



**APLIKASI NEMATODA ENTOMOPATOGEN
PADA LARVA *ORYCTES RHINOCEROS* L
MENGUNAKAN TIGA VARIASI DOSIS YANG BERBEDA**

Skripsi

disusun sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Sains Biologi

oleh

Litayani Dafrosa Br S

4411412016

JURUSAN BIOLOGI

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

2016

PERNYATAAN

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa skripsi saya yang berjudul "Aplikasi Nematoda Entomopatogen pada Larva *Oryctes rhinoceros* L menggunakan Tiga Variasi Dosis yang Berbeda" 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, 25 Maret 2016



Litayani Dafrosa Br S

44111412016

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul:

“Aplikasi Nematoda Entomopatogen pada Larva *Oryctes rhinoceros* L Menggunakan Tiga Variasi Dosis yang Berbeda”

Disusun oleh

Litayani Dafrosa Br S

4411412016

telah dipertahankan di hadapan sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang pada tanggal 25 April 2016



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

Sekretaris

Dra. Endah Peniati, M.Si.
NIP. 196511161191032001

Penguji Utama

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

Anggota Penguji/

Pembimbing I

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

Anggota Penguji/

Pembimbing II

Prof. Dr. Ir. P. Widiyaningrum, M.S.
NIP. 196004191986102001

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

A sacrifice to be real must cost, must hurt, and must empty ourselves. Give yourself fully to God. He will use you to accomplish great things on the condition that you believe much more in His love than in your weakness (Mother Teresa).

PERSEMBAHAN

Dengan bangga Skripsi ini kupersembahkan untuk:

1. Ayahku Birman Sihaloho dan Ibuku Ospida Hutapea yang selalu memberi dukungan, doa, serta kesabaran yang tidak pernah putus dalam membesarkan dan mendidikku,
2. Kakakku Shelpy Sihaloho S.Pd. dan Andi Sihaloho S. Ag., Adik-adikku Mandra Sihaloho dan Leo Sihaloho dan semua keluarga besar Hutapea dan Sihaloho yang tiada henti memberi semangat dan doa.
3. Teman-teman Wisma Altsabat yang selalu menghibur, memberi motivasi dan banyak pengalaman.
4. Dan semuanya yang telah memberikan motivasi dan menemani selama penelitian ini.

ABSTRAK

Dafrosa, Litayani Br S. 2016. Aplikasi Nematoda Entomopatogen pada Larva *Oryctes rhinoceros* L Menggunakan Tiga Variasi Dosis yang Berbeda. Skripsi, Jurusan Biologi FMIPA Universitas Negeri Semarang. Dr. Ir. Dyah Rini Imdriyanti, M. P dan Prof. Dr. Ir. Priyantini Widiyaningrum, M.S.

Desa Jeruk Wangi merupakan salah satu penghasil kelapa di Jepara, produksi buah kelapa menurun salah satunya akibat serangan hama imago *Oryctes rhinoceros* L. Penebangan pohon kelapa dilakukan secara serentak untuk pembangunan rumah penduduk dan ternak sapi mengakibatkan populasi hama semakin meningkat. Belum pernah dilakukan pengendalian terhadap hama *O. rhinoceros*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dosis nematoda entomopatogen (NEP) yang efektif membunuh larva *O. rhinoceros*. NEP yang digunakan pestisida hayati komersial bentuk cair dengan media spon berisi 10×10^6 juta juvenil infeksi (JI). Wadah yang digunakan yaitu pot berwarna hitam dengan diameter 30 cm dan tinggi 35 cm diisi media serbuk penggajian kelapa, kompos dan tanah dengan perbandingan (1:2:2). Larva *O. rhinoceros* yang digunakan adalah larva instar III dengan berat rata-rata 9-11 gram dan panjang 7-10 cm. Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) 4 perlakuan dan 6 kali ulangan, setiap ulangan terdiri dari 10 ekor larva. Perlakuan terdiri dari kontrol (P0), dosis NEP pengenceran 14 liter (P1), dosis NEP pengenceran 7 liter (P2) dan dosis NEP pengenceran 3,5 liter (P3). Hasil pengamatan pada minggu I perlakuan NEP 14 liter dan NEP 3,5 liter sudah ada kematian, sedangkan pada perlakuan NEP 7 liter belum ada. Kematian larva dipengaruhi oleh ukuran larva, kemampuan nematoda menemukan inang, faktor abiotik dan kemampuan bakteri simbiosis mengeluarkan toksin. Minggu I dan minggu II mortalitas larva tertinggi (3,3 %) terjadi pada NEP pengenceran 14 liter. Minggu III dan IV mortalitas tertinggi (35 %) terjadi pada NEP pengenceran 7 liter, minggu V dan VI mortalitas tertinggi (71,6 %) terjadi pada NEP pengenceran 7 liter. Mortalitas larva mencapai 100 % terjadi pada semua perlakuan, pada perlakuan kontrol 16,6 %. Dosis NEP yang paling efektif membunuh larva *O. rhinoceros* dengan jumlah larva terbanyak dalam waktu yang singkat adalah dosis NEP pengenceran 7 liter.

Kata kunci: dosis, efektif, mortalitas, NEP, *Oryctes 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: “Aplikasi Nematoda Entomopatogen pada Larva *Oryctes rhinoceros* L Menggunakan Tiga Variasi Dosis yang Berbeda”. Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian payung Dr. Ir. Dyah Rini Indriyanti, M.P.

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 memberi ijin untuk melaksanakan penelitian.
3. Ketua Jurusan Biologi FMIPA Universitas Negeri Semarang 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. Drs. Bambang Priyono, M.Si. sebagai dosen penguji yang berkenan menelaah dan memberi masukan yang sangat berarti dalam penulisan skripsi ini.
6. Prof. Dr. Sri Mulyani Endang S., M.Pd. sebagai dosen wali yang sangat perhatian mengarahkan ke dalam kebaikan dan kelancaran selama perkuliahan.
7. Semua pihak di Laboratorium Jurusan Biologi UNNES yang sudah banyak membantu penulis dalam melaksanakan penelitian ini.
8. Bapak Jai, 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 pengajar dan staf Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang yang telah memberikan bantuan dan ilmu pengetahuan.
11. Kedua orangtuaku (Bapak Birman Sihalohe dan Ibu Ospida Hutapea), kakak perempuanku (Shelby Sihalohe S.Pd.), kakak laki-lakiku (Andi Sihalohe S.Ag.), Adik-adikku (Mandra Sihalohe dan Leo Sihalohe) dan keluarga besar Sihalohe dan Hutapea yang selalu mendoakan tiada henti.
12. Keluarga besar Biologi angkatan 2012, putri Wisma Altsabat, teman-teman organisasi IMABA,UK3, KPM, GLADI, teman-teman PKL dan KKN yang telah memberi semangat dan banyak pengalaman selama perkuliahan.
13. Sahabat tercinta Marta Norita Sinaga, Dwi Susanti, Arni Purwaningtyas, Ronawati, Ria Hastuti, Risma Romaria, Ayu Letare, Marta Laura, Anita Situmorang, Nita Putri, Tiarma Lubis, Minar Listi, Dwi Ruth, Florensia Magdalena, Emma Situmorang, Wawan Riyanto, Markus Haloho, Yermia Dita, Siska Angreini, Istifa Baharsyah, Ayu Wulandari, Alberto Krisna, Ngabekti, Arief Bayu, Naimum Sa'bana, Nia Elpida, Kristalia, Oktavika, Felic, Santi, Desi, Diana, Christin, Nevi Sembiring yang selalu memberi motivasi dan semangat tiada henti.
14. Almamaterku tercinta, UNNES 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, 25 Maret 2016

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR KEASLIAN SKRIPSI	ii
PENGESAHAN	iii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	iv
ABSTRAK	v
PRAKATA	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	5
C. Penegasan Istilah	5
D. Tujuan Penelitian	6
E. Manfaat Penelitian	6

BAB II LANDASAN TEORI

A. Nematoda Entomopatogen	7
B. Biologi dan Siklus hidup Nematoda Entomopatogen	7
C. Cara NEP menyerang larva	10
D. Keberadaan bakteri simbion	13
E. Potensi NEP sebagai agen pengendali hayati	15
F. <i>Oryctes rhinoceros</i> L	16

	Halaman
G. Biologi dan siklus hidup <i>O. rhinoceros</i>	16
H. Ciri-ciri kerusakan pohon kelapa akibat serangan <i>Oryctes rhinoceros</i> L	20
I. Penelitian terkait	21
J. Hipotesis	23
 BAB III METODE PENELITIAN	
A. Lokasi dan waktu penelitian	24
B. Populasi dan sampel	24
C. Variabel penelitian	24
D. Rancangan penelitian	24
E. Alat dan bahan penelitian	25
F. Prosedur penelitian	25
G. Analisis data	30
 BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. Hasil penelitian.....	31
B. Pembahasan	31
 BAB V SIMPULAN DAN SARAN	
A. Simpulan	38
B. Saran	38
DAFTAR PUSTAKA	39
LAMPIRAN	45

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Morfologi <i>Steinernema</i> sp	8
2. Morfologi <i>Heterorhabditis</i> sp	9
3. Nematoda <i>Heterorhabditis</i> sp jantan & <i>Heterorhabditis</i> sp betina perbesaran 40X	9
4. Mekanisme NEP menginfeksi larva	11
5. Keberadaan bakteri <i>Photorhabdus luminescens</i> dalam saluran pencernaan <i>Heterorhabditis</i> sp	14
6. Siklus hidup <i>O. rhinoceros</i>	17
7. Larva <i>O. rhinoceros</i>	18
8. Pupa <i>O. rhinoceros</i>	19
9. Imago <i>O. rhinoceros</i> (a) kumbang betina (b) kumbang jantan	19
10. Daun yang terserang Imago <i>O. rhinoceros</i>	20
11. Pangkal pelepah muda pada tanaman kelapa yang dirusak oleh hama <i>O. rhinoceros</i>	20
12. Metode kertas saring	30
13. Larva <i>O. rhinoceros</i> yang terserang NEP	31
14. NEP yang ditemukan dalam bangkai larva <i>O. rhinoceros</i>	32
15. Persentase jumlah larva <i>O. rhinoceros</i> yang mati selama 7 minggu pengamatan	32

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Jumlah mortalitas larva <i>O. rhinoceros</i> (ekor dan %) perlakuan NEP selama 7 minggu pengamatan	46
2. Rata-rata mortalitas larva <i>O. rhinoceros</i> selama pengamatan	47
3. Perhitungan mortalitas larva <i>O. rhinoceros</i> (%) kontrol dan dosis NEP 14 liter	47
4. Perhitungan mortalitas larva <i>O. rhinoceros</i> (%) dosis NEP 7 dan NEP 3,5 liter	48
5. Rata-rata suhu pada bulan Maret-April 2015	49
6. Data kapasitas hujan pada bulan Maret – April 2015	50

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Perhitungan Mortalitas Larva <i>O. rhinoceros</i>	46
2. Iklim selama pengamatan di Jepara pada tahun 2015	50
3. Dokumentasi penelitian	52

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Desa Jeruk Wangi adalah salah satu penghasil buah kelapa di daerah kecamatan Bangsri Jepara. Di lapangan masih banyak ditemukan beberapa kendala yang menghambat pertumbuhan pohon kelapa salah satunya yaitu serangan hama serangga. Masalah hama masih menjadi kendala utama dalam produksi peningkatan produksi tanaman termasuk produksi tanaman kelapa. Hama yang menyerang tanaman kelapa diantaranya adalah serangga *Oryctes rhinoceros* L (Coleoptera : Scarabaeidae). Hama *O. rhinoceros* menggerek pucuk kelapa yang mengakibatkan terhambatnya pertumbuhan dan rusaknya titik tumbuh sehingga mematikan tanaman (Endro *et al.*, 2013).

Populasi hama *O. rhinoceros* meningkat akibat pembagunan rumah penduduk. Pohon-pohon kelapa yang sudah tua ditebangi dan tidak dibersihkan, sehingga berpotensi untuk tempat perkembangbiakan hama *O. rhinoceros*. Selain itu ada peternakan sapi di sekitar perkebunan kelapa yang juga berpotensi sebagai tempat perkembangbiakan hama *O. rhinoceros* karena kotoran sapi mengandung banyak bahan organik. Akibatnya jumlah *O. rhinoceros* yang menyerang pohon kelapa semakin meningkat. Tanda kelapa yang terserang hama *O. rhinoceros* daun kelapa berbentuk potongan segitiga yang menyerupai huruf V (Mawikere & Lolong, 2006).

Para petani telah melakukan beberapa cara untuk mengendalikan hama *O. rhinoceros*, diantaranya pengendalian menggunakan insektisida. Pemusnahan melalui batang maupun langsung dari lubang gerekan pohon kelapa yang terserang hama, tetapi belum menunjukkan hasil yang maksimal. Pengendalian menggunakan insektisida tidak efektif mematikan *O. rhinoceros* jika kondisi iklim yang ekstrim, seperti curah hujan yang tinggi (Yustina *et al.*, 2012).

Kelemahan pengendalian hama menggunakan insektisida yaitu berdampak buruk pada lingkungan dan kesehatan, selain itu harga insektisida mahal dan pemakaian insektisida dalam jumlah yang sangat banyak, tergantung pada luas tanaman yang akan disemprotkan insektisida sehingga boros pemakaiannya. Pestisida juga dapat menyebabkan resistensi terhadap organisme pengganggu tanaman (OPT) (Kamariah *et al.*, 2013).

Beberapa masalah muncul akibat penggunaan insektisida pada perkebunan antara lain: (1) resistensi hama terhadap insektisida sehingga tetap terjadi kerusakan tanaman, (2) sinkronisasi antara kehadiran hama dengan aplikasi tidak mudah dilakukan, (3) keamanan insektisida bagi lingkungan yang belum semua terjamin, dan (4) dampak persistensi bahan aktif di perkebunan bersifat sementara sehingga perlu aplikasi berkala. Pengendalian menggunakan agen pengendali hayati pada larva *O. rhinoceros* perlu dilakukan (Harjaka *et al.*, 2011).

Hama *O. rhinoceros* pada fase imago tinggal di atas pohon kelapa sehingga sulit untuk dikendalikan. Telur dan larva *O. rhinoceros* berada di dalam tanah dan di tumpukan-tumpukan bahan organik dalam jumlah yang banyak, sehingga hama *O. rhinoceros* pada fase larva lebih mudah untuk dikendalikan.

Pemanfaatan agens hayati seperti virus, cendawawan, bakteri, nematoda dan protozoa sebagai bioinsektisida mempunyai prospek yang baik kedepan karena memiliki patogenis yang tinggi terhadap hama dalam jangka waktu yang panjang, relatif murah dan ramah lingkungan. Salah satu agen pengendali hayati serangga yang dapat digunakan adalah nematoda entomopatogen (NEP) (Sihombing *et al.*, 2014).

Komponen di dalam pengendalian hayati yang perlu dikembangkan adalah pemakaian mikroorganisme patogen serangga. Lebih dari 3100 jenis nematoda yang hidup berasosiasi dengan serangga yang mencakup 11 ordo nematoda dengan 19 ordo serangga (Chaerani, 2011). Pengendalian hayati dengan menggunakan nematoda dalam jangka waktu yang panjang dapat menghemat biaya produksi sehingga meningkatkan keuntungan petani. Keuntungan lain penggunaan nematoda adalah dihasilkan produk yang bebas residu bahan kimia sehingga mengurangi pencemaran pada tanah (Kamariah *et al.*, 2013).

NEP banyak digunakan untuk mengendalikan serangga hama pada tanaman pangan, perkebunan, rumput lapangan golf serta tanaman hortikultura (Nugrohorini, 2010). Famili Steinermatidae dan Heterorhabditidae merupakan famili yang potensial untuk pengendalian hayati serangga. Nematoda dari spesies *Heterorhabditis* sp memiliki potensi yang besar untuk mengendalikan serangga hama dari ordo Coleoptera, Lepidoptera, Hymenoptera, Diptera, Orthoptera, dan Isoptera yang hidup di permukaan tanah maupun di dalam tanah (Uhan, 2008).

NEP merupakan nematoda parasit yang spesifik yaitu hanya menyerang larva serangga sehingga aman bagi hewan dan tumbuhan. Aplikasi tidak membutuhkan masker atau alat pengaman lainnya. NEP tidak menimbulkan residu dan tidak mengkontaminasi air tanah (Sanjaya, 2005). Pernyataan tersebut juga didukung oleh Tanada & Kaya (1993) bahwa NEP memiliki kemampuan mematikan inang yang cukup cepat dibandingkan entomopatogen lain dari kelompok cendawan bakteri maupun virus. Hal ini dapat dijadikan literatur untuk menakutkan masyarakat bahwa penggunaan NEP untuk mengendalikan hama serangga *O. rhinoceros* selain tidak bahaya bagi kesehatan dan lingkungan, NEP sangat efektif dan cepat dalam mengendalikan hama.

Nematoda patogen serangga dapat membunuh salah satu atau beberapa serangga hama, daya bunuhnya sangat cepat, kisaran inangnya luas, aktif mencari inang sehingga efektif untuk mengendalikan serangga dalam jaringan, tidak menimbulkan resistensi dan mudah diperbanyak, sehingga mempunyai potensi sebagai agen pengendali (Ilham, 2011). NEP mudah dibiakkan secara *in vivo* maupun *in vitro* media buatan di laboratorium (Mulyaningsih, 2010).

NEP memiliki kisaran inang yang luas, tidak berbahaya bagi serangga bukan sasaran dan tidak mengakibatkan kerusakan lingkungan dan bersifat kompatibel dengan sebagian besar pestisida. Pestisida dengan bahan aktif fenitrothion, diklorvos, oxamly, acephate, dan permetrin dapat diaplikasikan dengan NEP (Kaya & Gaugler 1993).

Sampai sekarang belum dilaporkan NEP dapat menyebabkan terjadinya kekebalan atau resistensi pada serangga hama (Wagiman *et al.*, 2001). NEP mempunyai potensi yang besar untuk dikembangkan sebagai salah satu masukan dalam penyusunan strategi pengendalian hama, oleh karena itu perlu dilakukan penelitian mengenai aplikasi NEP untuk mengendalikan hama *O. rhinoceros* (Uhan, 2008).

Hasil penelitian yang terkait dengan aplikasi NEP famili Heterorhabditidae yaitu perkembangan larva serangga hama kumbang badak (*O. rhinoceros*) pada berbagai konsentrasi isolat NEP *Heterorhabditis* sp. NEP dapat menekan jumlah pupa dan imago yang muncul. Nematoda dengan konsentrasi 375-450 nematoda/ml air akan mengakibatkan kematian pada larva serangga kumbang badak instar II hingga mencapai 80-90 % (Suyanto *et al.*, 2012).

Penelitian tentang penggunaan NEP *Heterorhabditis* sp sebagai agen pengendali hayati banyak digunakan untuk membunuh hama *Spodoptera exigua* yang menyerang tanaman bawang merah, hama *Agrotis ipsilon* pada tanaman kubis, hama *Spodoptera* sp pada tanaman kedelai. Konsentrasi NEP yang digunakan untuk mengendalikan hama *Crociodolomia binotalis* pada sayur-sayuran seperti selada, kubis, bawang merah dan bawang putih di Tawangmangu, yaitu konsentrasi 1000 ekor/ml, 2000 ekor/ml dan 4000 ekor/ml. Mortalitas larva tertinggi terjadi pada konsentrasi 4000 ekor/ml (Subagiya, 2005).

Penelitian tentang aplikasi NEP *Heterorhabditis* sp di lapangan pada larva *O. rhinoceros* belum banyak dilakukan. Berbeda dengan aplikasi NEP yang dilakukan di laboratorium faktor abiotik seperti suhu, kelembaban dan intensitas cahaya sudah disesuaikan sedemikian rupa, tidak seperti kondisi di lapangan. Selain tempat aplikasi yang berbeda, keadaan hama *O. rhinoceros* dibandingkan dengan hama ordo Lepidoptera yang sudah banyak diaplikasikan menggunakan NEP. Larva hama *O. rhinoceros* memiliki ukuran tubuh yang besar dan kutikula yang tebal, sehingga konsentrasi yang dipakai akan berbeda dengan konsentrasi yang dipakai untuk larva Lepidoptera. Perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui aplikasi NEP pada larva *O. rhinoceros* di lapangan menggunakan tiga variasi dosis NEP yang berbeda. Di desa Jeruk Wangi kecamatan Bangsri petani

belum pernah mencoba pengendali hama *O. rhinoceros* dengan menggunakan NEP.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, rumusan masalah dari penelitian ini adalah pada dosis berapa NEP efektif mengendalikan larva *O. rhinoceros* ?

C. Penegasan Istilah

Untuk menghindari kesalahpahaman dalam penelitian ini, perlu dijelaskan terlebih dahulu istilah yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Nematoda Entomopatogen (NEP)

Nematoda entomopatogen (NEP) adalah salah satu agens hayati untuk mengendalikan serangga hama tanaman (Nugrohorini, 2010). NEP diperoleh secara komersial dari jurusan Hama dan Penyakit Tanaman, Fakultas Pertanian Universitas Jember. Formulasi NEP diperoleh dalam bentuk kemasan dengan merk "Coleonema". NEP terdapat dalam bentuk formulasi cair dengan media spon yang dibungkus dalam kemasan aluminium foil. Satu spon Coleonema berisi 10×10^6 nematoda *Heterorhabditis* sp.

2. Dosis NEP

Dosis NEP yang dimaksud dalam penelitian ini adalah jumlah NEP yang terlarut dalam air yang digunakan. Satu paket spon Coleonema berisi 10×10^6 nematoda. Dosis anjuran pengenceran NEP adalah satu kemasan plastik untuk satu tangki semprot 14 liter. NEP yang digunakan hanya satu liter dari masing-masing pengenceran. Satu liter dari pengenceran NEP 14 liter setara dengan $7,14 \times 10^5$ JI/liter. Satu liter dari pengenceran NEP 7 liter setara dengan $14,28 \times 10^5$ JI/liter dan satu liter dari pengenceran NEP 3,5 liter setara dengan $28,57 \times 10^5$ JI/liter.

3. Efektif

Efektif merupakan sesuatu hal yang dianggap akan berhasil atau mencapai hasil yang diinginkan (Bram, 2005). Efektif yang dimaksud dalam penelitian ini adalah NEP mampu menyebabkan mortalitas terbanyak pada larva *O. rhinoceros* dalam waktu yang singkat dengan dosis NEP tertentu.

4. Mortalitas

Mortalitas adalah jumlah individu dalam populasi yang mati selama periode waktu tertentu (PBB & WHO, 2006). Mortalitas dalam penelitian ini adalah kematian larva *O. rhinoceros* akibat serangan NEP, dengan ciri-ciri tubuh larva berwarna coklat hitam kemerahan dan lunak.

5. *Oryctes rhinoceros* L

Kumbang badak (*O. rhinoceros*) adalah serangga hama dari golongan (Coleoptera: Scarabaeidae) (Suyanto *et al.*, 2012). Sampel larva *O. rhinoceros* yang digunakan dalam penelitian ini yaitu larva instar III dengan kriteria panjang larva antara 7-10 cm dan berat antara 9-11 gram. Larva diambil dari kebun kelapa milik rakyat desa Jeruk Wangi kabupaten Bangsri Jepara.

D. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan dosis NEP yang paling efektif untuk membunuh larva *O. rhinoceros* dalam waktu yang singkat pada uji semi-lapangan.

E. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian dapat digunakan sebagai rekomendasi dosis NEP yang efektif mengendalikan hama *O. rhinoceros* dan lebih ramah lingkungan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Nematoda Entomopatogen (NEP)

1. Biologi dan Siklus Hidup Nematoda Entomopatogen

Nematoda adalah mikroorganisme berbentuk cacing berukuran 700-1200 mikron dan berada di dalam tanah. Nematoda yang ada di dalam tanah, ada yang tergolong hidup bebas (*free living*), nematode parasit terhadap tanaman dan nematoda yang patogen terhadap serangga (NEP). Nematoda mempunyai sistem syaraf, sistem pencernaan dan sistem reproduksi. Hasil pengamatan morfologi anterior NEP, didapatkan dua ciri-ciri yaitu kepala halus tidak bertanduk atau tidak berkait dan kepala memiliki kait (Nugrohorini, 2010).

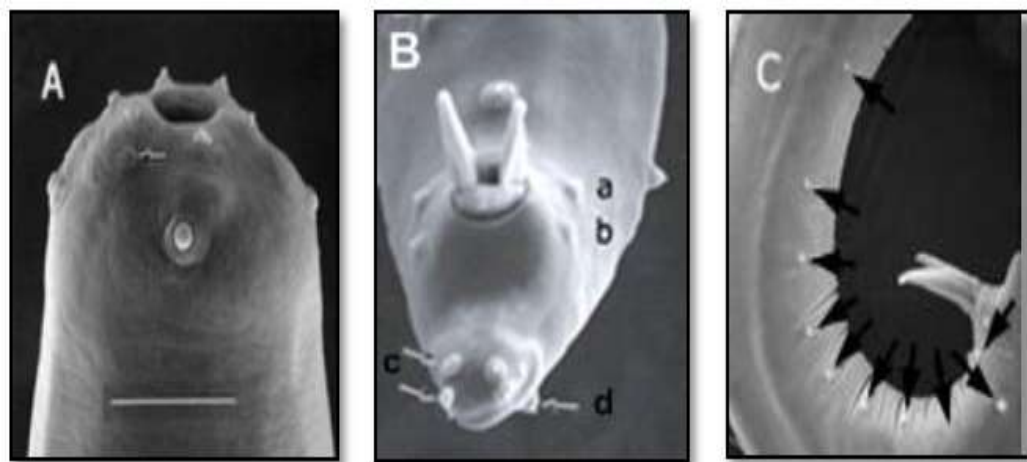
Nematoda yang saat ini dikembangkan adalah NEP yang dapat digunakan sebagai insektisida biologi yang sangat potensial untuk mengendalikan serangga hama baik ordo Lepidoptera, Coleoptera dan Diptera. NEP adalah salah satu agensia hayati untuk mengendalikan hama serangga tanaman. NEP yang memiliki kepala halus dan tidak berkait adalah nematoda genus *Steinernema* sp. Nematoda yang memiliki kait pada bagian anterior adalah nematoda *Heterorhabditis* sp (Afifah *et al.*, 2013).

Dua genus NEP *Steinernema* dan *Heterorhabditis* adalah patogen yang membunuh serangga (Salma & Sahina, 2012). NEP menginfeksi inangnya dengan bersimbiosis dengan bakteri yang ada pada saluran pencernaannya. Nematoda famili Steinernematidae bersimbiosis dengan bakteri genus *Xenorhabdus* sp dan nematoda famili Heterorhabditidae bersimbiosis dengan bakteri genus *Photorhabdus* sp (Afifah *et al.*, 2013). NEP *Steinernema* sp dan *Heterorhabditis* sp merupakan entomopatogen yang memiliki kisaran inang yang luas dan membutuhkan kondisi yang lembab untuk mempertahankan infeksi (Rahim, 2010).

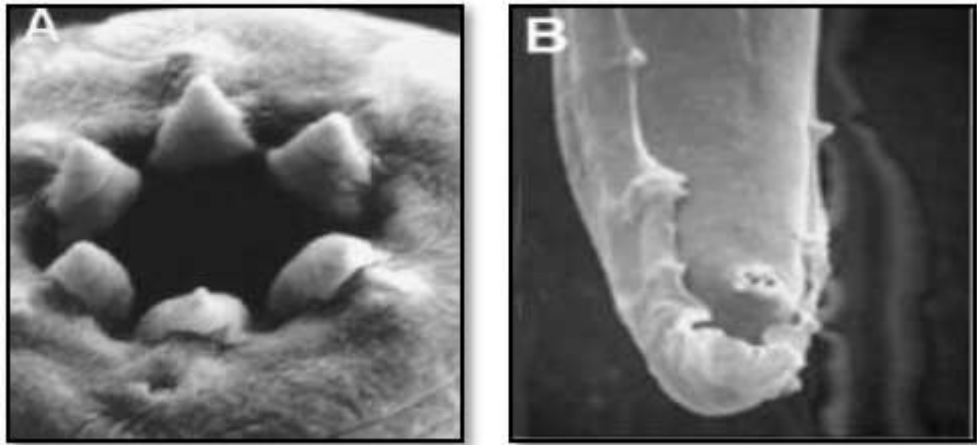
Perbedaan antara famili Steinernematidae dengan famili Heterorhabditidae yaitu NEP yang termasuk famili Steinernematidae memiliki kutikula halus pada bagian lateral esophagus. Panjang tubuh berkisar antara 221-676 μm dengan lebar 19-28 μm . Lubang ekskretori dan *nerve ring* pada juvenil infeksi berada dibagian anterior. Jantan dewasa memiliki testis tunggal, sepasang spikula dan gubernaculum (Bahari, 2000).

Stadia infeksi adalah juvenil instar ketiga, atau biasa disebut juvenil infeksi (JI). Hidup bebas di tanah di luar tubuh serangga. JI aktif mencari serangga, memasuki tubuh serangga melalui lubang-lubang alami dan membran antar skeleton (Chaerani *et al.*, 2007). Jumlah JI yang dihasilkan oleh *Heterorhabditis indicus* lebih tinggi dari pada *Steinernema* sp. Generasi pertama *Heterorhabditis* yang bersifat hermaphrodit menunjang kemampuan reproduksi yang lebih tinggi dibandingkan dengan *Steinernema* yang bersifat dimorfik pada setiap generasi (Kaya & Gaugler, 1993).

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). Gambar 1 menunjukkan morfologi *Steinernema* sp dan *Heterorhabditis* sp.

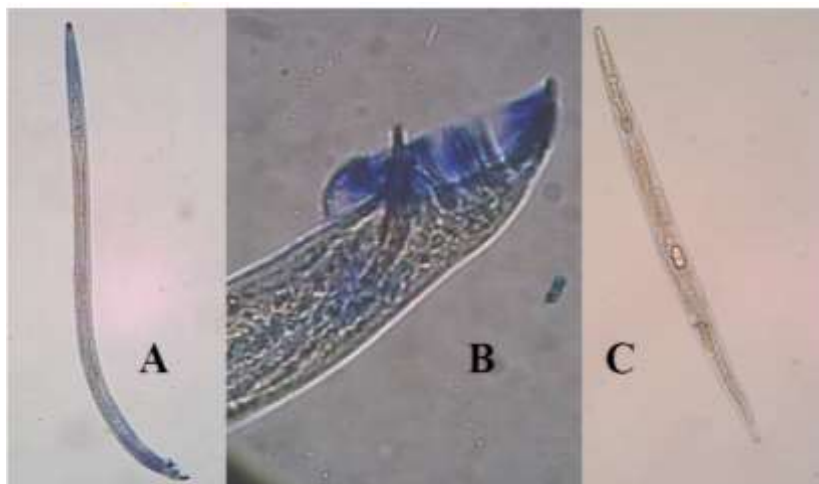


Gambar 1. Morfologi *Steinernema* sp menggunakan mikroskop elektron. (A) Bagian kepala, (B) Bagian posterior dan sisi ventral, (C) Bagian posterior (Adams & Nguyen, 2002).



Gambar 2. Morfologi *Heterorhabditis* sp menggunakan mikroskop elektron, (A) Bagian kepala, (B) Bursa kopulatorik (Adams & Nguyen, 2002).

Ciri morfologi menunjukkan bahwa nematoda *Heterorhabditis* sp jantan membentuk karakteristik “J” dan betina membentuk karakteristik seperti “jarum yang agak membengkok”. Kepala nematoda berbentuk kerucut terpotong dibagian depan atau agak membulat. Nematoda juga memiliki stoma, corpus, *Isthimus* dan *basal bulb*. *Excretory pore* terletak pada bagian posterior sejajar dengan *basal bulb*. Ekor betina meruncing dan panjang, sedangkan ekor jantan terdapat bursa kopulatrik (Rospiansyah, 2009).



Gambar 3. Nematoda *Heterorhabditis* sp jantan (a); bursa kopulatorik *Heterorhabditis* sp jantan (b); *Heterorhabditis* sp betina (c) (Rospiansyah, 2009) masing-masing perbesaran 40X

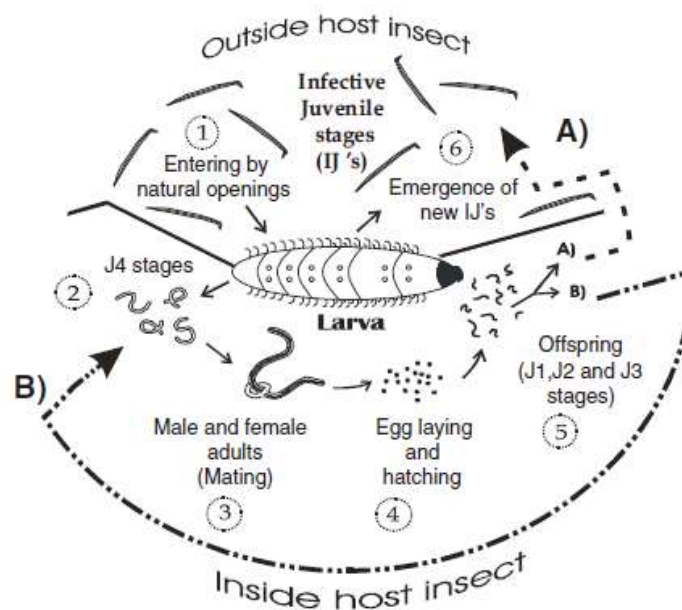
Menurut Poinor (1990) *Heterorhabditis* sp betina dewasa dalam tubuh serangga inang pada stadium awal perkembangan bersifat ovipar akan tetapi setelah perkembangan lebih lanjut akan menjadi ovovivipar. Heterorhabditidae memiliki siklus hidup sederhana dan mempunyai stadium perkembangan dari telur, juvenil dan dewasa. Heterorhabditidae umumnya mengalami pergantian kulit sebanyak empat kali sebelum mencapai dewasa. Pergantian kulit dapat terjadi di dalam telur, lingkungan maupun di dalam serangga inang (Tanada & Kaya 1993).

2. Cara NEP menyerang larva

Heterorhabditis sp kontak dengan inang melakukan niktasi yaitu suatu mekanisme kunci untuk kontak dengan inang dengan cara mengangkat seluruh bagian tubuh kecuali bagian posterior diatas substrat dan membentuk postur yang tegak, yang memungkinkan ‘ambusher’ (menunggu inang sampai mendekat dan kemudian menyerangnya) (Sucipto, 2009 b). Mekanisme patogenesis entomopatogen dari famili Heterorhabditidae sangat berhubungan erat dengan bakteri *Photorhabdus luminences*. Juvenil infeksi (JI) *Heterorhabditis* sp masuk kedalam inang melalui lubang-lubang alami serangga (mulut, anus, atau spirakel), melalui luka, atau penetrasi langsung melalui integumen kemudian hemocoel serangga.

Jaringan tubuh serangga yang telah dibunuh oleh bakteri *Photorhabdus* sp, dimanfaatkan oleh nematoda untuk hidup dan berkembang biak sekaligus menelan kembali sel-sel bakteri (Chaerani, 1996). Satu tubuh inang, serangga nematoda dapat berkembang biak dua sampai tiga generasi (satu generasi berlangsung 10-14 hari). Nematoda yang belum dewasa memakan sel bakteri dan jaringan inang kemudian berkembang menjadi dewasa betina dan jantan. Ukuran tubuh betina lebih besar daripada jantan (Woodring & Kaya, 1998). Dua sampai tiga minggu setelah berkembang dalam tubuh inang, JI akan meninggalkan kadaver (bangkai) inang dan mencari inang baru (Kaya & Stock, 1997).

Umumnya gejala serangga yang terserang oleh NEP yaitu adanya perubahan warna tubuh, tubuh menjadi lembek dan bila dibedah jaringan lunak berair. Kekhasan gejala serangan NEP yakni adanya perubahan warna merah tua sampai coklat tua. Kutikula serangga tampak transparan setelah lebih dari 48 jam terinfeksi nematoda, karena aktivitas enzimatis bakteri *Photorhabdus* sp yang menyebabkan hancurnya jaringan tubuh serangga inang menjadi lunak berair (Simoes & Rosa, 1996). Gejala serangan muncul hanya pada fase primer bakteri yaitu awal nematoda masuk sekaligus mengeluarkan bakteri simbiosis dalam tubuh serangga sampai dua hari setelah penetrasi. Gambar 4 menunjukkan mekanisme NEP menginfeksi larva.



Gambar 4. Mekanisme NEP menginfeksi larva (Hernandez *et al.*, 2008 b).

Mekanisme NEP menginfeksi larva Gambar 4 yaitu NEP masuk ke tubuh larva melalui lubang alami pada *Heterorhabditis* sp melalui kutikula. Melalui anus, mulut, spirakel, melalui luka maupun penetrasi langsung melalui integumen larva. NEP pada fase J1 melepaskan bakteri simbiosis *Photorhabdus* sp ke dalam tubuh dan membunuh larva. Di dalam tubuh larva, nematoda berkembang biak secara hermaphrodit.

Telur NEP diletakkan dan berkembang dari fase J1, J2, & J3. Setelah nutrisi inang habis J1 keluar dari inang dan mencari inang yang baru. Mekanisme patogenitas nematoda entomopatogen diawali dengan terjadinya penetrasi nematoda ke dalam tubuh larva melalui lubang-lubang alami seperti spirakel. Larva serangga instar III mempunyai spirakel yang berukuran lebih lebar sehingga menyebabkan NEP lebih mudah melakukan penetrasi. Spirakel merupakan jalan masuknya nematoda ke dalam tubuh serangga (Rahardjo *et al.*, 2014).

Genus *Heterorhabditis* sp memiliki gigi dorsal didaerah anterior yang membantu NEP untuk masuk ke homocoel serangga inang dengan cara menyobek kutikula membran intersegmen. NEP Setelah berada di homocoel, J1 melepaskan sel-sel bakteri simbiotik dari ususnya. J1 memperbanyak diri di dalam hemolimfa serangga. Hemolimfa serangga menyediakan media yang kaya untuk sel bakteri, bakteri akan berkembang biak dan melepaskan toxin dan exoenzyme dan membunuh inang dalam waktu dua hari. Bakteri memproduksi antibiotik dan zat berbahaya lainnya yang melindungi bangkai serangga dari mikroba lain (Nugrohorini, 2007).

Nematoda mulai berkembang, memakan bakteri dan masuk ke tahap J1 empat dan mencapai dewasa dalam waktu 2-3 hari. Nematoda berkembang terus selama dua sampai tiga generasi hingga sumber makanan habis. Pertumbuhan nematoda dewasa ditekan sehingga juvenil infeksi akan menumpuk. J1 akan keluar dari bangkai serangga inang.

Efektivitas dan persistensi NEP juga dipengaruhi oleh faktor abiotik. Faktor abiotik yang mempengaruhi persistensi NEP di dalam tanah adalah oksigen, derajat keasaman atau PH, kelembaban, dan temperatur tanah. Faktor abiotik lainnya adalah tekstur tanah (Sucipto, 2009 a).

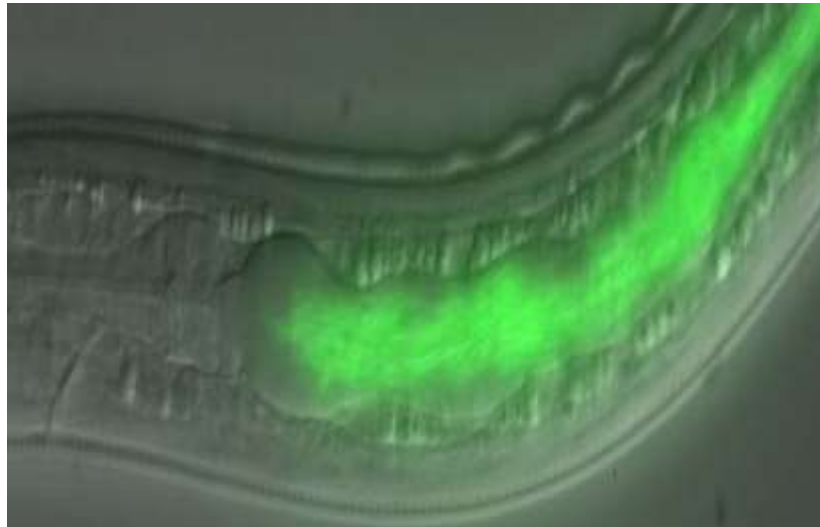
3. Keberadaan bakteri simbiosis *Photorhabdus* sp di dalam usus NEP

Heterorhabditis sp hidup bersimbiosis mutualisme dengan bakteri gram negatif dari famili Enterobacteriaceae dan membawa satu spesies bakteri simbiosis bernama *Photorhabdus* sp. Bakteri simbiosis yang hidup di dalam saluran pencernaan nematoda dalam kondisi dorman yang dapat terjadi dalam dua bentuk, dan hanya salah satu dari bakteri tersebut yang disebut fase I- penting untuk membunuh efektif host serangga.

Photorhabdus sp mempunyai dua bentuk fase yang berbeda yaitu fase primer dan fase sekunder (Ehlers *et al.*, 2009). Perbedaan koloni yang jelas terlihat pada media NBTA atau Mc Concey agar. Morfologi fase primer secara umum adalah granuler, lebih convex (cembung) daripada fase sekunder. Fase sekunder berbentuk flat, translusen dengan tepi agak rata mempunyai diameter lebih besar dibandingkan dengan fase primer. Fase primer mayoritas mempunyai badan inklusi seperti empat persegi panjang, sedangkan pada fase sekunder tidak ditemukan (Kaya & Stock, 1997)

Fase primer tidak dapat bertahan lama (tidak stabil) baik secara *in vitro* maupun *in vivo* dan akan segera berubah ke fase sekunder yang cenderung stabil dan sel bakteri berbentuk batang pendek (Boemare *et al.*, 1996). Bakteri *Photorhabdus* sp mempunyai karakteristik fisiologi antara lain tidak memiliki enzim katalase, bioluminiscens negatif, memfragmentasi laktosa, pencairan gelatin positif, mempunyai aktivitas antibiotik terhadap bakteri tertentu (Woodring and Kaya 1998), anaerob fakultatif dan non fluorescens (Aguillera *et al.*, 1993) bakteri *Photorhabdus* sp menghasilkan enzim lechitinase. Protease, entomotoksin (eksotoksin dan endotoksin), DNAase dan phosphatase yang mempengaruhi proses kematian serangga (Boemare *et al.*, 1996).

Racun yang dihasilkan oleh bakteri *Photorhabdus* sp berupa TccC3 dan TccC5 (bentuk dari adenosine diphosphate/ADPribosyltransferase) (Lang *et al.*, 2010). Produksi racun-racun tersebut diatur oleh beberapa gen kompleks, yaitu tea, tcb, tcc, dan tcd (Bowen *et al.*, 1998). Keberadaan bakteri *Photorhabdus* sp dalam saluran pencernaan *Heterorhabditis* sp ditunjukkan pada pada Gambar 5.



Gambar 5. Keberadaan bakteri *Photorhabdus luminescens* dalam saluran pencernaan *Heterorhabditis* sp (Hotgkin & Philip, 2007)

Bakteri yang dibawa pada tahap nematoda JI yaitu suatu bentuk hidup bebas. Khusus yang mampu mencari larva serangga di dalam tanah, menyerang larva dan melepaskan bakteri simbiotik. NEP yang ada di dalam hemolymph akan berkembang biak dan mengubah jaringan serangga yang mengakibatkan kematian pada serangga inang (Hernández *et al.*, 2008 a).

Larva yang terinfeksi NEP, aktivitas dan makannya akan berkurang dan segera mati dalam waktu singkat, akibat toksin interseluler dan ekstraseluler yang dihasilkan oleh bakteri simbion dalam waktu 24-28 jam (Wiratno & Rohimatun, 2012).

4. Potensi NEP sebagai agen pengendali Hayati

Salah satu agensia hayati yang prospektif untuk mengendalikan serangga hama adalah NEP yang merupakan organisme di dalam tanah dan dapat membunuh atau menghambat perkembangan serangga. NEP juga dapat diproduksi secara massal, mempunyai kemoreseptor, virulensinya pada inang, potensi reproduksinya dan mobilitasnya tinggi, serta aman terhadap organisme bukan sasaran (Suyanto *et al.*, 2012).

Nematoda patogen serangga dapat membunuh salah satu atau beberapa serangga hama. Daya bunuhnya sangat cepat, kisaran inangnya luas, aktif mencari inang sehingga efektif untuk mengendalikan serangga dalam jaringan. NEP tidak menimbulkan resistensi dan mudah diperbanyak, sehingga mempunyai potensi sebagai agen pengendali (Ilham, 2011).

NEP telah dipergunakan untuk mengendalikan serangga hama pada tanaman pangan, perkebunan, rumput lapangan golf serta tanaman hortikultura (Nugrohorini, 2007). Kepadatan populasi NEP akan sangat menentukan keberhasilan menginfeksi serangga hama di lapangan, karena kepadatan populasi NEP menentukan terhadap kemampuan nematoda untuk menyebar dan menemukan inangnya di dalam tanah (Uhan, 2008).

Menurut Suyanto *et al.* (2012) perkembangan larva serangga hama *O. rhinoceros* tergantung pada konsentrasi isolat NEP *Heterorhabditis* sp yang digunakan semakin tinggi konsentrasi perlakuan NEP semakin sedikit jumlah pupa yang muncul dibandingkan pada perlakuan NEP pada konsentrasi rendah.

Konsentrasi entomopatogen yang diaplikasikan kepada larva *O. rhinoceros* sangat mempengaruhi keefektifan mortalitas. Konsentrasi entomopatogen pada larva dilakukan di laboratorium dengan menggunakan berbagai variasi konsentrasi dosis yang berbeda serta menggunakan NEP lebih dari satu jenis (Sihombing *et al.*, 2014).

B. *Oryctes rhinoceros* L

1. Biologi dan siklus hidup *O. rhinoceros*

Kingdom	: Animalia
Filum	: Arthropoda
Class	: Insecta
Ordo	: Coleoptera
Famili	: Scarabidae
Sub Famili	: Dynastinae
Genus	: <i>Oryctes</i>
Spesies	: <i>Oryctes rhinoceros</i> Linn (Susanto <i>et al.</i> , 2011)

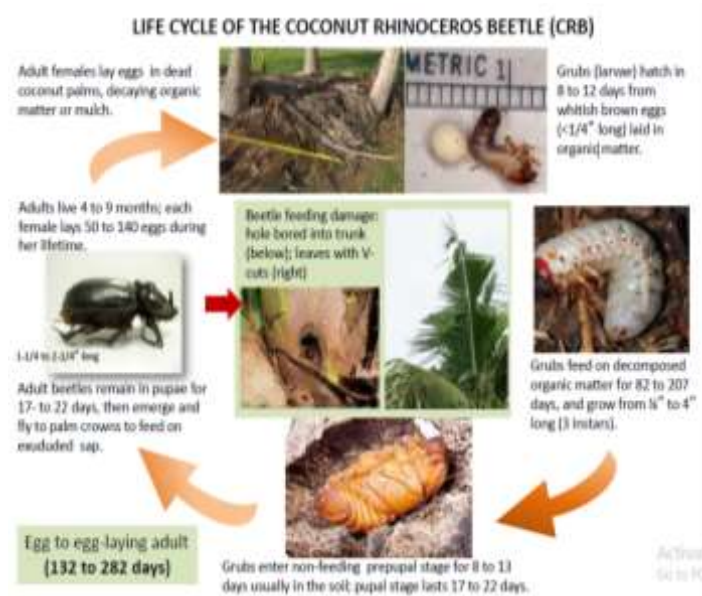
O. rhinoceros termasuk hewan berdarah dingin atau poikiloterm yaitu bila suhu lingkungan menurun maka suhu tubuh serangga juga akan menurun dan proses fisiologisnya akan lambat, dengan demikian lingkungan akan sangat mempengaruhi kehidupan serangga dan apabila suhu tinggi maka serangga akan mati kepanasan (Yustina *et al.*, 2001).

Siklus hidup kumbang badak bervariasi tergantung pada habitat dan kondisi lingkungannya. Musim kemarau yang panjang dengan jumlah makanan yang sedikit akan memperlambat perkembangan larva serta ukuran dewasa yang lebih kecil dari ukuran normal. Suhu perkembangan larva yang sesuai adalah 27°C - 29°C dengan kelembaban relatif 85-95% (Susanto *et al.*, 2011).

Kumbang ini mempunyai telur yang berwarna putih kekuningan dengan diameter 3 mm. Bentuk telur biasanya oval kemudian mulai membengkak sekitar 1 minggu setelah peletakan dan menetas pada umur 8-12 hari. Stadia larva terdiri dari 3 instar, dan berlangsung dalam waktu 82-207 hari. Larva berwarna putih kekuningan, berbentuk silinder, gemuk dan kekuningan, berbentuk silinder, gemuk dan berkerut-kerut, melengkung membentuk setengah lingkaran. Panjang sekitar 60-100 mm atau lebih (Ooi, 1988).

Prepupa terlihat menyerupai larva, hanya saja lebih kecil dari larva instar terakhir dan menjadi berkerut serta aktif bergerak ketika diganggu. Lama stadia prepupa berlangsung 8-13 hari. Pupa berwarna coklat kekuningan, berukuran sampai 50 mm dengan waktu 17-28 hari. Kumbang berwarna coklat gelap sampai hitam, mengkilap, panjang 35-50 mm dan lebar 20-23 mm dengan satu tanduk yang menonjol pada bagian kelapa (Wood, 1968).

Kumbang jantan memiliki tanduk yang lebih panjang dari betina sedangkan betina mempunyai rambut pada ujung ruas terakhir abdomen dan jantan tidak. Umur betina lebih panjang dibandingkan dengan umur jantan. Kumbang yang baru jadi akan tetap tinggal ditempatnya antara 15-20 hari (masa pre-imago), kemudian baru terbang keluar. Kumbang dapat hidup sekitar 6-9 bulan (Mariau *et al.*, 1991). Kumbang dewasa meninggalkan kokon pada malam hari dan terbang ke atas pohon kelapa, kemudian menyusup ke dalam pucuk dan membuat lubang hingga menembus pangkal pelepah daun muda sampai di tengah pucuk dan tinggal pada lubang ini selama 5-10 hari. Bila sore hari, kumbang dewasa mencari pasangan dan kemudian kawin (Hidayanti & Yuniarti, 2013).



Gambar 6. Siklus hidup *O. rhinoceros* (Arnold, 2014)

Gambar 6 menjelaskan siklus hidup hama *O. rhinoceros* (Susanto *et al.*, 2011). Imago *O. rhinoceros* betina bertelur pada bahan-bahan organik seperti di tempat sampah, daun-daunan yang telah membusuk, pupuk kandang, batang kelapa, kompos, dan lain-lain. Siklus hidup kumbang ini antara 4-9 bulan, tetapi pada umumnya 4,7 bulan. Jumlah telurnya 30-70 butir atau lebih, dan menetas setelah lebih kurang 12 hari. Telur berwarna putih, mula mula bentuknya jorong, kemudian berubah agak membulat.

Penjelasan dari siklus hidup *O. rhinoceros* berdasarkan Gambar 6 yaitu sebagai berikut:

1. Telur

Telur *O. rhinoceros* 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 (Arnold, 2014).

2. Larva

Larva yang baru menetas berwarna putih dan setelah dewasa berwarna putih kekuningan, warna bagian ekornya agak gelap dengan panjang 7-10 cm dengan kepala berwarna merah kecoklatan. Tubuh bagian belakang lebih besar dari bagian depan. Pada permukaan tubuh larva terdapat bulu-bulu pendek dan pada bagian ekor bulu-bulu tersebut tumbuh lebih rapat. Stadia larva 4-5 bulan bahkan adapula yang mencapai 2-4 bulan lamanya. Stadia larva terdiri dari 3 instar yaitu instar I selama 11-21 hari, instar II selama 12-21 hari dan instar III selama 60-165 hari.

Gambar 7 menunjukkan stadia larva instar III *O. rhinoceros*. Larva berkembang sampai instar 3 sekitar 82-207 hari (Susanto *et al.*, 2011).



Gambar 7. Larva *O. rhinoceros* (Dokumentasi pribadi)

3. Pupa

Pupa ukurannya lebih kecil dari larva, kerdil, bertanduk dan berwarna merah kecoklatan dengan panjang 5-8 cm yang terbungkus kokon dari tanah yang berwarna kuning. Stadia ini terdiri atas 2 fase yaitu fase I, berlangsung selama 1 bulan dan merupakan perubahan bentuk dari larva ke pupa.

Fase II berlangsung selama 3 minggu, sekitar 17-22 hari merupakan perubahan bentuk dari pupa menjadi imago, dan masih berdiam dalam kokon. (Susanto *et al.*, 2011). Gambar 8 menunjukkan pupa *O. rhinoceros*.



Gambar 8. Pupa *O. rhinoceros* (Young & Derek, 2014)

4. Imago

Imago *O. rhinoceros* memiliki bentuk tubuh bulat telur memanjang, warna coklat kehitaman, mengkilat, memiliki satu tanduk pada bagian kepalanya, panjang badan 42-45 mm, panjang tanduk 3- 5 mm dan lebar 16-21 mm, kumbang jantan memiliki tanduk lebih panjang dari kumbang betina, kumbang betina memiliki rambut pada ujung abdomen, kumbang jantan tidak memiliki rambut pada ujung abdomen (Handayani *et al.*, 2013). Stadia pupa ke imago membutuhkan waktu sekitar 17-22 hari.



Gambar 9. Imago *O. rhinoceros*. (a) kumbang betina (b) kumbang jantan (Handayani *et al.*, 2013)

2. Ciri-ciri kerusakan pohon kelapa akibat hama *Oryctes rhinoceros* L

Hama *O. rhinoceros* sangat merusak tanaman kelapa sawit dan tersebar luas diseluruh wilayah Indonesia hingga Asia Tenggara, Pasifik, dan daerah sentra pertanaman kelapa. *O. rhinoceros* menyerang tanaman kelapa yang kurang terawat dan dapat menyebabkan kerusakan yang sangat serius (Handayani *et al.*, 2013).

Tanda tanaman yang terserang nampak daunnya membentuk potongan segitiga akibat dimakan hama *O. rhinoceros*. Kerugian yang ditimbulkan berupa rusaknya titik tumbuh tanaman kelapa sebagai tempat kumbang dewasa menyusup ke dalam. Akibatnya, umbut dan bakal daun menjadi rusak yang ditandai daun kelapa menjadi berbentuk segitiga (Suyanto *et al.*, 2012).

Kumbang yang muncul akan mulai berterbangan pada waktu senja hari atau malam hari menuju mahkota daun tanaman kelapa dan menuju ujung batang kemudian menggerak sampai ke titik tumbuh (Endro *et al.*, 2013). Gambar 10 menunjukkan Pucuk daun kelapa yang terserang hama *O. rhinoceros*.



Gambar 10. Daun yang terserang Imago *O. rhinoceros* (Dokumentasi pribadi)

O. rhinoceros menyebabkan kerusakan dengan cara melubangi pangkal pelepah muda pada tanaman, tanda serangan terlihat pada bekas lubang gerakan pada pangkal batang, selanjutnya mengakibatkan pelepah daun muda putus dan membusuk kering. Gambar 11 menunjukkan pelepah kelapa yang dilubangi oleh imago *O. rhinoceros*.



Gambar 11. Pangkal pelepah muda pada tanaman kelapa yang dirusak oleh hama *O. rhinoceros* (Dokumentasi pribadi)

C. Penelitian Terkait

Penelitian tentang penggunaan NEP sebagai agen pengendali hayati banyak digunakan untuk membunuh hama ordo Lepidoptera seperti *Spodoptera exigua* yang menyerang tanaman bawang merah. NEP untuk membunuh hama *Agrotis ipsilon* pada tanaman kubis, membunuh hama *Spodoptera* sp pada tanaman keledai, membunuh hama *Crociodolomia binotalis* pada sayur- sayuran seperti selada, kubis, bawang merah dan bawang putih di Tawangmangu (Subagiya, 2005). NEP efektif terhadap penanggulangan serangga hama penggerek batang Glmelina larva *X. Ceramicus* dengan konsentrasi NEP yang digunakan yaitu dosis 1 sendok yang berisi 3.690 nematoda, dosis 2 sendok berisi 7.380 nematoda dan dosis 3 sendok berisi 11.070 nematoda. Dosis yang sebaiknya digunakan dalam pemberantasan larva *X. Ceramicus* adalah dosis 1 sendok yang berisi 3.690 nematoda (Biamaatmadja *et al.*, 2006).

NEP *Heterorhabditis* sp lokal Madura sebagai pengendalian hayati hama penting tanaman hortikultura yang ramah pada lingkungan pada ulat kubis *Plutella xylostella* L, ulat bawang (*Spodoptera exigua* Hubu), ulat grayak (*Spodoptera litura* F) tanaman cabai, hama uret (*Holotrichia javana* Birsk) pada tanaman kentang dan ulat buah tomat *Helicorpa armigera* Hubu. NEP *Heterorhabditis* sp memberikan alternatif pengendalian hayati yang lebih ramah dan aman bagi lingkungan serta mengurangi pemakaian pestisida sintetik yang dapat menyebabkan polusi bagi lingkungan. Dosis NEP yang digunakan dalam penelitian ini adalah 250 JI/ml terhadap *H. Ansulata*, 260 JI/ml untuk *S. litura* 260 JI/ml, konsentrasi yang memberikan tingkat mortalitas yang berarti terhadap *H. Ansulata* dan *S. litura* adalah dosis 400 JI/ml (Sucipto, 2009 a).

Efikasi NEP *Heterorhabditis* sp isolat lokal terhadap diamond back moth *Plutella xylostella*. Hasil uji virulensi NEP terhadap larva *P. xylostella* menunjukkan tingkat kepadatan populasi NEP berpengaruh terhadap persentase mortalitas *P. xylostella*. Semakin tinggi kepadatan populasi nematoda semakin tinggi pula mortalitas larva *P. Xylostella*.

Konsentrasi NEP yang digunakan yaitu 100 JI/ml, 200 JI/ml, 400 JI/ml dan 800 JI/ml, jumlah kematian larva mencapai 50 % dengan konsentrasi NEP 400 JI/ml (Rahardjo *et al.*, 2014).

Uji efektivitas NEP *Heterorhabditis* sp dan *Steinernema* sp terhadap hama *Lepidiota stigma* (Fabr) pada tanaman tebu (*Saccharum officinarum* L) di laboratorium dan di rumah kaca. NEP memberikan pengaruh nyata dalam membunuh larva *L. Stigma*, dengan dosis NEP *Heterorhabditis* P1 $0,5 \times 10^6$ JI/timba, P2 1×10^6 JI/timba, P3 $1,5 \times 10^6$ JI/timba. NEP dapat membunuh hama uret tanaman tebu hingga 68,38 % setelah 10 hari aplikasi (Wahid, 2013).

Efektivitas berbagai konsentrasi NEP (*Steinernema* sp) terhadap mortalitas larva *Spodoptera exiqua* Hubner. Hasil penelitian dan pengamatan dapat menyimpulkan bahwa konsentrasi nematoda sangat efektif dan efisien untuk digunakan dalam mengendalikan larva ulat bawang *S. exiqua* (Kamariah, 2013). Uji keefektifan NEP *Steinernema carpocapsae* (Rhabditida: Steinernematidae) isolat lembang terhadap mortalitas larva *Agrotis ipsilon* hufn. (Lepidoptera: Noctuidae) pada tanaman kubis di rumah kaca (Uhan, 2008).

Penelitian larva serangga hama *Oryctes rhinoceros* pada berbagai konsentrasi isolat NEP *Heterorhabditis* sp. Jumlah pupa yang muncul setelah perlakuan NEP sangat beragam. Perlakuan NEP dengan konsentrasi tinggi jumlah pupa yang muncul lebih sedikit dibanding pada perlakuan NEP pada konsentrasi rendah.

Jumlah pupa *O. rhinoceros* yang muncul semakin sedikit pada konsentrasi nematoda yang semakin tinggi karena kebanyakan larva uji mengalami kematian pada konsentrasi nematoda yang tinggi. Konsentrasi NEP yang digunakan yaitu 225 nematoda/ml, 375 nematoda/ml dan 450 nematoda/ml. Nematoda dengan konsentrasi 375-450 nematoda/ml air akan mengakibatkan kematian pada larva *O. rhinoceros* instar II hingga 80-90 % (Suyanto *et al.*, 2012).

Dosis dibuat bervariasi karena berdasarkan hasil penelitian (Manan & Suyanto, 2009) menyatakan bahwa konsentrasi nematoda berpengaruh terhadap mortalitas ulat grayak. Konsentrasi 500 nema/ml menimbulkan mortalitas 5 %, yang meningkat seiring naiknya konsentrasi nematoda sampai 2.000 nema/ml. Konsentrasi 500 nema/ml mencapai mortalitas 42,5 %. Hal ini sesuai dengan dengan laporan (Wouts, 1980) bahwa mortalitas inang meningkat dengan penambahan jumlah nematoda.

D. Hipotesis

Hipotesis dari penelitian ini adalah nematoda entomopatogen (NEP) pada dosis tertentu efektif terhadap mortalitas larva *O. rhinoceros*.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Lokasi dan Waktu Penelitian

Waktu penelitian dilaksanakan pada bulan Maret-April 2015. Lokasi penelitian di kebun kelapa milik rakyat Jepara di Desa Jeruk Wangi kecamatan Bangsri kabupaten Jepara. Pemeriksaan mikroskopis larva *O.rhinoceros* yang terserang NEP di laboratorium Biologi Universitas Negeri Semarang.

B. Populasi dan Sampel

Populasi yang digunakan pada penelitian ini adalah semua larva *O .rhinoceros* yang ada di desa Jeruk Wangi Jepara. Sampel yang digunakan pada penelitian ini adalah larva *O. rhinoceros* instar III sebanyak 240 larva dengan berat 9-11 gram dan panjang larva rata-rata 7-10 cm. Diperoleh dari perkebunan kelapa milik rakyat desa Jeruk Wangi Jepara.

C. Variabel

Variabel penelitian ini terdiri variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas adalah variabel yang diuji efektifitasnya yaitu dosis NEP. Variabel terikat adalah variabel yang diukur yaitu mortalitas dan perubahan-perubahan fisik larva *O. rhinoceros* yang terserang NEP.

D. Rancangan penelitian

Rancangan penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap yang terdiri dari empat perlakuan dan masing-masing diulang enam kali.

P0 = kontrol (tanpa perlakuan)

P1 = perlakuan dengan NEP dosis pengenceran 14 Liter air

P2 = perlakuan dengan NEP dosis pengenceran 7 Liter air

P3 = perlakuan dengan NEP dosis pengenceran 3,5 Liter air

E. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah pot bunga berwarna hitam yang berukuran diameter 30 cm, tinggi 35 cm 24 pot, kain kasa penutup pot, tali rafia, solder untuk melubangi pot, eternit sebanyak 200 potongan untuk menutup lubang pot, lakban, kertas mika, gunting, pisau, ember ukuran 14 liter, takaran air 1 liter, kertas dan label, kantong plastik, higrometer untuk mengukur kelembaban tanah, termometer untuk mengukur suhu lingkungan, mikroskop, timbangan, sarung tangan, tampah plastik yang bulat, gayung kecil, alat tulis dan kamera untuk mendokumentasi setiap kegiatan.

Bahan-bahan untuk penelitian berupa larva *O. rhinoceros* sebanyak 240 larva, Coleonema (kemasan yang berisi NEP) sebanyak 4 bungkus, air bersih sebanyak 14 liter, 7 liter dan 3,5 liter, tanah dan serbuk kelapa bekas penggajian. Volume NEP yang disiramkan pada setiap pot sebanyak 1 liter.

F. Prosedur Penelitian

1. Persiapan penelitian

Penelitian ini dilakukan di kebun salah satu penduduk desa Jeruk Wangi Kecamatan Bangsri Jepara dengan Luas lahan perkebunan 500 m². Letak astronomis kota Jepara diantara 110° 9'48,02" sampai 110° 58'37,40" BT dan 5° 43'20,67" sampai 6°47'25,83" LS. Kabupaten Jepara beriklim tropis dengan rata-rata musim penghujan empat sampai lima bulan dan musim kemarau antara tujuh sampai delapan bulan dalam setahun, dengan suhu rata-rata antara 21,55°C sampai dengan 32,71°C.

Alasan menggunakan desa Jeruk Wangi sebagai lokasi penelitian karena banyaknya serangan *O. rhinoceros*, menyebabkan kerusakan pada tanaman kelapa pada sehingga perlu dikendalikan. Larva *O. rhinoceros* tinggal ditempat yang lembab. Populasi larva *O. rhinoceros* meningkat akibat intensitas hujannya yang tinggi. Curah hujan di kecamatan Bangsri memiliki curah hujan 2.769 mm dengan hari hujan sebanyak 118 hari (BPS Jepara, 2015).

a. Persiapan wadah/ pot

Wadah yang disiapkan sebanyak 24 pot berwarna hitam diameter 30 cm, tinggi 35 cm. Setiap bagian bawah pot ditutup dengan eternit untuk mencegah larva keluar dari pot. Pot bagian samping diberi lubang untuk keluarnya air. Pot yang sudah dilubangi diberi label dibagian samping pot menggunakan ti-pex. Label yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

K= K1N1, K2N2, K3N3, K4N4, K5N5, K6N6.

NEP 14 liter = N14. 1, N14 .2, N14. 3, N14. 4, N14. 5, N14. 6.

NEP 7 liter = N7. 1, N7. 2, N7. 3, N7. 4, N7. 5, N7. 6.

NEP 3,5 liter = N3,5. 1, N3,5. 2, N3,5. 3, N3,5. 4, N3,5. 5, N3,5. 6.

b. Media tanah dan serbuk kelapa

Media yang digunakan adalah serbuk kelapa, kompos dan tanah dengan perbandingan 1 kg serbuk pengergajian kelapa, 2 kg pupuk kompos dan 2 kg tanah (1:2:2). Pot diisi dengan media tanah yang terdiri dari tanah, kompos dan serbuk kelapa sehingga menjadi 5 kg dengan ditimbang terlebih dahulu menggunakan timbangan. Total pot yang diisi sebanyak 24 pot sehingga total berat tanah yang dibutuhkan adalah 120 kg tanah. Semua media tanah, kompos dan serbuk kelapa dicampur. Campuran ini menjadi sumber makanan dan habitat pada larva *O. rhinoceros* sesuai dengan habitat aslinya. Tanah diperoleh dari kebun milik rakyat desa Jeruk Wangi Jepara.

c. Jaring dan tali rafia penutup pot

Jaring net dan tali rafia untuk menutup pot. Permukaan pot diberi penutup jaring net. Ditutup jaring net agar larva terlindung dari gangguan hewan lain dan dari sinar matahari langsung.

d. Persiapan larva *O. rhinoceros*

Larva *O. rhinoceros* diperoleh dari kebun milik rakyat di desa Jeruk Wangi kecamatan Bangsri kabupaten Jepara sebanyak 240 ekor. Penelitian ini

terdiri dari 4 perlakuan dan ada 6 kali ulangan tiap ulangan terdiri dari 10 larva. Larva *O. rhinoceros* yang digunakan dalam penelitian ini adalah larva instar III. Alasan menggunakan larva instar III dalam penelitian ini karena pada fase instar III larva sangat aktif bergerak dan makan sangat banyak. Berat larva 9-11 gram dan panjang larva 7-10 cm.

e. Persiapan Nematoda entomopatogen (NEP)

NEP yang digunakan adalah NEP yang komersial. NEP *heterorhabditios* sp diperoleh dari jurusan HPT, Fakultas Pertanian Universitas Jember dalam formulasi cair dengan media spon berisi 10×10^6 NEP tiap sponnya. Dosis anjuran pemakaian NEP satu kemasan plastik untuk 1 tangki semprot 14 liter untuk 500 m^2 persegi lahan, sedangkan untuk pembibitan 1 kemasan plastik untuk $400\text{-}500 \text{ m}^2$.

Variasi dosis dilakukan karena dosis anjuran NEP 14 liter banyak diaplikasikan pada hama seranggan larva ordo Lepidoptera yang umumnya memiliki bentuk dan struktur tubuh lebih kecil dan lebih lunak dibandingkan dengan ordo Coleptera. Aplikasi NEP cenderung dilakukan di laboratorium bukan di lapangan, sehingga perlu dibuat variasi dosis yang dua kali lebih pekat dibandingkan dengan dosis anjuran.

Masing-masing pengenceran NEP yang diambil hanya 1 liter NEP setiap pengencerannya. Perhitungan jumlah JI dalam 1 liter NEP yaitu $100/14 \times 10^5 = 7,14 \times 10^5$ JI/liter untuk dosis pengenceran 14 liter. Perhitungan jumlah JI 1 liter NEP pengenceran 7 liter air yaitu $100/7 \times 10^5 = 14,28 \times 10^5$ JI/liter dan $100/3,5 \times 10^5 = 28,57 \times 10^5$ JI/liter untuk dosis pengenceran 3,5 liter.

NEP yang ada di dalam spon dilarutkan ke dalam air dengan cara memeras spon sampai spon bersih tidak berwarna kuning kecoklatan. Setiap perlakuan dosis pengenceran NEP disiram menggunakan gayung kecil yang sudah dilubangi. Setiap pot hanya disiram 1 kali dengan gayung setelah itu NEP yang terlarut dalam air tersebut dibuang dan selanjutnya diganti dengan volume pengenceran yang baru menggunakan air dan wadah yang baru.

2. Perlakuan

- a. Perlakuan kontrol keenam pot masing-masing pot diisi 10 larva sehingga sampel untuk kontrol sebanyak 60 larva. Pot diberi air untuk menjaga kelembaban. Masing-masing pot disiram sebanyak 1 liter air. Pot yang sudah disiram air ditutup dengan jaring net dan diikat dengan tali rafia. Kontrol diletakkan jauh dari pot yang diberi perlakuan untuk mencegah kontaminasi dari pot yang diberi perlakuan NEP. Pot diletakkan ditempat yang terlindungi dari sinar matahari langsung karena NEP sensitif terhadap sinar UV.
- b. Perlakuan pertama, kedua dan ketiga (P1,P2 dan P3) diaplikasikan dengan cara yang sama. Secara bertahap dimulai dari dosis 14 liter air terlebih dahulu. Satu bungkus spon NEP dilarutkan kedalam 14 liter air, 7 liter air dan 3,5 liter air, khusus untuk dosis NEP 3,5 liter digunakan dua bungkus NEP dengan dua kali pengenceran. Spon diperas beberapa kali sampai spon tidak berwarna kuning kecoklatan. NEP disiram kedalam masing-masing pot sebanyak 1 liter NEP. Pot ditutup dengan jaring dan diikat dengan tali rafia. Pot diletakkan ditempat yang terlindungi sinar matahari langsung, tepatnya di bawah pohon kelapa. Cara yang sama dilakukan untuk aplikasi NEP pengenceran 7 liter dan pengenceran NEP 3,5 liter, tetapi menggunakan wadah pengenceran yang berbeda. Wadah pengenceran dari perlakuan sebelumnya dicuci sampai bersih menggunakan air bersih. Sisa NEP yang tidak digunakan pada masing-masing perlakuan dibuang.

3. Pengamatan

Data yang diamati adalah :

- a. Faktor-faktor abiotik sekitar perlakuan larva *O. rhinoceros* setiap minggu yang meliputi : 1) temperatur 2) kelembapan 3) intensitas cahaya 4) curah hujan.
- b. Pengamatan dilakukan dengan cara membuka semua pot percobaan secara bergantian. Isi dalam pot dituang ke tampah bundar kemudian dihitung jumlah larva yang hidup dan yang sudah mati. Larva yang sudah mati diamati keadaan fisiknya seperti perubahan warna kulit larva, kondisi tubuh larva, gerakan larva

dan bau yang dikeluarkan dari tubuh larva. Larva yang belum mati dikembalikan dalam pot dan ditutup seperti semula.

- c. Persentase mortalitas larva *O. rhinoceros* dihitung dengan menggunakan rumus Sihombing *et al* (2014) sebagai berikut :

$$Mortalitas(P) = \frac{\sum a}{\sum b} \times 100 \%$$

Keterangan:

P = Persentase mortalitas larva

a = Jumlah larva yang mati

b = Jumlah larva awal

4. Identifikasi Kematian Larva

Pengujian dilakukan untuk memastikan kematian larva apakah disebabkan oleh infeksi NEP *Heterorhabditis* sp atau bukan. Identifikasi kematian larva dilakukan secara mikroskopis di laboratorium jurusan Biologi Universitas Negeri Semarang. Dengan cara sebagai berikut:

- a. Setelah larva tersebut mati, juvenil infektif nematoda pada bangkai larva dapat dikeluarkan dengan menggunakan metode *White Trap* (metode kertas saring).
- b. Larva yang sudah mati diletakkan di atas cawan petri yang lebih kecil yang di atasnya telah dialasi dengan kertas filter, ditambahkan aquadest secukupnya ke dalam cawan petri. Ujung kertas filter harus menyentuh permukaan aquadest yang terdapat dalam cawan Petri. Aquadest ditambahkan untuk memudahkan nematoda keluar dari larva dan masuk ke dalam air. JI dalam air yang didapatkan diambil dengan pipet dan diamati di bawah mikroskop (Rahim, 2010).

- c. Keberadaan JI NEP menunjukkan bahwa larva terinfeksi NEP (Manan & Suyanto, 2009). Metode kertas saring untuk melihat keberadaan NEP dalam tubuh larva ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 12. Metode kertas saring (Dokumentasi pribadi)

G. Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan berupa presentase mortalitas *O.rhinoceros*, data abiotik dan hasil identifikasi kematian larva *O. rhinoceros*.

H. Analisis Data

Hasil penelitian disajikan menggunakan grafik dalam bentuk persentase (%) mortalitas larva *O. rhinoceros* kemudian dianalisis secara deskriptif.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Larva *O. rhinoceros* yang terinfeksi NEP

Larva *O. rhinoceros* yang mati oleh NEP menunjukkan gejala awal dengan kondisi lemah, tidak ada gerakan dan akhirnya mati. Tekstur tubuh berubah menjadi lembek dan bila dibedah jaringan lunak berair. Warna tubuh larva *O. rhinoceros* yang mati berwarna coklat kehitaman. Hasil pengamatan ini sesuai dengan pernyataan Chaerani *et al.* (2007) yang menyatakan bahwa larva yang mati terinfeksi NEP berubah warna menjadi coklat tua. Apabila tubuh larva ditekan maka akan mudah hancur dan mengeluarkan cairan berbau busuk, hal ini sesuai dengan pernyataan Bimaatmadja *et al.* (2006) gejala larva yang terserang nematoda yaitu terjadi perubahan warna kulit, kondisi tubuh lemah dan tubuh larva yang mati mengeluarkan bau.

Larva *O. rhinoceros* yang terserang NEP mengalami penurunan aktivitas pergerakan, cenderung diam dan pada akhirnya mati. Menurut Afifah *et al.* (2013) larva yang terserang NEP mengalami penurunan aktivitas. Larva yang sudah mati berbentuk koma dan mengalami perubahan warna pada tubuh larva. Perubahan warna pada larva terjadi akibat reaksi bakteri simbiosis *photorhabdus* sp yang ada dalam saluran pencernaan NEP, dengan merusak konstruksi jaringan tubuh larva sehingga larva yang sudah mati berwarna hitam (Suyanto *et al.*, 2012).

Gambar 13 memperlihatkan larva *O. rhinoceros* yang terserang NEP, sebagai contoh larva yang mati diambil dari perlakuan dosis NEP 7 liter.



Gambar 13. Larva *O. rhinoceros* yang terserang NEP

Juvenil infeksi (JI) NEP pada larva *O. rhinoceros* dikeluarkan dari tubuh larva yang sudah mati menggunakan metode *white trap* (Rahim, 2010). Pengamatan di bawah mikroskop ditemukan NEP yang masih hidup dengan tubuh menyerupai cacing, warna transparan dan kepala memiliki kait.

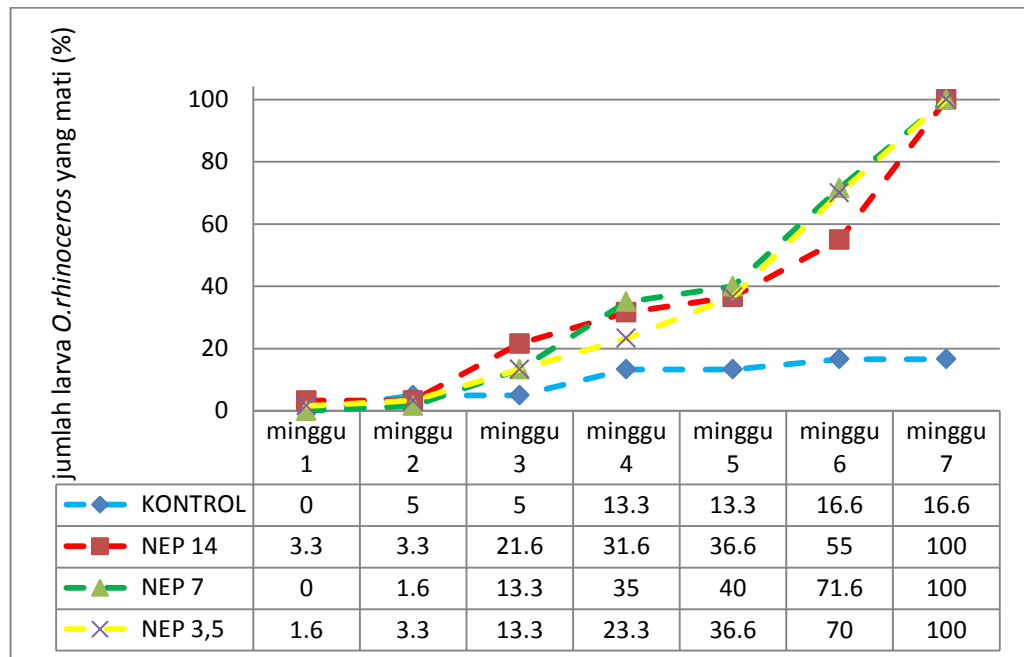


Gambar 14. NEP yang ditemukan dalam bangkai larva *O. rhinoceros*

Larva yang sudah mati diamati penyebab kematiannya secara makroskopis dan mikroskopis. Larva yang mati pada tiap perlakuan, dihitung jumlah larva yang mati dan dimasukkan ke dalam grafik mortalitas seperti pada Gambar 15.

B. Grafik mortalitas larva *O. rhinoceros*

Hasil pengamatan mortalitas larva *O. rhinoceros* yang diberi empat perlakuan dosis NEP selama 7 minggu disajikan pada gambar 15 berikut.



Gambar 15. Persentase jumlah larva *O. rhinoceros* yang mati selama 7 minggu pengamatan

Gambar 15 menunjukkan persentase jumlah rata-rata mortalitas larva *O. rhinoceros* dari enam ulangan disetiap perlakuan dosis NEP. Mekanisme patogenesis NEP secara umum melalui beberapa tahapan yaitu : *invasi*, *evasi* dan *toksigenesis*. *Invasi* merupakan suatu proses terjadi penetrasi NEP ke dalam tubuh serangga inang melalui lubang-lubang alami, seperti mulut, anus, spirakel dan kutikula. Tahap selanjutnya adalah *evasi* yaitu tahap NEP mengeluarkan bakteri simbion di dalam tubuh serangga inang, setelah melalui tahap *invasi* dan *evasi*, selanjutnya terjadi proses *toksikogenesis* yaitu tahap bakteri simbion menghasilkan toksin, sehingga dapat menyebabkan kematian pada serangga inang (Mulyaningsih, 2010 ; Hernández *et al.*, 2008 a).

Mortalitas larva pada minggu pertama sebanyak 3,3 % terjadi pada dosis pengenceran NEP 14 liter, dan sebanyak 1,6 % pada pengenceran NEP 3,5 liter. Pengenceran NEP 7 liter belum terjadi kematian hal ini diduga dipengaruhi oleh kemampuan NEP mencapai larva, kemampuan bakteri simbion mengeluarkan racun, ukuran larva masing-masing perlakuan tidak sama. NEP masuk kedalam tubuh larva melalui lubang-lubang alami seperti mulut, anus, spirakel dan kutikula. NEP masuk ke dalam tubuh larva dan mengeluarkan bakteri simbion *Photorhabdus* sp didalam tubuh serangga kemudian bakteri tersebut mengeluarkan toksin yang menyebabkan kematian pada larva (Hernández *et al.*, 2008 b ; Wiratno, 2012).

Poinar & Grewal (2012) menyatakan bahwa ketika juvenil infektif (JI) masuk ke dalam rongga tubuh inang, maka bakteri dalam tubuh JI akan dikeluarkan melalui anus, lalu berkembang biak dengan cepat di dalam tubuh inang sehingga inang akan mati. Nematoda akan berkembang dan bereproduksi di dalam tubuh inang, makan bakteri simbiotik dan mendegradasi jaringan tubuh inang (Rahardjo *et al.*, 2014).

Penelitian terhadap bakteri *Photorhabdus luminescens* tidak dilakukan dalam penelitian ini, tetapi Bowen *et al.* (1998) berhasil menganalisis toksin bakteri *Photorhabdus luminescens* TccC3 dan TccC5. TccC3 dan TccC5 adalah bentuk dari adenosine diphosphate/ADPribosyltransferase (Lang *et al.*, 2010). Produksi racun-racun tersebut diatur oleh beberapa gen kompleks, yaitu tea, tcb, tcc, dan tcd (Bowen *et al.*, 1998).

Pengamatan mortalitas larva pada minggu kedua, mortalitas pada perlakuan NEP 14 liter meningkat menjadi 3,3 %, perlakuan NEP 7 liter meningkat menjadi 1,6 %, pada perlakuan NEP 3,5 liter mortalitas larva menjadi 3,3 % dan pada kontrol 5 %. Peningkatan mortalitas ini diakibatkan meningkatnya jumlah NEP yang menginfeksi tubuh larva. NEP memerlukan waktu untuk menginvasi serangga inang. NEP yang masuk ke dalam tubuh larva bekerja tidak pada saat yang bersamaan tergantung pada besar larva, berat larva dan faktor-faktor abiotik yang mendukung, sehingga ada larva yang sudah mati dan ada larva

yang masih hidup hal ini tampak pada grafik mortalitas minggu pertama sampai minggu ketiga.

Minggu ketiga mortalitas larva lebih tinggi dibandingkan pada minggu kedua, terjadi peningkatan pada masing-masing perlakuan kecuali kontrol. Mortalitas larva perlakuan NEP 14 liter (21,6 %), pada NEP 7 liter (13,3 %) dan pada NEP 3,5 liter (13,3 %). Kematian ini akibat sudah banyak NEP yang masuk kedalam tubuh larva *O. rhinoceros* dan merusak jaringan larva. Kerja NEP pada minggu pertama sampai minggu ketiga masih rendah karena NEP baru diaplikasikan. NEP dalam masa adaptasi lingkungan dan pencarian inang sehingga memerlukan waktu untuk menginfeksi larva. Semakin banyak NEP yang menyerang tubuh larva maka semakin banyak larva yang mati. Pernyataan ini sesuai dengan penelitian Sucipto (2009 b) semakin banyak nematoda masuk ke dalam tubuh serangga maka semakin meningkat jumlah larva yang mati.

Minggu keempat, kelima, keenam sampai minggu ketujuh mortalitas larva semakin tinggi. Mekanisme patogenitas NEP mulai dari *invasi*, *evasi* dan *toksigenesis* terjadi pada awal NEP menginfeksi larva pada minggu pertama, sedangkan pada minggu ketujuh hanya menunggu waktu kematian semua larva. Minggu pertama sampai minggu ketiga masih banyak larva yang belum mati, karena NEP memerlukan waktu untuk menginfeksi larva sehingga proses kematian larva sedikit lambat. Dibandingkan pada minggu keempat sampai minggu ketujuh kematian larva semakin meningkat. Minggu ketujuh semua perlakuan menunjukkan kematian larva *O. rhinoceros* mencapai 100 %, kecuali pada kontrol 16,6 %.

Perbandingan tingkat mortalitas larva dari minggu ketiga sampai minggu keenam menunjukkan tingkat mortalitas yang tertinggi sampai yang terendah pada masing-masing dosis perlakuan. Mortalitas yang paling rendah yaitu (21-55 %) pada NEP pengenceran 14 liter, NEP pengenceran 7 liter (13,3-71,6 %), NEP pengenceran 3,5 liter (13,3- 70 %) dan kontrol (5 -16,6 %). Kematian larva *O. rhinoceros* pada dosis NEP 14 liter lebih sedikit dibandingkan dengan dosis NEP 7 liter dan 3,5 liter, hasil ini sesuai dengan pernyataan Wouts (1980) bahwa mortalitas inang meningkat dengan penambahan jumlah nematoda.

Dosis NEP 7 liter dibandingkan dosis NEP 3,5 liter, dosis NEP 7 liter lebih banyak larva *O. rhinoceros* yang mati. Sesuai dengan pernyataan Manan & Suyanto (2009) tidak semua nematoda dapat masuk ke dalam tubuh larva. Beberapa faktor diantaranya yaitu, bulan Maret-April pada saat penelitian curah hujan cukup tinggi di Jepara, sehingga jumlah air di dalam pot dosis 3,5 liter banyak, sehingga kemungkinan ada NEP yang terbawa arus hujan. Menurut Sucipto (2009 a) NEP memerlukan air untuk pergerakan dan aktivitasnya. Jika air tersebut didapatkan dalam jumlah yang besar maka nematoda tidak akan melewati pori-pori tanah melainkan akan terbawa air ketempat lain. Hal ini berpengaruh terhadap tinggi rendahnya mortalitas larva, oleh karena itu NEP dalam pot dosis NEP 3,5 liter jumlah larva yang mati lebih sedikit dibandingkan dosis NEP 7 liter.

Faktor intensitas cahaya matahari, suhu dan kelembaban yang tinggi menyebabkan ada banyak NEP yang mati. NEP yang berhasil masuk kedalam tubuh larva hanya sedikit. Mortalitas larva *O. rhinoceros* dosis NEP 3,5 liter lebih rendah dibandingkan dosis NEP 7 liter bergantung juga terhadap ukuran larva, berat larva pada masing-masing perlakuan berbeda. Menurut Kaya & Gaugler (1993) ukuran larva yang lebih kecil akan lebih cepat mati dibandingkan ukuran larva yang besar.

Berdasarkan penelitian Wahid (2013) setelah 10 hari aplikasi. NEP dapat membunuh hama *Lepidiota stigma* hingga 68,38 % dengan dosis NEP P1 $0,5 \times 10^6$ JI/timba, P2 1×10^6 JI/timba, P3 $1,5 \times 10^6$ JI/timba yang dilakukan di laboratorium dan rumah kaca. Hari ke 10 dalam penelitian ini setara dengan minggu kedua, tetapi jumlah larva yang mati masih kurang dari 5 %. Minggu ketiga jumlah larva yang mati tertinggi pada pengenceran NEP 14 liter (21,6 %). Berbeda dengan minggu keempat, jumlah larva yang mati pada tiap perlakuan meningkat kecuali kontrol. Kematian sudah mencapai (31,6 %) pada dosis NEP 14 liter, NEP dosis 7 liter (35 %) dan NEP dosis 3,5 liter (23,3 %).

Hasil penelitian ini berbeda karena berhubungan dengan lokasi penelitian di lapangan sangat berbeda dengan di laboratorium. NEP membutuhkan kondisi yang tepat untuk menginfeksi larva. Kondisi suhu, intensitas cahaya matahari dan kelembaban di laboratorium lebih stabil dan tidak ada hujan sehingga NEP lebih mudah untuk menginfeksi larva. Kondisi di lapangan banyak faktor yang mempengaruhi keberhasilan menginfeksi larva yaitu faktor suhu, kelembaban, intensitas cahaya dan curah hujan tidak dapat dikondisikan sehingga tidak stabil.

NEP pengenceran 7 liter dijadikan dosis rekomendasi. Berdasarkan tujuan penelitian bahwa mencari dosis yang efektif berdasarkan jumlah dan mortalitas larva yang tertinggi dalam waktu yang singkat. NEP pengenceran 7 liter pada minggu keempat dijadikan pembanding karena pada minggu keempat jumlah kematian larva mencapai 35 %. Kematian pada NEP pengenceran 14 liter sebesar 31,6 % dan NEP pengenceran 3,5 liter sebesar 23,3 %. Kematian larva pada minggu keempat sampai minggu keenam, jumlah mortalitas tertinggi terjadi pada NEP pengenceran 7 liter mencapai 71,6 %, sedangkan NEP pengenceran 14 liter hanya 55 % dan NEP pengenceran 3,5 liter 70 %.

Dosis anjuran pemakaian NEP pada larva *O. rhinoceros* adalah NEP pengenceran 7 liter. Walaupun dosis anjuran pengenceran NEP adalah 14 liter. Untuk mengendalikan larva *O. rhinoceros* yang memiliki struktur kulit yang lebih tebal dan lebih besar dibandingkan ordo Lepidoptera. Dosis dipekatkan dari dosis anjuran, terkait juga dengan lokasi penelitiannya.

Suhu dan kelembaban merupakan faktor pembatas terhadap NEP. Kisaran suhu selama penelitian yaitu 23-34 °C. Menurut Subagiya (2005) menyatakan bahwa pada lingkungan yang cocok parasitasi nematoda menjadi lebih tinggi, sehingga akan meningkatkan kemampuan nematoda untuk menemukan inangnya. Menurut Adam & Nguyen (2002) NEP meningkatkan aktifitasnya hingga 80 % pada suhu 21-30 °C dan menurun pada suhu 12-16 °C. Menurut Hazir *et al.* (2004) nematoda inaktif pada suhu kurang dari 10-15 °C dan mati pada temperatur lebih dari 30-40 °C. Kisaran kelembaban selama penelitian adalah 55-91 %. Menurut Suyanto *et al.* (2012) kelembaban adalah hal yang paling utama berpengaruh

terhadap aktivitas nematoda di dalam tanah. Kisaran kelembaban tanah yang baik berkisar 40-90 %.

Kendala-kendala yang ditemukan di lapangan yang mempengaruhi mortalitas larva *O. rhinoceros* yaitu dosis NEP 14 liter selama pengamatan ada 5 larva yang menjadi pupa, ada 3 larva yang menjadi pupa dari dosis 7 liter dan ada 3 larva yang menjadi pupa dari dosis 3,5 liter. Pupa ditemukan dalam keadaan sudah mati. Ditandai dengan tubuh pupa yang sudah kosong. Hal ini membuktikan bahwa NEP selain menginfeksi stadia larva, NEP juga menginfeksi stadia pupa. Hal ini sesuai dengan pernyataan Suyanto *et al* (2012) yang menyatakan bahwa NEP dapat menyerang pupa dan imago *O. rhinoceros*.

Kendala lain adalah ada larva *O. rhinoceros* yang hilang, setelah dicari tidak ditemukan sehingga larva *O. rhinoceros* dianggap mati. Faktor lain kematian larva akibat infeksi jamur, pada kontrol ada 4 larva dan 3 larva pada NEP dosis 3,5 liter. Infeksi jamur menandakan bahwa di dalam tanah ada mikroba lain selain nematoda yaitu jamur. Hal ini sesuai dengan pernyataan Smart (1995) agen pengendali hayati di dalam tanah selain nematoda ada bakteri dan jamur.

Manfaat penelitian ini dalam ilmu pengetahuan, dapat dijadikan referensi tentang parasitas NEP terhadap serangga hama *O. rhinoceros*. Hasil penelitian ini dapat dijadikan dosis rekomendasi pengendalian larva *O. rhinoceros* di lapangan yaitu NEP pengenceran 7 liter.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dosis NEP yang efektif membunuh larva *O. rhinoceros* dengan jumlah tertinggi dengan waktu singkat yaitu dosis NEP pengenceran 7 liter yang mengandung $14,28 \times 10^5$ JI/liter.

B. Saran

Aplikasi NEP yang berlangsung pada musim hujan, sebaiknya diulang untuk mendapatkan hasil yang maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Adams BJ & Nguyen KB. 2002. Taxonomy and Systematics. Pp 1-28 in: R. Gaugler (Ed). *Entomopathogenic Nematology*. CAB International, Wallingford, Oxford.
- Afifah L, Rahardjo B. T & Tarno H. 2013. Eksplorasi Nematoda Entomopatogen pada Lahan tanaman Jagung, Kedelai dan Kubis di Malang Serta Virulensinya terhadap *Spodoptera Litura* Fabricius. *Jurnal Hpt* 1 (2).
- Aguillera, M.M., N. C. Hodge, R.E. Satll & G.C. Smart, Jr. 1993. Bacterial Symbionts of *Steinernema scapterisci*. *Invert. Pathol.*62: 68-72.
- Arnold. 2014. Coconut Rhinoceros Beetle, *Oryctes rhinoceros* a Major Threat to Hawaii's Coconut and Palm Trees Crop Production Services Seminar & Tradeshow. Hawaii.
- Bahari. 2000. Inventarisasi Nematoda Entomopatogen *Steinernema* sp dan *Heterorhabditis* sp pada Tanaman Hortikultura Jawa Timur. *Karya Tulis Ilmiah*. Universitas Jember: Jember.
- Biamaatmadja. R.E. I, Djumali M & Yose D. 2006. Uji coba Penggunaan Entomopatogen terhadap Penanggulangan Serangga Hama Penggerek Batang Gmelina. *Rimba Kalimantan Fakultas Kehutanan Unmul* 11 (1) : 36 – 42.
- Boemare, N.E. Lanmond, & H. Mauleon. 1996. the Entomopathogenic Nematodes Complex, Biology, Life Cycle, and Vertebrate Safety. *Biocontrol Sci. Technol.* 6 : 333-346.
- Bowen, D., T.A. Rocheleau, M. Blackburn, O.L. Andreev, E. Golubeva, R. Bhartia, & R.H. Ffrench Constant. 1998. Insectidal Toxins from the Bacterim *Photorhabdus luminences*. *Science* 280: 2129-2132.
- Bram, Yudi Farola. 2005. Analisis Efektivitas Iklan Sebagai Salah Satu Strategi Pemasaran Perusahaan Percetakan dan Penerbitan PT. Rambang dengan Menggunakan Metode CPIC Model. *Jurnal Manajemen dan Bisnis Sriwijaya* 3(6) : 1-23.
- Chaerani, 1996. Materi Kuliah Nematoda Patogen Serangga. Balai Penelitian Bioteknologi Tanaman Pangan Bogor. 8 hlm.
- Chaerani, Y. Suryadi, T. P. Priyanto, D. Koswanudin, U. Rahmat, Sujatmo, Yusuf & O.C.T. Griffin. 2007. Isolasi Nematoda Patogen Serangga *Steinernema* dan *Heterorhabditis*. *J.HTP Tropika* 7 (1):1-9.

- Chaerani. 2011. Pembiakan Nematoda Patogen Serangga (Rhabditida : *Heretorhabditis* sp dan *Steinernema* sp) pada media semi padat. *J. HPT Tropika* 11 (1) : 69 – 77.
- Ehlers, R. U. 2009. The Evaluation of Multiplication Capacity in Galleria of Entomopathogenic Nematode Isolates from Vietnam. *Tap Chi Sinh Hoc* 31(2):1-7
- Endro D. S, Darma Bakti & Marheni. 2013. Penggunaan Suspensi Baculovirus terhadap *Oryctes rhinoceros* L. (Coleoptera : Scarabaeidae) di Laboratorium. *Jurnal Online Agroekoteknologi* 1(4).
- Grewal , P.S.,: S. Slevan & R. Glauger. 1994. Thermal Adaption of Entomopathogenic Nematodes : Niche, Breath for Infection, Establishment, and Production. *J. Therm, biol. Exeter. England: Elsvier science Ltd.* 19(4): 245-253.
- Handayani F.W, Jasmi & Elza S. 2013. Kepadatan Populasi Kumbang Tanduk *Oryctes rhinoceros* L. (Coleoptera: Scarabaeidae) pada Tanaman Sawit di Kanagarian Surantih Kecamatan Sutera Kabupaten Pesisir Selatan. PGRI Sumatera Barat.
- Harjaka Tri, Martono. E, Witjaksono & Sunarto.B.H.2011. Potensi Jamur *Metarhizium Anisopliae* untuk Pengendalian Larva O. rhinoceros Perusak Akar Tebu. *Semnas Pesnab IV*, Jakarta.
- Hazir S, Kaya.H.K, Stock P & Keskin N. 2004. Entomopathogenic Nematodes (Steinernematidae and Heterorhabditidae) for Biological Control of Soil Pest. *Turk J Biol* 27(2003): 181-202.
- Hernández Chavarría N, López Islas A, M & Vergara Maciel G. 2008 a. Effects of Culture Media on the Kinetics of Infective Juvenile Production of the Entomopathogenic Nematode *Steinernema Carpocapsae*, In Submerged Monoxenic Culture. *Revista Mexicana De Ingeniería Química* 7 (1) : 13-20.
- Hernández N. Chavarría, López M. A, G Slas Vergara . Maciel B. R. Rodríguez Pastrana & Hernández Rodríguez A. I. 2008 b. Effects of Culture Media on the Kinetics of Infective Juvenile Production of the Entomopathogenic Nematode *Steinernema Carpocapsae*, in Submerged Monoxenic Culture. *Revista Mexicana De Ingeniería Química* 7 (1) : 13 – 20.
- Hidayanti E & Yuniarti F. 2013. Tingkat Serangan Kumbang Badak Kelapa *Oryctes rhinoceros*. Jawa Timur.

Hodgkin J & Philip A. 2007. The Biology and Genome of *Heterorhabditis bacteriophora*. *WormBook*.

<https://id.m.wikipedia.org/wiki/mortalitas> diakses pada tanggal 21 Januari 2015 Pukul 20:15 WIB.

Ilham, D. 2011. Uji Kerentanan Beberapa Serangga Hama terhadap Infeksi Nematoda *Heterorhabditis* spp. (Rhabditida: Heterorhabditidae). *Skripsi*. Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Andalas Padang.

JR Smart. 1995. Entomopathogenic Nematodes for the Biological Control of Insect. *Journal of Nematology* 27 (45) : 529-534.

Kamariah, Nasir Burhanuddin & Penggeso Johanis. 2013. Nematoda Entomopatogen (*Steinernema* Sp) terhadap Mortalitas Larva *Spodoptera Exiqua*. *Hubner Agrotekbis*. 1 (1) : 17-22.

Kaya, H.K & Glauger, R., 1993. Entomopathogenic Nematodes in Biological Control. *CRC Press*. Boca Rabon Florida.

Kaya & stock. 1997. Techiques in Insect Nematogy. Departement of Nematology, University of California USA and College of Natural Sciences and Museum, National University of La Plata Argentina.

Lang, A.E., G. Schmidt, A. Schlosser, T.D. Hey, I.M. Larrinua, J.J. Sheet, H.G Mannherz, & K. Aktories. 2010. *Photorhabdus luminescens* Toxins ADP-Ribosylate Actin & Rhoa to Force Actin Clustering. *Science* 327: 1139-1142.

Manan A & Suyanto A. 2009. Kemempnanan Isolat Lokal Nematoda Entomopatogen *Steinernema Carpocapsae* Poinar Untuk Pengendalian Hama Ulat Grayak (*Spodoptera Litura* F.). *Jurnal Pembangunan Pedesaan* 9(1) : 35-42.

Mariau, D., R. Desmier De Chenon & Sudharto. 1991. Les Insectes Ravageurs du Palmier a Huile et Leurs Ennemis en Asie du sud-est. *Oleagineux*. 46(11): 400-476.

Mawikere, J, dan A. A. Lolong. 2006. Serangan Hama Kelapa (*Brontispa longissima*) di Kabupaten Parigi Moutong, Sulawesi Tengah. *Warta Penelitian dan Pengembangan Tanaman Industri*. (12) 2: 16-18.

- Mulyaningsih L. 2010. Aplikasi Agensia Hayati atau Insektisida dalam Pengendalian Hama *Plutella Xylostella* Linn dan *Crocidolomia Binotalis* Zell untuk Peningkatan Produksi Kubis (*Brassica Oleracea* L). *Media Soerjo* 7(2).
- 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* 12 (2) : 72 – 144.
- Ooi, PAC. 1998. Insect in Malaysia Agriculture. Kuala Lumpur. Malaysia *Tropical Press*. 103pp.
- Poinar, G.O, JR. 1990. Taxonomy and Biology of Sternernematidae and Heterorhabditidae. dalam *Entomopathogenic Nematodes in Biological Control*. (Glauger, R & kaya, H.K). 23-58. *CRC press*, boston.
- Poinar, G.O., Grewal, P.S. 2012. History of Entomopathogenic Nematology. *Journal Nematology* 44 (2) : 153-161.
- Rahardjo B.T, Hagus Tarno & Liza Hafifah. 2014. Efikasi Nematoda Entomopatogen *Heterorhabditis* sp Isolat Lokal terhadap Diamond Back Moth *Plutella xylostella*. *Jurnal HPT* 2 (2).
- Rahim Abdul. 2010. Pengaruh Jumlah Ulat *Tenebrio molitor* Sebagai Media Perbanyakan Terhadap Kerapatan Infektif Juvenil (Ij) Agens Hayati Nematoda Entomopatogen. *Media Sains* 2 (1).
- Rospiansyah. 2009. Pengaruh Aplikasi *Beauveria bassiana* (Balsoma) Vuillemin dan *Heterorhabditis* sp terhadap Hama Ubi Jalar *Cylas formicarius* (fabr) (Coleoptera: Brentidae). *Tesis*. Bogor : Program pascasarjana IPB.
- Salma J & Shahina. 2012. Mass Production of Eight Pakistani Strains of Entomopathogenic Nematodes (Steinernematidae and Heterorhabditidae) *Pak. J. Nematol* 30 (1): 1-20.
- Sanjaya Yayan. 2005. Infektivitas Nematoda Entomopatogen *Heterorhabditis* sp terhadap Infektifitas *Cyllodes bifacies* Walker (Coleptera: Nitidulidae). *Tropika* 13(2).
- Sihombing R. H, Oemry S & L. Lubis. 2014. Uji Efektifitas Beberapa Entomopatogen pada Larva *Oryctes rhinoceros* L. (Coleoptera: Scarabaeidae) di Laboratorium. *Jurnal Online Agroekoteknologi* 2(4) :1300-1309.

- Simoes, N. & J.S. Rosa. 1996. Pathogenicity and Host Specificity of Entomopathogenic Nematodes. *J. Biocontrol sci and Technol* (6): 403-411.
- Subagiya. 2005. Pengendalian Hayati dengan Nematoda Entomopatogenus *Steinernema carpocapsae* (All) Stain Lokal terhadap Hama *Crocidolomia binotalis* Zell di Tawangmangu. *Agrosains* 7(1) : 34-39.
- Sucipto. 2009 a. Nematoda Entomopatogen *Heterorhabditis* Isolat Lokal Madura sebagai Pengendalian Hayati Penting Tanaman Hortikultura yang Ramah Lingkungan. *Agrovigor* 2 (1).
- Sucipto. 2009 b. Efektivitas Teknik Aplikasi NEP *Heterorhabditis* Isolat Lokal Madura sebagai Agens Hayati Pengendalian Rayap Tanah (*Macrotermes* sp) di Kabupaten Bangkalam dan Sampang. *Embryo* 6 (1) : 13-26.
- Susanto A, Sudharto & A.E Prasetyo. 2011. Organisme Pengganggu Tanaman Kumbang Tanduk *Oryctes rhinoceros* L. 1 (3).
- Suyanto A, Srimurni E & Djuharyanto T. 2012. Perkembangan Larva Serangga Hama Kumbang Badak (*Oryctes rhinoceros* L.) pada Berbagai Konsentrasi Isolat Nematoda Entomopatogen *Heterorhabditis* sp. *Prosiding Seminar Nasional isbn: 978-979-9204-79-0*; Purwokerto.
- Tanada & Kaya. 1993. Entomopatogens Nematodes for Insect Control in IPM System. New York: *Academia Press*.
- Uhan T . 2008. Keefektifan Nematoda Entomopatogen *Steirnema carpocapsae* (Rhabditida:Steirnematidae) Isolat Lempeng terhadap mortalitas Larva *Agrotis iplison* Hufn.(Lepidoptera: Noctidae) pada Tanaman Kubis di Rumah Kaca. *J Hort* 18(2) : 165- 174).
- Wagiman, F.X., B. Triman, T.S Uhan & T.K.Moekasan. 2001. Evaluasi Penggunaan Nematoda *Steinernema carpocapsae* dalam Pengendalian Hama *Spodoptera* spp Pada Tanaman Bawang. *Lemlit UGM-BP3*. Yogyakarta.
- Wahid, M Nur. 2013. Uji Efektivitas Nematoda Entomopatogen *Heterorhabditis* sp dan *Steinernema* sp terhadap Hama Lepidiota Stigma (Fabr.) pada Tanaman Tebu (*Saccharum Officinarum* L.). *Skripsi*. Agroteknik Fakultas Pertanian Universitas Jember.
- Wiratno & Rohimatun. 2012. Patogenis Nematoda *Heterorhabditis* sp terhadap Kumbang Daun Kelapa *Brontispa longissima* Gestro. *Jurnal Litri* 18(4): 137-142.

- Wood. B.J. 1968. Pets of Oil Palm in Malaysia and Their Control. *Inc. Soc. of Palm*. Kuala Lumpur : the Incorporated Society of Planters.
- Woodring, J.I. and H.K. Kaya., 1988. Steinernematid and Heterorhabditid Nematodes: A Hand Book of Biology and Techiques. Southren Cooperative Series Bulletin 331. Arkansas Agric. Experiment Station. Arkansas.
- Wouts, W.M. 1980. Biology, Life Cycle and Redescription of Neoplectana Bibionis Bovien, 1937 (Nematoda: Steinernematidae). *Journal of nematology* 12:67-72.
- Www.Accuweather.com/en/id/BPSJepara/20284 diakses pada tanggal 12 Januari 2015 Pukul 18:21 WIB.
- Young L Cheryl & Derek K. 2014. Coconut Rhinoceros Beetle (CRB) *Oryctes rhinoceros* (L). Hawaii Department of Agriculture.
- Yustina, Yuslim F & Rika S. 2012. Srtuktur Populasi Kumbang Tanduk (*Oryctes rhinoceros*) di Area Perkebunan Kelapa Sawit Masyarakat Desa Kenantan Kabupaten Riau. *Jurnal Biogenesis* 8 (2).

LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel Perhitungan Mortalitas Larva *O. rhinoceros*

Tabel 1. Jumlah mortalitas larva *O. rhinoceros* (ekor dan %) dari empat perlakuan dosis NEP selama 7 minggu pengamatan.

Perlakuan	Ulangan	Jumlah larva <i>O. rhinoceros</i> yang mati						
		Minggu 1	Minggu 2	Minggu 3	Minggu 4	Minggu 5	Minggu 6	Minggu 7
P0	1	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	0	2
	3	0	0	2	2	2	2	2
	4	0	0	0	0	1	1	1
	5	0	0	0	0	0	0	0
	6	0	0	1	1	5	5	5
(ekor)		0	0	3	3	8	8	10
(%)		0	0	5	5	13,3	13,3	16,6
P1	1	0	0	0	1	2	3	6
	2	0	0	0	2	4	4	6
	3	0	0	0	2	4	5	8
	4	0	1	1	2	2	2	2
	5	0	1	1	3	3	3	3
	6	0	0	0	3	4	5	8
(ekor)		0	2	2	13	19	22	33
(%)		0	3,3	3,3	21,6	31,6	36,6	55
P2	1	0	0	0	2	5	5	7
	2	0	0	0	0	1	1	8
	3	0	0	0	1	4	4	5
	4	0	0	0	1	3	3	8
	5	0	0	0	1	3	5	6
	6	0	0	1	3	5	4	9
(ekor)		0	0	1	8	21	24	43
(%)		0	0	1,6	13,3	35	40	71,6
P3	1	0	1	2	3	4	5	9
	2	0	0	0	0	1	4	9
	3	0	0	0	0	0	0	2
	4	0	0	0	1	1	4	9
	5	0	0	0	4	5	5	6
	6	0	0	0	0	3	4	7
(ekor)		0	1	2	8	14	22	42
(%)		0	1,6	3,3	13,3	23,3	36,6	70

Tabel 2. Rata-rata mortalitas larva *O. rhinoceros* selama pengamatan (%)

	Mortalitas larva <i>O.rhinoceros</i> (%)
--	--

Perlakuan	Minggu 1	Minggu 2	Minggu 3	Minggu 4	Minggu 5	Minggu 6	Minggu 7
P0	0	5	5	13,3	13,3	16,6	16,6
P1	3,3	3,3	21,6	31,6	36,6	55	100
P2	0	1,6	13,3	35	40	71,6	100
P3	1,6	3,3	13,3	23,3	36,6	70	100

Tabel 3. Perhitungan mortalitas larva *O. rhinoceros* (%) kontrol dan dosis NEP 14 liter

Kontrol (K)	Perlakuan NEP 14 liter
Minggu 1 $P = \frac{0}{60} \times 100 = 0 \%$	Minggu 1 $P = \frac{2}{60} \times 100 = 3,3 \%$
Minggu 2 $P = \frac{3}{60} \times 100 = 5 \%$	Minggu 2 $P = \frac{2}{60} \times 100 = 3,3 \%$
Minggu 3 $P = \frac{3}{60} \times 100 = 5 \%$	Minggu 3 $P = \frac{13}{60} \times 100 = 21,6\%$
Minggu 4 $P = \frac{8}{60} \times 100 = 13,3 \%$	Minggu 4 $P = \frac{19}{60} \times 100 = 31,6 \%$
Minggu 5 $P = \frac{8}{60} \times 100 = 13,3 \%$	Minggu 5 $P = \frac{22}{60} \times 100 = 36,6 \%$
Minggu 6 $P = \frac{10}{60} \times 100 = 16,6\%$	Minggu 6 $P = \frac{33}{60} \times 100 = 55 \%$
Minggu 7 $P = \frac{10}{60} \times 100 = 16,6 \%$	Minggu 7 $P = \frac{60}{60} \times 100 = 100 \%$

Tabel 4. Perhitungan mortalitas larva *O. rhinoceros* (%) dosis NEP 7 dan NEP 3,5 liter

Perlakuan NEP 7	Perlakuan NEP 3,5 liter
Minggu 1	Minggu 1

$P = \frac{0}{60} \times 100 = 0 \%$	$P = \frac{1}{60} \times 100 = 1,6 \%$
Minggu 2	Minggu 2
$P = \frac{1}{60} \times 100 = 1,6 \%$	$P = \frac{2}{60} \times 100 = 3,3 \%$
Minggu 3	Minggu 3
$P = \frac{8}{60} \times 100 = 13,3 \%$	$P = \frac{8}{60} \times 100 = 13,3 \%$
Minggu 4	Minggu 4
$P = \frac{21}{60} \times 100 = 35 \%$	$P = \frac{14}{60} \times 100 = 23,3 \%$
Minggu 5	Minggu 5
$P = \frac{24}{60} \times 100 = 40 \%$	$P = \frac{22}{60} \times 100 = 36,6 \%$
Minggu 6	Minggu 6
$P = \frac{43}{60} \times 100 = 71,6 \%$	$P = \frac{42}{60} \times 100 = 70 \%$
Minggu 7	Minggu 7
$P = \frac{60}{60} \times 100 = 100 \%$	$P = \frac{60}{60} \times 100 = 100 \%$

Tabel 5. Rata-rata suhu pada bulan Maret-April 2015

Bulan Maret 2015	Suhu maksimum °C	Suhu minimum °C	Bulan April 2015	Suhu maksimum °C	Suhu minimum °C
1	31	25	1	34	24
2	31	24	2	31	26
3	30	24	3	31	24
4	30	24	4	34	24
5	30	23	5	33	25
6	32	24	6	32	26
7	30	25	7	31	26
8	29	24	8	31	25
9	30	25	9	32	25
10	30	24	10	33	25
11	30	25	11	33	25
12	30	25	12	32	24
13	30	25	13	29	24
14	30	24	14	31	24
15	30	25	15	33	25
16	29	25	16	31	25
17	31	25	17	31	26
18	30	25	18	33	25
19	31	25	19	32	26
20	31	24	20	31	26
21	31	24	21	32	25
22	31	25	22	31	26
23	31	25	23	30	25
24	31	25	24	31	25
25	32	24	25	30	25
26	32	25	26	30	25
27	32	25	27	31	25
28	32	25	28	31	25
29	32	26	29	30	25
30	33	26	30	31	25
31	34	25			

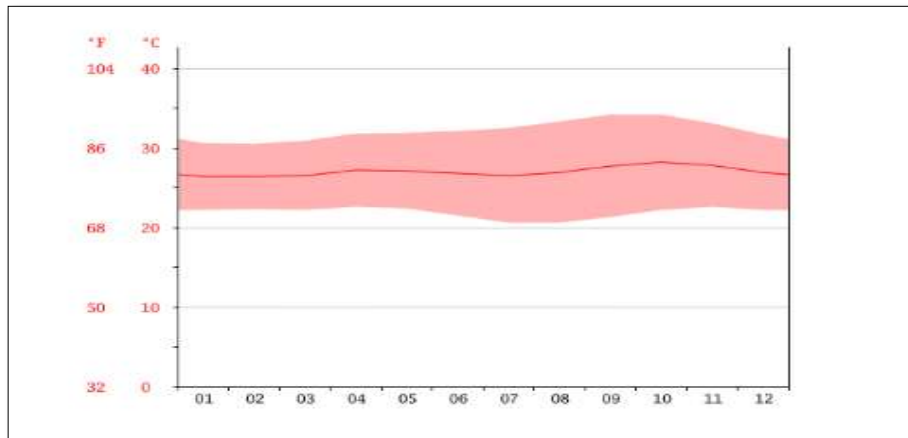
Tabel 6 .Data kapasitas hujan pada bulan Maret – April 2015

Tanggal	Kapasitas hujan	Tanggal	Kapasitas hujan	Tanggal	Kapasitas hujan
14-3-15	√	1-4-15		19-4-15	√

15-3-15	√√	2-4-15		20-4-15	
16-3-15	-	3-4-15	√√√	21-4-15	
17-3-15	√	4-4-15		22-4-15	
18-3-15		5-4-15		23-4-15	
19-3-15		6-4-15	√√	24-4-15	
20-3-15		7-4-15		25-4-15	
21-3-15	√	8-4-15		26-4-15	√√√
22-3-15		9-4-15		27-4-15	
23-3-15		10-4-15		28-4-15	
24-3-15		11-4-15		29-4-15	
25-3-15		12-4-15	√	30-4-15	
26-3-15		13-4-15	√√	31-4-15	
27-3-15		14-4-15		1-5-15	
28-3-15	√	15-4-15		2-5-15	
29-3-15		16-4-15		3-5-15	
30-3-15		17-4-15		4-5-15	
31-3-15		18-4-15		5-5-15	

Keterangan : - Tidak hujan
√ Gerimis
√√ Hujan sedang
√√√ Hujan lebat

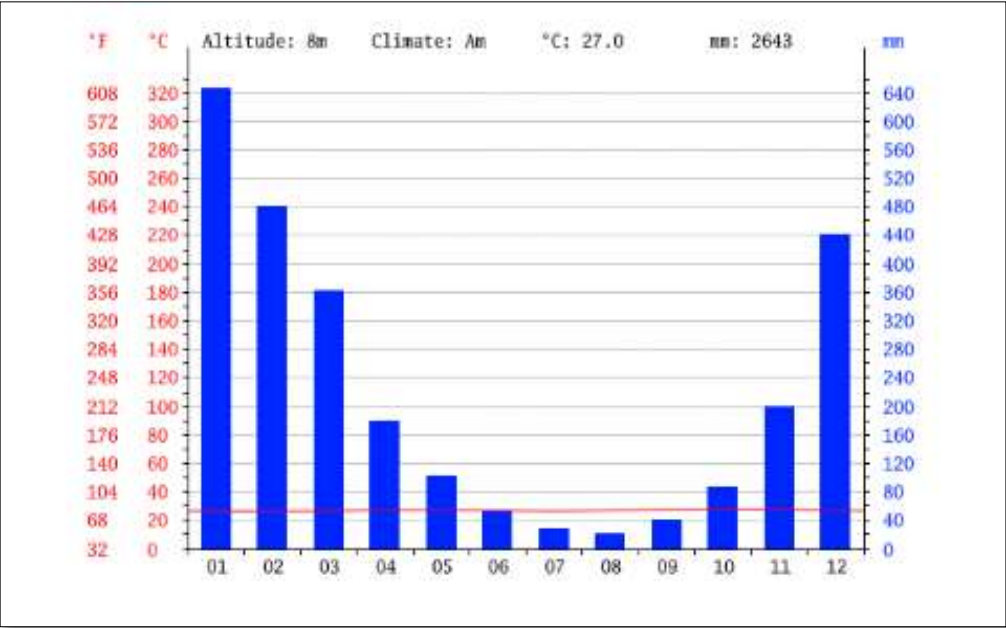
Lampiran 2. Iklim selama pengamatan di Jepara pada tahun 2015 (Climed Jepara, 2015)



Gambar 1. Grafik suhu (Climed Jepara, 2015)

month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
mm	646	481	363	180	103	55	27	20	41	86	199	442
°C	26.4	26.4	26.5	27.2	27.1	26.8	26.5	26.9	27.7	28.2	27.8	26.9
°C (min)	22.2	22.3	22.2	22.6	22.4	21.5	20.6	20.6	21.3	22.2	22.6	22.2
°C (max)	30.6	30.5	30.9	31.8	31.9	32.1	32.5	33.3	34.2	34.2	33.1	31.7
°F	79.5	79.5	79.7	81.0	80.8	80.2	79.7	80.4	81.9	82.8	82.0	80.4
°F (min)	72.0	72.1	72.0	72.7	72.3	70.7	69.1	69.1	70.3	72.0	72.7	72.0
°F (max)	87.1	86.9	87.6	89.2	89.4	89.8	90.5	91.9	93.6	93.6	91.6	89.1

Gambar 2. Tabel iklim (Climed Jepara, 2015)



Gambar 3. Grafik iklim (Climed Jepara, 2015)

Lampiran 3. Dokumentasi penelitian



Gambar 1. Pot diisi tanah, kompos dan seresah penggergajian kelapa dengan perbandingan 2:2:1



Gambar 2. Persiapan larva *O. rhinoceros* instar III dengan berat rata-rata 9-11 gram dan panjang 7-10 cm



Gambar 3. NEP diencerkan menggunakan air, masing-masing disiram sebanyak 1 liter



Gambar 4. Penutupan pot dengan jaring net dan tali rafia kemudian pot disimpan di tempat yang teduh



Gambar 5. Hasil pengamatan larva *O. rhinoceros* yang mati pada minggu kedua kontrol dan perlakuan NEP 14 liter



Gambar 6. Hasil pengamatan larva *O. rhinoceros* yang mati pada minggu kedua perlakuan NEP 7 liter dan NEP 3,5 liter



Gambar 7. Hasil pengamatan larva *O. rhinoceros* pada minggu terakhir



Gambar 8. NEP dalam tubuh larva *O. rhinoceros* dikeluarkan menggunakan metode *white trap* diamati dibawah mikroskop dengan perbesaran 40X