanaman kubis (*Crocidolomia pavonana*) dengan sifat virulensi dari jamur tersebut. *M. anisopliae* dapat dijadikan sebagai salah satu agen hayati pengendalian serangga, baik serangga yang menyerang tanaman maupun organisme antagonis yang ada di dalam tanah. Jamur ini dapat menyebabkan penyakit bila menginfeksi serangga, sehingga dapat menurunkan populasi serangga hama dalam suatu areal pertanian.

Penelitian tentang pemanfaatan *M. anisopliae* sebagai agen pengendali hama telah berkembang sejak tahun 1970-an, bahkan metode perbanyakan telah dikembangkan untuk menghasilkan inokulum yang diaplikasikan di lapangan (Harjaka *et al.*, 2011). *M. anisopliae* disebutkan memiliki kisaran inang yang cukup luas, akan tetapi memiliki spesifikasi inang. Isolat *M. anisopliae* yang menginfeksi *O. rhinoceros* tidak mampu menginfeksi uret *Lepidiota stigma*, akan tetapi isolat dari uret *Phyllophaga helleri* bisa menginfeksi telur, uret instar kesatu dan bahkan instar ketiga *L. stigma*.

Menurut Ferron (1985) mekanisme infeksi larva oleh MET melalui 4 tahap. Tahap yang pertama adalah inokulasi, yaitu kontak antara propagul cendawan dengan tubuh serangga. Propagul MET

berupa konidia karena MET merupakan cendawan yang berkembang biak secara tidak sempurna. Tahap kedua adalah proses penempelan perkecambahan propagul cendawan pada integumen serangga. Tahap ketiga adalah penetrasi dan invasi. Pada waktu penetrasi menembus integumen serangga, cendawan akan membentuk tabung kecambah (*apresorium*). Lama proses penetrasi dipengaruhi oleh morfologi integumen serangga. Tahap keempat adalah destruksi pada titik penetrasi dan terbentuknya blastospora yang kemudian beredar ke dalam hemofilia dan membentuk hifa sekunder untuk menyerang jaringan lainnya. Senyawa enzim yang dikeluarkan oleh MET adalah lipase, kitinase, amylase, proteinase, pospatase, dan esterase.

Adapun larva yang terserang *M. anisopliae* menjadi lemas dan mati kaku. Miselium cendawan berwarna putih kemudian tumbuh dan muncul ke seluruh permukaan integumen serangga yang mati dalam rentang 2- 3 hari, dan beberapa hari kemudian seluruh permukaan integumen tersebut tertutup spora *M. anisopliae* berwarna hijau (Gambar 2.4) (Hamid *et al.*, 2005).



Gambar 2.4. Larva mati yang tertutup spora *Metarhizium* (Hamid *et al.*, 2005).

2.1.3 *Oryctes rhinoceros*

O. rhinoceros merupakan hama yang menyerang tanaman kelapa sawit di Indonesia. *O. rhinoceros* menggerek pucuk kelapa sawit yang menyebabkan terhambatnya pertumbuhan dan rusaknya titik tumbuh tanaman kelapa sehingga tanaman kelapa akan mati (Susanto *et al.*, 2011).

Menurut Purba (2005), *O. rhinoceros* ini berukuran 40- 50 mm, berwarna coklat kehitaman, pada bagian kepala terdapat tanduk kecil. Pada ujung perut yang betina terdapat bulu- bulu halus, sedangkan pada jantan tidak berbulu (Gambar 2.5). Kumbang menggerek pupus yang belum terbuka mulai dari pangkal pelepah, terutama pada tanaman muda diareal peremajaan.



Gambar 2.5. Imago *O. rhinoceros* (Susanto *et al.*, 2011).

Menurut Susanto *et al* (2011) Klasifikasi hama *O. rhinoceros* ini adalah sebagai berikut:

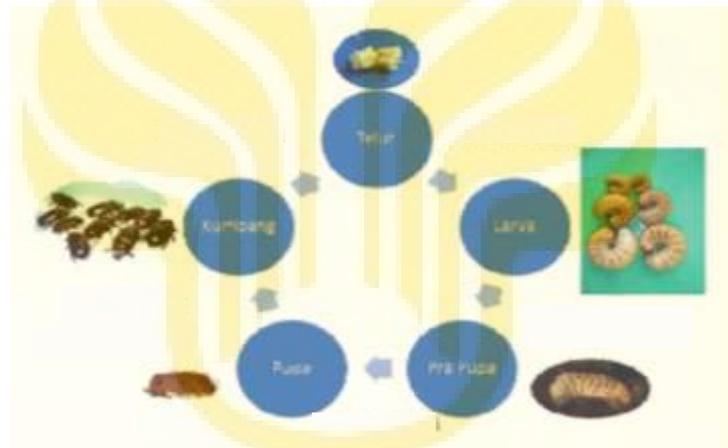
Kingdom : Animalia

Phylum : Arthropoda
Class : Insecta
Ordo : Coleoptera
Family : Scarabidae
Sub family : Dynastinae
Genus : Oryctes
Species : *Oryctes rhinoceros* L.

Siklus hidup kumbang tanduk bervariasi tergantung pada habitat dan kondisi lingkungannya. Musim kemarau yang panjang dengan jumlah makanan yang sedikit akan memper lambat perkembangan larva serta ukuran dewasa yang lebih kecil dari ukuran normal. Suhu perkembangan larva yang sesuai adalah 27°C- 29°C dengan kelembapan relatif 85- 95% (Bedford, 1980).

Imago betina kumbang ini dapat bertelur 3 sampai 4 kali selama hidupnya dengan jumlah telur 30 butir dalam sekali bertelur (Allorerung & Hosang, 2003). Telur berwarna putih kekuningan dengan diameter 3 mm. Bentuk telur biasanya oval kemudian mulai membengkak sekitar satu minggu setelah peletakan dan menetas pada umur 8-12 hari. Stadia larva terdiri atas 3 instar, dan berlangsung dalam waktu 82-207 hari. Larva berwarna putih kekuningan, gemuk dan kekuningan, berbentuk silinder, berkerut-kerut, melengkung membentuk setengah lingkaran dengan panjang sekitar 60-100 mm atau lebih (Ooi, 1998).

Prepupa terlihat menyerupai larva, hanya saja lebih kecil dari larva instar terakhir dan menjadi berkerut dan aktif bergerak ketika diganggu. Lama stadia prepupa berlangsung 8-13 hari. Pupa berwarna coklat kekuningan, berukuran sampai 50 mm dengan waktu 17- 28 hari (Gambar 6). Kumbang baru akan tetap tinggal di tempatnya antara 15- 20 hari baru kemudian terbang keluar. Kumbang dapat hidup sekitar 6- 9 bulan dan umur betina lebih lama dari umur jantan (Susanto *et al.*, 2011).



Gambar 2.6. Siklus hidup *O. rhinoceros* (Susanto *et al.*, 2011)

O. rhinoceros menyerang tanaman kelapa yang masih muda maupun yang sudah dewasa. Serangan kumbang ini pada tanaman tertentu, tanaman yang sama dapat diserang oleh satu atau lebih kumbang sedangkan tanaman yang di dekatnya mungkin tidak di serang (Bedford, 1980). Kumbang dewasa terbang ke pucuk tanaman kelapa pada malam hari dan mulai bergerak ke dalam melalui salah satu ketiak pelepah bagian atas pucuk.



Gambar 2.7. Bentuk potongan dari *O. rhinoceros* pada pucuk tanaman kelapa (Hara *et al.*, 2014).

Kumbang memakan daun yang masih terlipat, maka bekas gigitan akan menyebabkan daun seperti tergantung yang baru jelas terlihat ketika daun sudah mulai membuka. Bentuk guntingan dari *O. rhinoceros* berbentuk triangular (Gambar 2.7). Rusaknya daun akibat serangan dari *O. rhinoceros* maka akan mengganggu proses fotosintesis dan pada akhirnya akan berakibat menurunnya hasil produksi kelapa. Di Provinsi Jawa Timur hama *O. rhinoceros* merupakan Organisme Pengganggu Tanaman utama dengan proporsi serangan 85% (Rejeki *et al.*, 2014).

2.2 Penelitian Terkait

Hasil dari beberapa penelitian sebelumnya yang terkait dengan penelitian kali ini diantaranya :

Marheni *et al* (2011) mengatakan dengan dosis 20 gr/ 715,33cm³ *M. anisopliae* dalam media jagung mampu mematikan larva *O. rhinoceros* pada

tanaman kelapa sawit dalam waktu 21 hari setelah perlakuan dalam skala laboratorium, sedangkan hasil penelitian Moslim, *et al* (2006) menunjukkan bahwa dengan rata-rata kepadatan spora *M. anisopliae* 10^8 / ml dalam formulasi bubuk mampu mematikan larva *O. rhinoceros* hingga 100% dalam kurun waktu 12- 14 hari setelah perlakuan. Haryuni (2014) membuktikan bahwa dengan dosis *M. anisopliae* 16 kg/ha dapat mengurangi jumlah uret tebu yang ditemukan di lahan sampel perlakuan di desa Pejagran, Glagah, Kecamatan Purwodadi Kabupaten Purworejo. Priwiratama & Agus (2013) dalam penelitiannya pada lubang pembibitan tanaman kelapa di daerah Teluk Dalam, Asahan, Sumatera Utara membuktikan bahwa dengan dosis 100 gram/ lubang dengan ukuran $3 \times 3 \times 1 \text{ m}^3$ mampu mematikan larva hingga 75% dalam kurun waktu 7 minggu setelah aplikasi. Susanto, *et al* (2015) juga membuktikan bahwa dengan dosis 100gram/ lubang dengan ukuran $3 \times 3 \times 0,8 \text{ m}^3$ mampu menginfeksi larva sebesar 100% dalam kurun waktu 7 minggu setelah aplikasi. Masitoh (2016) membuktikan bahwa dengan dosis 16 gr *M. anisopliae* pada media beras mampu menyebabkan mortalitas larva *O. rhinoceros* sebanyak 100% pada hari ke-20 setelah aplikasi pada skala lapang.

Penelitian yang dilakukan oleh Wiratno (2012) menunjukkan efektivitas *Heterorhabditis* sp. dalam mengendalikan hama pemakan daun kelapa *B. longissima* pada stadia larva dan imago dengan kepadatan optimal 3.500 JI/ ml air. Suyanto, *et al* (2012) mengatakan bahwa dosis *Heterorhabditis* sp. 375 NEP/ml mengakibatkan kematian *O. rhinoceros*

hingga mencapai 80- 90% dalam kurun waktu beberapa minggu setelah perlakuan dengan skala laboratorium. Sihaloho (2016) mengatakan bahwa dosis rekomendasi untuk penggunaan NEP *Heterorhabditis* sp komersial merk Coelonema untuk pengendalian hama *O. rhinoceros* pada tanaman kelapa adalah pada pengenceran 7 liter/bungkus.

Penelitian kombinasi yang dilakukan oleh Ansari (2008) secara terkontrol pada skala laboratorium dan green house di Swansea University, Singleton Park, Swansea SA2 8PP, United Kingdom membuktikan bahwa dengan dosis 10^{13} /ha *M. anisopliae* dan 10^8 IJS/ha secara efektif mampu membunuh larva *Otiorhynchus sulcatus* Fabricius (Coleoptera: Curculionidae). dalam kurun waktu 2 minggu setelah perlakuan.

2.3 Hipotesis

Hipotesis penelitian ini adalah terdapat dosis tertentu dari kombinasi NEP *Heterorhabditis* sp dan *M. anisopliae* yang efektif mengendalikan larva *O.rhinoceros*.

BAB 5

PENUTUP

5.1 Simpulan

Perlakuan kombinasi NEP *Heterorhabditis* sp. dan *M. anisopliae* (MET) yang efektif mengendalikan larva *O. rhinoceros* L. adalah pada kombinasi dosis 2 gram MET dan 1 bungkus NEP dalam pengenceran 7 liter.

5.2 Saran

1. Waktu aplikasi MET&NEP paling baik pada saat akhir musim hujan menuju musim kemarau karena pada saat itu keadaan lingkungan sangat mendukung konidia MET untuk tumbuh dan menjaga NEP agar tetap hidup didalam tanah.
2. Jika pengendalian dilakukan pada musim hujan, sebaiknya dilakukan pengulangan aplikasi agar MET&NEP masih tetap hidup didalam tanah dan mempercepat kematian larva.

DAFTAR PUSTAKA

- Afifah, L, B.T. Rahardjo & H. Tarno. 2013. Eksplorasi Nematoda Entomopatogen pada Lahan Tanaman Jagung, Kedelai, dan Kubis di Malang serta Virulensinya terhadap *Spodoptera litura* Fabricius. *Jurnal HPT Universitas Brawijaya. Malang* 1(2): 1-9.
- Allorerung. D dan M. L. A. Hossang. 2003. Kelapa (*cocos nucifera* L.). Balai Penelitian Tanaman Kelapa dan Palma Lain, Puslitbangtri.
- Ansari, M.A, F.A. Shah& T. M. Butt. 2008. Combined use of entomopathogenic nematodes and *Metarhizium anisopliae* as a new approach for black vine weevil, *Otiorrhynchus sulcatus*, control. *Journal compilation The Netherlands Entomological Society*. 129: 340- 347.
- Anonim, 2007. *Pengujian, Pengembangan, Pemeliharaan Dan Perbanyakan Agen Hayati Dan Pestisida Nabati*. Dinas Perkebunan Salatiga. Salatiga
- Bedford, G.O. 1980. *Biology, ecology and control of palm rhinoceros beetle*. 25: 309-339.
- Bidochka, M.J, A. M. Kamp, & J. N. A. Decroos. 2000. Insect pathogenic fungi: from genesto populations. *Fungal Pathol*. 171–193.
- Boemare, N. 2002. Biology, Taxonomy, and Systematics of Photorabdus and Xenorhabdus, in Gaugler (Ed.), *Entomopathogenic Nematology*, CABI Publishing, New Jerse : 57-78
- Chaerani, J. Harjosudarmo, M.A. Suhendar& D. Koswanudin. 2001. Produksi masal dan formulasi nematoda pathogen serangga *Steinernema* dan *Heterorhabditis* untuk pengendalian penggerek batang padi. Prosiding Seminar Hasil Penelitian Rintisan dan Bioteknologi Tanaman. Balai Penelitian Bioteknologi Tanaman Pangan. *Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan*. Bogor: 217-227.
- Ferron, P. 1985. Fungal control. *Comprehensive Insect Phisiology, Biochem. Pharmacol.* (12): 313–346.
- Hamid, N. H, R. Moslim, H. Salim, & M. B. Wahid. 2005. Powder Formulation of *Metarhizium anisopliae*, Its Stability And Effects Against *Oryctes* Beetles Tested In Laboratory And Small Scale Field Trial. *Proceedings of the PIPOC 2005 International Palm Oil Congress (Agriculture, Biotechnology and Sustainability)*

- Hara, A.H, B. R. Kumashiro, R. Niino-Duponte, S. K. Cabral, C. Martin & J. A. Zarders. 2014. Coconut Rhinoceros Beetle (*Oryctes rhinoceros*). *College of Tropical Agriculture and Human Resources*. University of Hawai'i at Manoa.
- Harjaka, T, E. Martono, Witjaksono & B. H. Sunarminto. 2011. Potensi Jamur *Metharizium anisopliae* untuk pengendalian uret perusak akar tebu. *Fakultas pertanian UGM*. Yogyakarta. 91- 102. Dalam Semnas Pesnab IV, Jakarta
- Haryuni. 2014. Efektifitas Metarhizium dan Pupuk Organik Terhadap Perkembangan Hama Uret (*Lepidiota Stigma*) Pada Tanaman Tebu. *Jurnal Agrineca*. 14(1): 1- 13.
- Jackson, T. A & M. G. Klein. 2006. Scarabs as Pests : Continuing Problem, Coleopteris, *Society Monograph*. 5 : 102 – 119.
- Kanga, L. B. B., W. A. Jones, and R. R. 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. *J. Environ Entomol* (96): 1.091–1.099.
- Khairunnisa, S, M. I. Pinem & F. Zahara. 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.
- Koch, A. Susanto, R. Y. Purba& C. Utomo. 2005. Penyakit-Penyakit infeksi Pada Kelapa Sawit. Buku 1, PPKS, Medan.
- Manisegaran, S, Lakshmi S. M& V. Srimohanapriya. 2011. Field Evaluation of *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin against *Holotrichia serrata* (Blanch) in sugarcane. *Journal of Biopesticides*, 4 (2): 190-193.
- 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.
- Masitoh. 2016. Keefektifan *Metarhizium anisopliae* yang Dibiakkan di Media Beras dan yang Disimpan di Media Kaolin Terhadap Mortalitas Larva *Oryctes rhinoceros*. *Skripsi*. Biologi FMIPA Universitas Negeri Semarang.

- Millstein, J. A, G. C. Brown & G. L. Nordin. 1983. Microclimate moisture and conidial production in *Erynia* sp. (Entomophthorales: Entomopteraceae) *in vivo* production rate and duration under constant and fluctuating moisture regimes. *Environ. Entomol.* (12): 1.344–1.349.
- Moslim, Ramle, M. H. Wahid, N. Kamarudin, S. R. A. Ali & N. H. Hamid. 2006. Research into the Commercialization of *Metarhizium anisopliae* (Hypomycetes) for Biocontrol of the Rhinoceros Beetle, *Oryctes rhinoceros* (Scarabaeidae), in Oil Palm. *Journal of Oil Palm Research.* 37- 49.
- Mulyono. 2007. Kajian Patogenisitas Cendawan *Metarhizium anisopliae* terhadap Hama *O. Rhinoceros* L. Tanaman Kelapa pada Berbagai Waktu Aplikasi. *Tesis.* Program Pasca sarjana Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Ooi, PAC. 1988. *Insect in Malaysian Agriculture.* Kuala Lumpur. . 103pp.
- Poinar, G. O. 1990. Taxonomy and biology of Steinernematidae and Heterorhabditidae. *In* Gaugler, R. And H. R. Kaya (Eds.). *Entomopathogenic Nematodes in Biological Control.* CRC Press. Boca Raton. pp. 23- 61.
- Prawiratama, Hari & Agus Susanto. 2014. Utilization of Fungi for the Biological Control of Insect Pests and *Ganoderma* Disease in the Indonesian Oil Palm Industry. *Journal of Agricultural Science and Technology.* 4(2014): 103-111.
- Prayogo, Y & W. Tengkano. 2002a. Pengaruh media tumbuh terhadap daya kecambah, sporulasi dan virulensi *Metarhizium anisopliae* (Metchnikoff) Sorokin isolat Kendal payak pada larva Spodoptera litura. *SAINTEKS. Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Pertanian.* (9)4: 233- 242
- Prayogo, Y, W. Tengkano & Marwoto. 2005. Prospek Cendawan Entomopatogen *Metarhizium anisopliae* untuk Mengendalikan Ulat Grayak *Spodoptera litura* Pada Kedelai. *Jurnal Litbang Pertanian.* 24(1): 19- 26.
- Purba, R.Y. 1983. *Metarrhizium anisopliae* dan *Cordyceps militaris* dua spesies jamur yang berguna untuk pengendalian hama *Oryctes rhinoceros* (L.) dan *Thosesa asigna* Moore di perkebunan kelapa sawit. *Bulletin Pusat Penelitian MARIHAT.* 2(3): 19-26.
- Rejeki, Tri & Y. Yuliyanto. 2014. *Data Bidang Proteksi BBPPTP Surabaya.*
- Roberto, L. G, A. T. De Laluz, J. M. Ochra, O. R. Domiques, A. R. Prescador, M. L. Edwards & M. Aluja. 2000. Virulence of *Metarrhizium anisopliae*

- (Deuteromycotina: Hyphomycetes) on *Anastrepha ludens* (Diptera: Tephritidae) Laboratory and Field Trial. *Journal Economic Entomologi*. 93(4): 1008-1084
- Rosmini, R. A & Lasmini. 2010. Diversity of local entomopathogenic fungi as tungro virus vector and its pathogenicity against green leafhopper (*Nephotetix virescens* Distant.) in Donggala Regency. *J. Agroland*. 17(3): 205 – 212.
- Rosmayuningsih, Ayu, B. T. Rahardjo & R. Rachmawati. 2014. Patogenitas Jamur *Metarhizium Anisopliae* terhadap Larva Kepinding Tanah (*Stibaropus Molginus*) (Hemiptera: Cydnidae) dari Beberapa Formulasi. *Jurnal HPT Universitas Brawijaya. Malang* 2(2): 28-37.
- Saenong, M. S & Alfons, J.B. 2009. Pengendalian Hayati Hama Penggerek Batang Jagung *Ostrinia furnacalis* Guenee (Lepidoptera: Pyralidae). *Jurnal Budidaya Pertanian*. 5(1): 1-10.
- Sihaloho, Litayani D. 2016. Aplikasi Nematoda Entomopatogen pada Larva *Oryctes rhinoceros* L. Menggunakan Tiga Variasi Dosis yang Berbeda. *Skripsi*. Universitas Negeri Semarang.
- Strack, B.H. 2003. Biological control of termites by the fungal entomopatogen *Metarhizium anisopliae*.
- Sucipto. 2009. Nematoda Entomopatogen Heterorhabditis Isolat Madura sebagai Pengendalian Hayati Hama Penting Tanaman Holtikultura yang Ramah pada Lingkungan. *Jurnal Agrovigor* 2(1): 47-53
- Sunardi, T, Nadrawati & S. Br Ginting. 2013. Eksplorasi Entomopatogen dan Patogenitasnya pada *Aphis craccivora*. Laporan Akhir Hibah Kompetisi Bantuan Operasional Fakultas Pertanian 2013.
- Susanto, Agus, A. P. Dongoran, Fahrdayanti, A.F. Lubis & A. E. Prasetyo. 2005. Pengurangan Populasi Larva *Oryctes rhinoceros* pada Sistem Lubang Tanam Besar. *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit*. 13(1): 1-9.
- Susanto, Agus, A.P. Dongoran, Fahrdayanti, A. F. Lubis & A. E. Prasetyo. 2006. The role of *Metarhizium anisopliae* on reducing of *Oryctes rhinoceros* larvae in empty fruit bunch of oil palm mulch. *Proceeding of The International Oil Palm Conference*, Nusa Dua, Bali. 19-23.
- Susanto, Agus, Sudharto & A.E. Prasetyo. 2011. Informasi Organisme Pengganggu Tanaman Kumbang Tanduk *Oryctes rhinoceros* Linn. *Pusat Penelitian Kelapa Sawit*. Vol H- 0003: 1-4.

- Suyanto, A. 2003, Kajian kemempunan *Steinernema carpocasae* Poinar (Nematoda: Steinernematidae) Terhadap hama ulat grayak *Spodoptera litura* F. (Noctuidae: Lepidoptera) pada tanaman caisin di rumah kaca. *Agrin*, 7(1) :28-33.
- Suyatno, Agus, E. Srimurni & T. Djuharyanto. 2012. Perkembangan Larva Serangga Hama Kumbang Badak (*O. rhinoceros* L.) pada Berbagai Konsentrasi Isolat Nematoda Entomopatogen *Heterorhabditis* sp. *Prosiding Seminar Nasional* : 13-17.
- Trizelia, M,Y. Syahrawati& A. Mardia. 2011. Patogenisitas beberapa isolat cendawan entomopatogen *Metarhizium* spp. terhadap telur *Spodoptera litura* Fabricius (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal Entomologi Indonesia*. 8(1): 45-54.
- Uhan. 2005. Bioefikasi Nematoda Entomopatogen *Steinernema* spp. Isolat Lembang terhadap Larva *Crociodolomia pavonana* (F) Pada Tanaman Kubis di Rumahkaca. *J. Hort.* 15(2): 109-115.
- Wiratno & Rohimatun. 2012. Patogenisitas Nematoda *Heterorhabditis* sp. terhadap Kumbang Daun Kelapa *Brontispa Longissima* Gestro. *Jurnal Litri* 18(4): 137 – 142.
- Zaini. 1991. Hama tanaman Kelapa Sawit dan Pengendaliannya. Available at. [Hp://litbang.deptan.go id/hama kelapa sawit.](http://litbang.deptan.go.id/hama_kelapa_sawit)