

**UJI VIRULENSI NEMATODA ENTOMOPATOGEN
Steinernema sp. TERHADAP *Spodoptera exigua* Hubner
(LEPIDOPTERA: NOCTUDAE) DI LABORATORIUM**

OLEH

ARUM YULI KRISTANTI

**MINAT HAMA DAN PENYAKIT TUMBUHAN
PROGAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI**



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS PERTANIAN

JURUSAN HAMA DAN PENYAKIT TUMBUHAN

MALANG

2015

**UJI VIRULENSI NEMATODA ENTOMOPATOGEN
Steinernema sp. TERHADAP *Spodoptera exigua* Hubner
(LEPIDOPTERA: NOCTUDAE) DI LABORATORIUM**

**OLEH
ARUM YULI KRISTANTI**

115040201111307

**MINAT HAMA DAN PENYAKIT TUMBUHAN
PROGAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI**



SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
Gelar Sarjana Pertanian Strata Satu (S-1)**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
JURUSAN HAMA DAN PENYAKIT TUMBUHAN
MALANG**

2015

LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Skripsi : Uji Virulensi Nematoda Entomopatogen *Steinernema* sp.
Terhadap *Spodoptera Exigua* Hubner (Lepidoptera:
Noctudae) di Laboratorium

Nama : Arum Yuli Kristanti

NIM : 115040201111307

Program Studi : Agroekoteknologi

Minat : Hama dan Penyakit Tumbuhan

Disetujui Oleh :

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,

Dr. Ir. Toto Himawan, SU
NIP. 19551119 198303 1 002

Hagus Tarno, SP. MP. Ph.D.
NIP. 19770810 200212 1 003

Mengetahui,
Ketua Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan

Dr. Ir. Bambang Tri Rahardjo, SU
NIP. 19550403 198303 1 003

Tanggal Persetujuan:

PENGESAHAN

Mengesahkan,

MAJELIS PENGUJI

Penguji I

Penguji II

Tita Widjayanti, SP., MSi
NIK. 2013048708192001

Hagus Tarno, SP.MP.Ph.D.
NIP. 19770810 200212 1 003

Penguji III

Penguji IV

Dr. Ir. Toto Himawan, SU.
NIP. 19551119 198303 1 002

Dr. Ir. Bambang Tri Rahardjo, SU
NIP. 19550403 198303 1 003

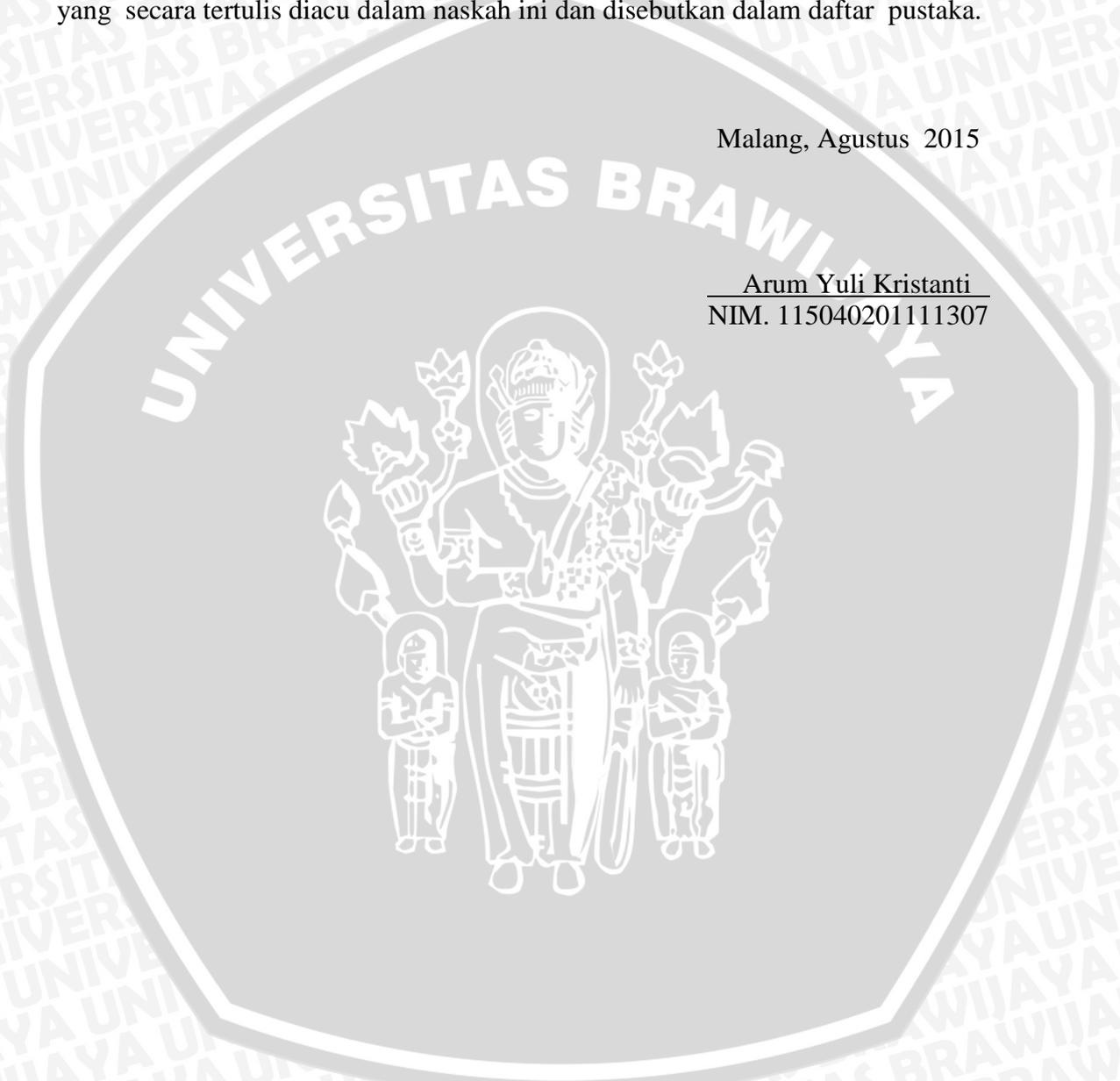
Tanggal Lulus:

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Malang, Agustus 2015

Arum Yuli Kristanti
NIM. 115040201111307



Skripsi ini kupersembahkan untuk.....

- ❖ Kedua orangtuaku yang tercinta dan tersayang, Bapak Supartono dan Ibu Triwati. Terimakasih atas segala dukungan, doa, dan begitu banyaknya bantuan kalian dalam bentuk materi, moral, spiritual dan segalanya. Terimakasih karena senantiasa memberikan kasih dan sayangnnya yang tidak pernah putus dan selalu mendukung apapun yang terbaik untuk masadepanku. Terimakasih.....
- ❖ Saudara kandungku satu-satunya, Buyung Desca Pradana yang juga turut membantu dan memberikan dukungan moral. Serta kakak sepupuku Ida Permana Sari yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan moral selama ini.
- ❖ Brian Tegar Widigdo, partner dalam segala hal, yang selalu membantu, mendukung, mendoakan, dan menjadi salah satu alasanku untuk tetap semangat dalam penyelesaian skripsi ini. Terimakasih....
- ❖ Sahabat-sahabatku PERGUSA, Uma, Patricia, dan Eky, terimakasih karena selalu setia menjadi sahabatku dari SMA hingga saat ini yang telah memberikan begitu banyak kebahagiaan dan dukungan selama ini.
- ❖ Sahabatku Anton Tri Winardi, yang selalu ada untuk membantu entah dimanapun dan kapanpun selalu siap untuk memberikan bantuan kepadaku. Teman kosku selama di Malang, Santi, Ambar, Andani, Heni, Hanita, dan Binti.
- ❖ Untuk teman-teman HUMMAS, Mas Aji, Mbak Evi, Mbak Ghea, Mbak Noviani, Kir, Ardo, Ibnu, Abdul, Riko, Sendy, Mas Vani, Mirza dan Andi, terimakasih atas segala sesuatu yang indah yang telah kalian berikan dihidupku, terimakasih karena telah hadir dihidupku. Semoga selamanya menjadi saudara.
- ❖ Teman-teman HPT 2011, Frelyta partner setia berjuang ketika magang dan Skripsi dan teman-teman lainnya yang

tidak bisa saya sebutkan satu persatu. Semuanya
terimakasih..



RINGKASAN

Arum Yuli Kristanti. 11504020111307. Uji Virulensi Nematoda Entomopatogen *Steinernema* Sp. terhadap *Spodoptera exigua* Hubner (Lepidoptera: Noctudae) Di Laboratorium. Dibawah bimbingan Dr. Ir. Toto Himawan, SU. dan Hagus Tarno, SP., MP., Ph.D.

Salah satu masalah utama yang dihadapi petani dalam usaha peningkatan produksi bawang merah di dataran rendah adalah tingginya kerusakan tanaman akibat serangan hama ulat bawang *Spodoptera exigua* Hubn (Hariani *et al.*, 2008). Dalam mengatasi masalah hama *S. exigua* petani umumnya menggunakan insektisida. Penggunaan insektisida yang intensif tersebut tidak rasional, tidak efisien, dan potensial menyebabkan terjadinya dampak negatif terhadap lingkungan serta timbulnya resistensi hama terhadap insektisida. Untuk itu diperlukan teknik pengendalian yang efektif dan efisien untuk mengendalikan hama ulat bawang merah *S. exigua*. Nematoda entomopatogen adalah salah satu agen hayati untuk mengendalikan hama pada tanaman. NEP menginfeksi berbagai jenis serangga tanah, larva Lepidoptera, kumbang, dan lalat, serta jangkrik dewasa dan belalang. Untuk mengetahui virulensi nematoda entomopatogen maka perlu dilakukan uji virulensi.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui virulensi nematoda entomopatogen *Steinernema* sp. (meliputi: mortalitas serta LC₅₀ dan LT₅₀) terhadap ulat *Spodoptera exigua* di Laboratorium. Dengan hipotesis nematoda entomopatogen spesies *Steinernema* sp. memiliki virulensi terhadap ulat *Spodoptera exigua*. Sehingga manfaat yang dapat diperoleh yaitu mendapatkan informasi tingkat virulensi *Steinernema* sp. terhadap *S.exigua* yang dapat digunakan untuk pengendalian *S. exigua* di lapang.

Larva *Spodoptera exigua* instar 3 dijadikan sebagai serangga uji dalam uji virulensi nematoda *Steinernema* sp. Larva *S. exigua* diberi aplikasi nematoda dengan konsentrasi 100, 200, 400, dan 800 JI/ml. Kemudian dilakukan pengamatan setiap 24 jam. Kemudian dihitung persentase mortalitas larva *S.exigua*.

Berdasarkan hasil analisis statistik, menunjukkan bahwa nematoda *Steinernema* sp. dengan kepadatan populasi tertinggi yaitu 800 JI/ml mampu menyebabkan kematian yang paling tinggi dibandingkan dengan konsentrasi nematoda yang lain. Hal ini juga seiring dengan waktu pengamatan, semakin lama waktu pengamatan maka persentase mortalitas *S. exigua* juga semakin tinggi, hal ini menunjukkan bahwa terdapat keterkaitan antara konsentrasi dengan waktu pengamatan. Pengamatan gejala pada larva *S.exigua* juga diamati untuk memastikan bahwa larva mati akibat infeksi dari *Steinernema* sp. larva yang mati menunjukkan gejala dengan perubahan warna kutikula yang awalnya berwarna hijau menjadi coklat karamel. Untuk LT₅₀ dari masing-masing perlakuan didapatkan konsentrasi yang paling efektif yaitu pada perlakuan 400 JI/ml yang mampu membunuh larva mencapai 50% dalam waktu 74,24 jam. Untuk LC₅₀ konsentrasi JI *Steinernema* dalam kepadatan 261,02 JI/ml sudah mampu membunuh larva *S. exigua* mencapai 50%.

SUMMARY

Arum Yuli Kristanti. 11504020111307. Virulence test entomopathogenic nematodes *Steinernema* sp. against *Spodoptera exigua* Hubner (Lepidoptera: Noctuidae) In Laboratory. Supervised by Dr. Ir. Toto Himawan, SU. and Hagus Tarno, SP., MP., Ph.D.

One of the main problems faced by farmers in an effort to increase onion production in the lowlands is the high crop damage due to pests' onion caterpillar *Spodoptera exigua* Hubn (Hariani et al., 2008). In addressing the problem *S. exigua* farmers generally use insecticides. The intensive use of insecticides irrational, inefficient, and potentially cause a negative impact on the environment as well as the emergence of pest resistance to insecticides. It is necessary for effective control techniques and efficient to control caterpillar pests' onion *S. exigua*. Entomopathogenic nematodes are one of the biological agents to control pests on plants. NEP infects various types of soil insects, Lepidoptera larvae, beetles, and flies, as well as adult crickets and locusts. To determine the virulence of entomopathogenic nematodes it is necessary to test the virulence.

The purpose of this study was to determine the virulence of entomopathogenic nematodes *Steinernema* sp. (include: mortality and LC₅₀ and LT₅₀) against *Spodoptera exigua* in the laboratory. By hypothesis entomopathogenic nematodes *Steinernema* sp. species was having virulence against *Spodoptera exigua*. So the benefits that can be obtained are to get information about the level of virulence *Steinernema* sp. against *S. exigua* which can be used to control *S. exigua* in the field.

Larvae of *Spodoptera exigua* in 3rd instar serve as a test insect in virulence nematode *Steinernema* sp. *S.exigua* given application nematode larvae with a concentration of 100, 200, 400, and 800 JI / ml. Then it made observations every 24 hours. Then it calculated the percentage mortality of larvae *S.exigua*.

Based on the results of statistical analysis, showed that the nematode *Steinernema* with the highest population density of 800 JI / ml were able to cause the death of the highest compared with other nematode concentrations. It is also in line with the observation time, the longer the time of observation, the percentage of *S. exigua* mortality is also higher, it indicates that there is a link between the concentrations of the observation time. Observations on larvae *S. exigua* symptoms was also observed to ensure that the larvae died due to infection of *Steinernema* sp. larvae died showing symptoms of the cuticles color change that was originally green to brown caramel. To LT₅₀ of each treatment was the most effective concentration found that in the treatment of 400 JI / ml were able to kill the larvae reach 50% within 74.24 hours. To LC₅₀ concentration JI in the density of 261,02 *Steinernema* JI / ml have been able to kill the larvae of *S. exigua* reach 50%.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada kita semua, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul:

“Uji Virulensi Nematoda Entomopatogen *Steinenerma* sp. terhadap *Spodoptera Exigua* Hubner (Lepidoptera: Noctudae) di Laboratorium”.

Pada kesempatan kali ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan ridhonya dalam penyusunan skripsi ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu dan Bapak atas do'a dan motivasinya.
2. Bapak Dr. Ir. Toto Himawan, SU., selaku dosen pembimbing utama dan Hagus Tarno, SP., MP., Ph.D. selaku dosen pembimbing pendamping, atas bimbingannya.
3. Semua Staff Administrasi Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan FP UB atas bantuannya.
4. Ibu Erna Zahro'in, SP. dari Balai Besar Perbenihan dan Proteksi Tanaman Perkebunan di Mojoagung Jombang atas bantuannya.
5. Kepada rekan- rekan HPT 2011 atas bantuan dan sarannya, serta semua pihak yang telah membantu hingga terselesaikannya penulisan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, segala kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan demi kesempurnaan penulisan ini.

Malang, Agustus 2015

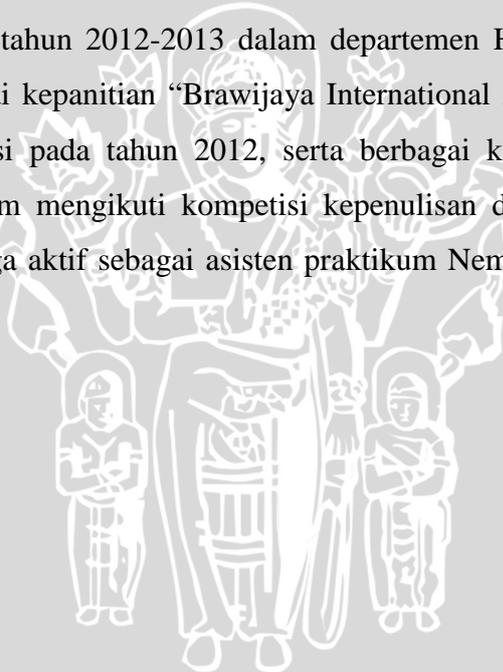
Penulis

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Nganjuk pada tanggal 15 Juli 1993 sebagai putri pertama dari Bapak Suparsono dan Ibu Triwati.

Penulis menempuh pendidikan dasar di SDN Jatipungur II, Nganjuk pada tahun 1999 sampai 2005, kemudian penulis melanjutkan ke SMPN 1 Lengong pada tahun 2005 dan selesai pada tahun 2008. Pada tahun 2008 sampai tahun 2011 penulis studi di SMAN 1 Gondang. Pada tahun 2011 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Strata 1 Program Studi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang, Jawa Timur, melalui jalur Undangan.

Selama menjadi mahasiswa penulis juga aktif di Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM) pada tahun 2012 di Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya sebagai staff pengurus tahun 2012-2013 dalam departemen HUMMAS. Penulis juga mengikuti berbagai kepanitiaan “Brawijaya International Agriculture (BIA)” sebagai divisi konsumsi pada tahun 2012, serta berbagai kepanitiaan lainnya, penulis juga aktif dalam mengikuti kompetisi kepenulisan di Universitas pada tahun 2011. Penulis juga aktif sebagai asisten praktikum Nematologi pada tahun 2015.



DAFTAR ISI

RINGKASAN	i
SUMMARY	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
RIWAYAT HIDUP	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR TABEL	vii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar belakang	1
1.2 Tujuan penelitian	2
1.3 Manfaat penelitian	3
1.4 Hipotesis penelitian.....	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Nematoda entomopatogen	4
2.2 <i>Spodoptera exigua</i> Hubner	13
III. METODOLOGI	18
Waktu penelitian.....	18
Alat dan bahan.....	18
3.1 Kerangka operasional.....	19
3.2 Perbanyakkan nematoda <i>Steinernema</i> sp.....	19
3.3 Perbanyakkan larva uji <i>Spodoptera exigua</i>	20
3.4 Uji virulensi nematoda <i>Steinernema</i> sp. terhadap <i>Spodoptera exigua</i>	20
3.5 Analisis data	21
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	22
4.1 Mortalitas larva <i>Spodoptera exigua</i> oleh Nematoda Entomopatogen <i>Steinernema</i> sp.	22
4.2 Gejala larva <i>Spodoptera exigua</i> yang mati akibat terinfeksi oleh nematoda entomopatogen <i>Steinernema</i> sp.....	26
4.3 Hasil analisis probit untuk mengetahui LT ₅₀ dan LC ₅₀ pada uji <i>Steinernema</i> terhadap larva <i>Spodoptera exigua</i>	28
V. KESIMPULAN DAN SARAN	31
5.1 Kesimpulan	31
5.2 Saran	31
DAFTAR PUSTAKA	32



DAFTAR GAMBAR

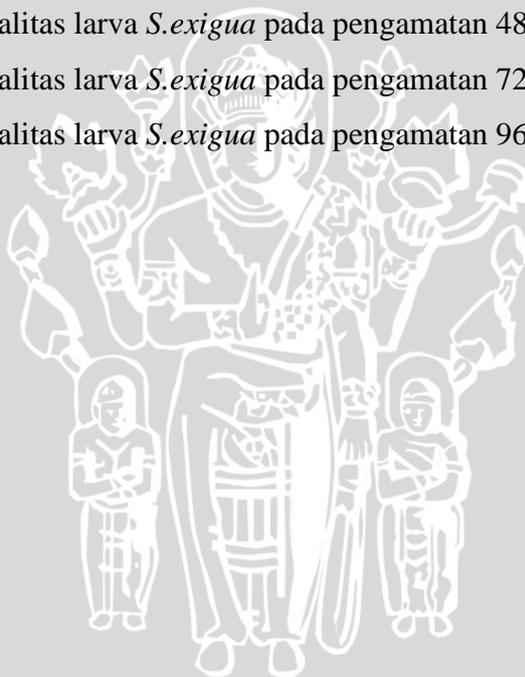
No.	Teks	Halaman
1.	Juvenil infeksi <i>Steinernema</i> sp.....	5
2.	Siklus hidup NEP famili <i>Steinernematidae</i> dan <i>Heterorhabditidae</i>	8
3.	Imago <i>Spodoptera exigua</i> Hubn.....	14
4.	Koloni ulat <i>S.exigua</i>	17
5.	Kerangka operasional penelitian	19
6.	(A) Larva <i>S. exigua</i> mati (B) larva <i>S. exigua</i> sehat.....	26
7.	Hubungan antara log konsentrasi dengan nilai probit.....	29
8.	Hubungan antara log waktu dengan probit kematian.....	29



DAFTAR TABEL

No.	Teks	Halaman
1.	Rerata persentase mortalitas larva <i>Spodoptera exigua</i>	22
2.	Median LC ₅₀ & LT ₅₀ dan persamaan regresi pada uji <i>Steinernema</i> sp. terhadap mortalitas larva <i>Spodoptera exigua</i>	28

No.	Lampiran	Halaman
1.	Analisis ragam mortalitas larva <i>S.exigua</i> pada pengamatan 24JSA	38
2.	Analisis ragam mortalitas larva <i>S.exigua</i> pada pengamatan 48JSA	38
3.	Analisis ragam mortalitas larva <i>S.exigua</i> pada pengamatan 72JSA	39
4.	Analisis ragam mortalitas larva <i>S.exigua</i> pada pengamatan 96 JSA	39



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu masalah utama yang dihadapi petani dalam usaha peningkatan produksi bawang merah di dataran rendah adalah tingginya kerusakan tanaman akibat serangan hama ulat bawang *Spodoptera exigua* Hubn (Hariani *et al.*, 2008). *S. exigua* adalah hama polifagus yang sangat merugikan dan banyak menyerang berbagai jenis tanaman. Dengan adanya pengetahuan tentang bagaimana *S. exigua* ini berinteraksi akan membantu dalam pengembangan strategi pengendalian *S. exigua* yang lebih baik (Hariani *et al.*, 2008).

Dalam mengatasi masalah hama *S. exigua* petani umumnya menggunakan insektisida. Penggunaan insektisida oleh petani umumnya sangat intensif, baik menggunakan insektisida tunggal maupun campuran, dosis tinggi, penyemprotan terjadwal, dan interval penyemprotan yang pendek, yaitu 2-3 hari sekali (Koster 1990; Buurma dan Nurmalinda 1994). Penggunaan insektisida yang intensif tersebut tidak rasional, tidak efisien, dan potensial menyebabkan terjadinya dampak negatif terhadap lingkungan serta timbulnya resistensi hama terhadap insektisida (Moekasan *et al.*, 1999, Sastrosiswoyo dan Rubiati, 2001). Hasil penelitian Moekasan dan Basuki (2007) membuktikan adanya indikasi hama ulat bawang asal Kabupaten Cirebon, Brebes, dan Tegal telah resisten terhadap insektisida yang umum digunakan oleh petani bawang merah di daerah tersebut.

Petani bawang merah sulit menghilangkan kebiasaan tersebut karena petani memiliki persepsi bahwa dengan pencampuran pestisida dapat mengendalikan beberapa jenis hama dan penyakit sekaligus serta lebih manjur dibandingkan menggunakan pestisida tunggal. Namun demikian, intensitas serangan ulat bawang dari tahun ke tahun masih tetap tinggi. Hal ini membuktikan bahwa perilaku petani dalam melakukan pencampuran insektisida tidak dapat mengatasi masalah ulat bawang yang menyerang pertanamannya (Moekasan dan Murtiningsih, 2010). Untuk itu diperlukan teknik pengendalian yang efektif dan efisien untuk mengendalikan hama ulat bawang merah *S. exigua*, selain itu

pengendalian juga harus ramah lingkungan dan tidak menyebabkan resistensi, yaitu dengan menggunakan pengendalian agen hayati. Hal ini dikarenakan pengendalian dari agen hayati tidak menyebabkan pencemaran lingkungan dan tidak terjadi resistensi. Salah satu agen hayati yang cukup efektif dan potensial yaitu entomopatogen atau patogen serangga. Nematoda entomopatogen adalah salah satu agen hayati untuk mengendalikan hama pada tanaman.

Nematoda entomopatogen merupakan parasit serangga yang berada di dalam tanah. Istilah entomopatogen, entomon berasal dari kata Yunani, yang berarti serangga, dan patogen, yang berarti menyebabkan penyakit. Meskipun banyak nematoda parasit lainnya menyebabkan penyakit pada tanaman, ternak, dan manusia, nematoda entomopatogen hanya menginfeksi serangga. Nematoda entomopatogen (NEP) tinggal di dalam tubuh inang mereka, sehingga disebut endoparasitic. Mereka menginfeksi berbagai jenis serangga tanah, larva Lepidoptera, kumbang, dan lalat, serta jangkrik dewasa dan belalang. NEP telah ditemukan di semua benua dan hidup di berbagai habitat ekologis yang beragam, mulai ladang yang ditanami hingga padang pasir. Genera paling sering dipelajari adalah yang berguna dalam pengendalian biologis hama serangga, yaitu *Steinernematidae* dan *Heterorhabditidae* (Gaugler, 2006).

Untuk mengetahui virulensi nematoda entomopatogen maka perlu dilakukan uji virulensi. Serangga yang digunakan yaitu ulat grayak pada tanaman bawang merah *S. exigua* yang telah terjadi resistensi terhadap insektisida. Untuk mengatasi terjadinya resistensi maka perlu dilakukan pengendalian yang lebih aman dan ramah lingkungan yaitu dengan menggunakan agen hayati nematoda entomopatogen.

1.2 Tujuan Penelitian

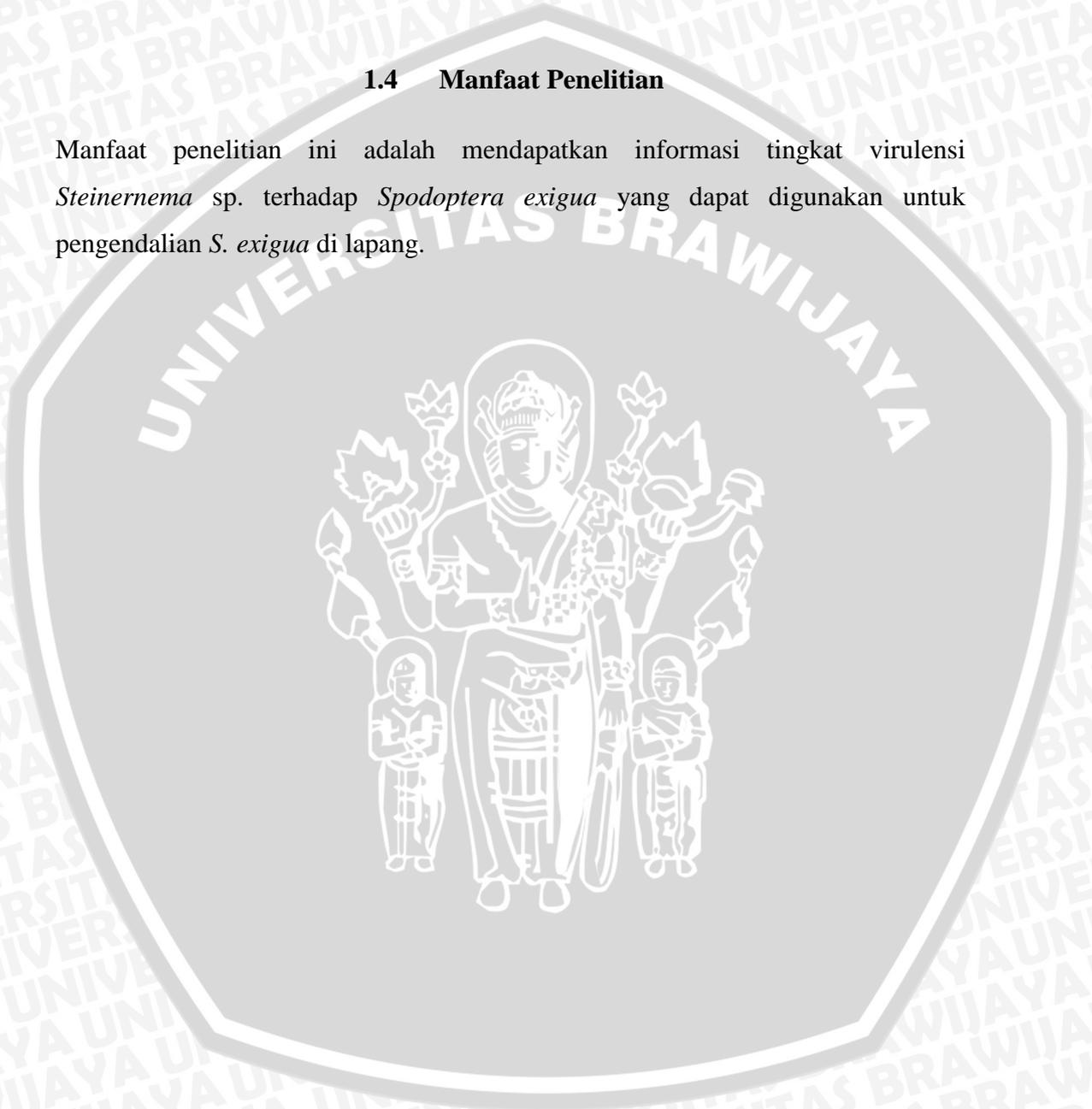
Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui virulensi nematoda entomopatogen *Steinernerma* sp. (meliputi: mortalitas serta LC_{50} dan LT_{50}) terhadap ulat *Spodoptera exigua* di Laboratorium.

1.3 Hipotesis Penelitian

Hipotesis penelitian ini adalah nematoda entomopatogen spesies *Steinernema* sp. memiliki virulensi terhadap ulat *Spodoptera exigua*.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah mendapatkan informasi tingkat virulensi *Steinernema* sp. terhadap *Spodoptera exigua* yang dapat digunakan untuk pengendalian *S. exigua* di lapang.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Nematoda Entomopatogen

2.1.1 Klasifikasi Nematoda Entomopatogen (*Steinernema* sp.)

Genus dan spesies baru nematoda entomopatogen yaitu *Heterorhabditis bacteriophora* yang ditempatkan di Family *Heterorhabditidae* (Rhabditida: Nematoda) (Poinar, 1976). *Steinernema* sp. ini termasuk dalam Kingdom Animalia, Filum Nematoda, Kelas Secermenteeae, Ordo Rhabditida. Genus *Steinernema* termasuk dalam Familia *Steinernematidae* dan genus *Heterorhabditis* termasuk dalam Familia *Rhabditidae*. Klasifikasi dan biologi: Genus *Steinernema*, Family *Steinernematidae* (Rhabditida: Nematoda). Dalam satu Family terdapat Genus lain yaitu *Neosteinernema*, dengan satu spesies *Neosteinernema longicurvicauda* dan parasit rayap (Poinar, 1990).

Steinernema dan *Heterorhabditis* termasuk spesies yang paling penting pada Nematoda entomopatogen. Saat ini, ada 16 spesies di *Steinernema* dan 6 spesies di *Heterorhabditis* (Smart, 1995).

2.1.1 Morfologi Nematoda Entomopatogen

Pada umumnya tubuh nematoda berbentuk seperti cacing, transparan, panjang dan agak silindris, dan diselubungi oleh kutikula non seluler yang elastis. Nematoda memiliki sistem syaraf, sistem pencernaan dan sistem reproduksi. Sistem pencernaan terdiri dari stoma, esofagus yang terdiri atas corpus (procorpus dan metacorpus), isthmus dan basal bulb, usus, rektum, dan anus. Nematoda entomopatogen umumnya tidak memiliki stilet. Enis kelamin nematoda biasanya terpisah. Jantan memiliki sistem reproduksi yang berkembang masuk ke rektum dan membentuk kloaka. Jantan dewasa dicirikan dengan keberadaan satu atau dua testis dan spikula yang bergabung dengan kloaka, sedangkan betina sistem reproduksinya tersusun atas satu atau dua ovarium dan vulva yang terletak ventral (Tanada dan Kaya, 1993).

2.1.2 Morfologi Nematoda *Steinernema* sp.

Steinernematid adalah patogen parasit obligat serangga yang ditandai oleh asosiasi mutualisme mereka dengan bakteri genus *Xenorhabdus*. Steinernematidae saat ini terdiri dari dua genera, *Steinernema* travassos, dengan lebih dari 70 spesies dan *Neosteinernema*, dengan hanya satu spesies *N. longicurvicauda*. Tes diagnostik antara lain ialah dewasa dengan potongan kepala sedikit bulat. Enam bibir menyatu, dengan tips yang berbeda, dan dengan satu bibir di papila masing-masing. Empat kepala papila saat ini. Amphids kecil. Stoma berkurang, pendek dan lebar, dengan dinding sclerotized yang tidak mencolok. Kerongkongan rhabditoid, berangkat dari usus. Sekitar syaraf cincin biasanya genting atau anterior bagian dasar pentolan. Betina terpasang indung telur yang bertentangan. Vagina berotot pendek. Vulva terletak dekat di tengah tubuh, dengan atau tanpa bibir yang menonjol. Epiptygma terdapat atau tidak ada. Jantan dengan tunggal testis. Spicules berpasangan simetris. Gubernaculum ada. Satu pertengahan ventral dan terdapat 10-14 pasang bintil kelamin dari yang tujuh sampai sepuluh pasangan pre-cloacal. Ekor bulat, digiated atau mucronated, tanpa bursa. Tahapan ketiga juvenil infektif dengan melipatkan stoma. Kutikula berbentuk seperti cincin, bidang samping dengan enam sampai delapan naik di bagian tengah tubuh. Kerongkongan dan usus melipat. Khusus kantong bakteri yang terletak di awal intertine dan variabel bentuk. Pori ekskretoris, yang berbeda anterior untuk saraf cincin. Ekor konoideum atau filiform, dengan variabel hialin portioon. Phasmids ini, menonjol atau tidak mencolok (Patricia dan Heidi, 2012).



Gambar 1. Juvenil infektif *Steinernema* sp. (Laznik *et al.*, 2008)

2.1.3 Ekologi Nematoda *Steinernema* sp.

Juvenil yang infeksiif tidak makan tapi dapat hidup selama berminggu-minggu pada cadangan yang tersimpan sebagai juvenil aktif, dan selama berbulan-bulan memasuki sebuah keadaan anhydrobiotic. Ini adalah strategi yang paling penting untuk kelangsungan hidup nematoda entomopatogen tersebut. Lamanya waktu juvenil yang bertahan hidup di tanah dengan tidak adanya inang tersebut tergantung pada faktor seperti temperatur, kelembapan, musuh alami, dan jenis tanah. Pada umumnya, pertimbangan untuk bertahan hidup selama berminggu-minggu sampai berbulan-bulan, dan lebih baik jika di tanah berpasir atau *sandy loam* di tanah dengan kelembapan dan suhu yang rendah dari sekitar 15-25°C dari tanah liat dalam tanah dan suhu yang lebih rendah atau lebih tinggi. *Heterorhabditidae* tidak mempertahankan hidup dengan baik seperti halnya dengan *Steinernematidae*. *Steinernema* menyebar secara vertikal dan horisontal, keduanya secara aktif dan pasif. Secara pasif, menyebar melalui hujan, angin, tanah, manusia atau serangga. Menyebar secara aktif melalui pengukuran dalam centimeter (Smart, 1995).

Nematoda entomopatogen menunjukkan strategi pencarian yang berbeda untuk meningkatkan kemungkinan menemukan inang. Mereka memiliki satu tahap hidup bebas, Juvenil Infektif (JI), meninggalkan inang yang telah habis dan secara aktif menemukan dan menembus sebuah inang baru. Tahapan kehidupan nematoda lainnya terjadi di dalam serangga di mana mereka menelan bakteri kembali dan memakan serangga inang (Rodriguez *et al.*, 2004).

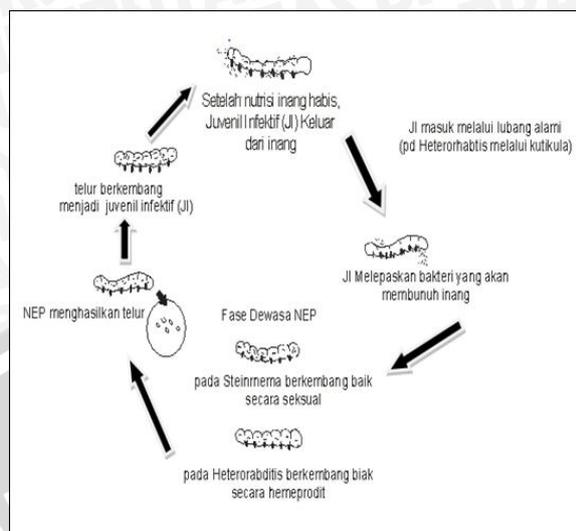
Beberapa spesies nematoda tampaknya memiliki distribusi global dan pada dasarnya berada di mana-mana. *S. carpocapsae* dan *S. feltiae* tersebar luas di daerah beriklim, *H. bacteriophora* umum di daerah dengan iklim benua dan Mediterania, dan *H. indica* ditemukan di banyak daerah tropis dan subtropis. Spesies lain seperti *S. rarum*, *S. kushidai*, *S. ritteri* dan *H. argentinensis* tampaknya memiliki distribusi yang jauh lebih terbatas, tetapi karena lebih banyak survei yang dilakukan spesies ini dapat ditemukan lebih luas (Kaya *et al.*, 2003).

Faktor utama yang membatasi rentang nematoda entomopatogen terhadap inang adalah perilaku mencari makan dari juvenil infeksiif. *Steinernema* sp. ini

menggunakan strategi mencari makan yang berbeda untuk mencari dan menginfeksi inang, yang berkisar dari satu perbedaan yang besar. Salah satu strateginya yaitu diam dan menunggu (penyergapan), sedangkan untuk strategi yang lain secara luas mencari makan (cruise). Kebanyakan spesies nematoda yang terletak di suatu tempat di sepanjang *kontinum* yaitu antara 2 perbedaan yang besar, menempatkan mereka sebagai ahli strategi pencari makan (misalnya *S. riobrave* dan *S. feltiae*). Strategi mencari makan ini disesuaikan dengan menginfeksi serangga yang terjadi tepat di bawah permukaan tanah, seperti *prepupae* serangga Lepidopterous, agas jamur, atau larva kumbang. Nematoda entomopatogen cenderung tidak bersentuhan langsung dengan pergerakan inang kecuali jika diberikan dalam posisi yang tepat dan efisien untuk aktif menginfeksi inang seperti ngengat, ulat tanah, dan jangkrik mol di dekat permukaan tanah. Pada perbedaan yang besar, ada beberapa yang melakukan strategi pencarian makan (misalnya, *S. glaseri* dan *H. Bacteriphora*) yang ditandai dengan kemampuan berpindah yang cepat dan terbagi ke seluruh profil tanah. Mereka beradaptasi terhadap pergerakan inang dan beralih tempat setelah melakukan kontak dengan inang dan menyesuaikan untuk menetap dalam infeksi inang, seperti Scrab dan Prepupae Lepidopterous dan pupa (Kaya *et al.*, 2003).

2.1.4 Siklus Hidup Nematoda Entomopatogen *Steinernema* sp.

Siklus hidup *Steinernema* sp. ini dapat juga dibagi dalam siklus reproduktif dan infektif. Stadium infektif nematoda ini adalah juvenil infektif (JI). Juvenil nematoda yang infektif adalah J3, masuk ke dalam serangga lewat lubang-lubang (mulut, spirakel, dan anus) dan penetrasi ke dalam sistem peredaran darah. J3 ini dalam tubuhnya membawa simbiosis mutualistik bakteri *Xenorhabdis* nematophilus. Bakteri masuk dalam body cavity (lubang dalam tubuh) serangga, berbiak, dan mampu membunuh serangga selama waktu 48 jam. Nematoda kemudian memakan sisa-sisa tubuh serangga yang sudah mati (oleh bakteri) kemudian berbiak dan berpenyakit. Nematoda tidak tahan terhadap faktor luar (kekeringan dan ultraviolet) maka perlu adjuvant (Gaugler, 1979).



Gambar 2. Siklus hidup NEP famili *Steinernematidae* dan *Heterorhabditidae* (Kaya, 1993).

Untuk dapat berkembang dengan baik nematoda entomopatogen memerlukan lingkungan fisik dan biotik yang mendukung kehidupannya. Nematoda ini memiliki ketahanan yang rendah terhadap lingkungan fisik yang ekstrim, khususnya kelembaban, kekeringan, cahaya matahari, dan suhu (Sherler *et al.*, 1998). Umumnya batas suhu terendah untuk *Steinernema* masih tetap aktif berkisar antara 4-14°C (Molyneux, 1985).

2.1.5 Mekanisme Infeksi Nematoda *Steinernema sp.*

Nematoda entomopatogen sangat berpotensi sebagai agens hayati karena bergerak secara aktif mencari inang dan persisten. Efektivitas pengendalian yang cukup lama dapat terjadi karena nematoda entomopatogen melangsungkan siklus hidup di dalam tubuh inang. Nematoda entomopatogen melakukan penetrasi masuk ke dalam tubuh serangga hama melalui lubang alami seperti mulut, anus, lubang trachea atau menembus langsung kutikula (Ehlers, 2001).

Setelah masuk ke dalam tubuh inang, nematoda entomopatogen melepaskan bakteri simbiosis ke dalam *haemolymph* inang sehingga inang akan mati dalam waktu tiga hari. Hubungan simbiosis antara nematoda *Steinernema carpocapsae* dengan bakteri *Xenorhabdus nematophilus* menunjukkan dua peranan

bakteri yaitu sebagai bakteri simbion di dalam tubuh nematoda entomopatogen dan sebagai patogen bagi serangga inang (Graf, 2002).

Hal unik dari nematoda entomopatogen ini adalah simbiosis mutualistik dengan bakterinya. Juvenil stadia tiga atau dikenal dengan infektif juvenil membawa bakteri dalam saluran pencernaannya (*gut*) dan ketika sesudah menginfeksi inangnya, maka bakteri dalam ususnya akan dikeluarkan. Bakteri yang bersimbiosis dengan NEP itu adalah *Xenorhabdus* pada *Steinernematidae* dan *Photorhabdus* pada *Heterorhabditidae*. Kedua jenis bakteri ini merupakan bakteri gram negatif, fakultatif anaerob dan termasuk dalam familia Enterobacteriaceae. Bakteri inilah yang akan membunuh serangga inang secara cepat, dalam waktu 24 – 48 jam. Kematian serangga inang diakibatkan oleh toksin yang dikeluarkan oleh kedua bakteri tersebut. Bakteri akan berkembang secara cepat dalam tubuh serangga inang yang telah mati dan menggunakannya sebagai nutrisi. 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 serangga inang yang baru. gejala serangan terhadap inang yang mati karena serangan *Steinernema* dengan bakteri simbiannya *Xenorhabdus*, dapat dikenali dengan adanya perubahan warna menjadi hitam kecoklatan/ karamel, karena pigmen yang dihasilkan oleh bakteri pada serangga inangnya.

Juvenil infektif mulai masuk ke dalam serangga inang melalui dasar pori-pori dari serangga tersebut. Jika cara masuknya melalui mulut dan anus, *Steinernematid* akan menembus dinding usus untuk mencapai hemocoel, jika melalui spiracles itu akan menembus dinding tenggorokan. Jika juvenil infektif berhasil mencapai hemocoel dari inang, maka mulai melepaskan atau mengeluarkan bakteri simbiannya, dimana berkembang biak dengan cepat di pembuluh darah serangga. Biasanya serangga akan mati dalam waktu 24-72 jam. Meskipun bakteri ini yang terutama paling bertanggung jawab untuk kematian serangga inang, *Steinernematid* juga menghasilkan racun yang mematikan bagi serangga (Smart, 1995).

Nematoda entomopatogen Famili *Steinernematidae* memerlukan waktu untuk siklus hidupnya selama 5-10 hari, sedangkan famili *Heterorhabditidae* memerlukan waktu 10-15 hari. Di dalam tubuh serangga yang mati nematoda berkembang sebanyak dua atau tiga generasi sebelum berkembang menjadi JI. Ukuran tubuh JI dapat dilihat dengan menggunakan mikroskop untuk membantu identifikasi NEP. Puluhan ribu JI dapat dilepaskan dari satu inang yang terinfeksi NEP. Bakteri simbiotik, *Xenorhodus* spp. (Enterobacteriales: Enterobacteriaceae) yang terdapat di dalam tubuh spesies dari famili *Steinernematidae* dan *Photorhabdus* spp. (Enterobacteriales: Enterobacteriaceae) yang terdapat di dalam tubuh spesies dari famili *Heterorhabditidae*, virulen terhadap berbagai serangga inang. Setelah dilepaskan oleh nematoda, bakteri membunuh serangga inang melalui infeksi bakteri dan melepaskan beberapa senyawa yang bertindak untuk mempertahankan bangkai serangga di dalam tanah. Bakteri juga menyediakan sumber nutrisi untuk berkembangnya nematoda. Semua larva serangga yang terinfeksi nematoda akan memiliki karakteristik yang berbeda yaitu keras dan elastis dan tetap utuh selama lebih dari seminggu, sementara nematoda menyelesaikan siklus hidupnya. Serangga yang mati dari sesuatu yang bukan disebabkan oleh infeksi nematoda akan membusuk dan hancur dalam sehari atau dua hari setelah mati. Serangga yang terinfeksi NEP biasanya menunjukkan gejala khusus untuk nematoda spesies tertentu (Grenwood dan Rebek, 2009).

2.1.6 Kisaran Inang Nematoda *Steinernema* sp.

Dalam tes laboratorium, *Steinernema carpocapsae* saja menginfeksi lebih dari 250 spesies serangga dari lebih dari 75 keluarga di 11 urutan (Poinar, 1975 dalam Parwinders et al., 2001). Nematoda menyerang spektrum yang jauh lebih luas dari serangga di laboratorium di mana kontak inang terjamin, lingkungan kondisi optimal, dan tidak ada ekologi atau perilaku hambatan terhadap infeksi yang ada. Sebagai contoh, dedaunan makan larva Lepidoptera sangat rentan terhadap infeksi dalam cawan *Petri*, tetapi jarang berdampak di lapangan, di mana nematoda cenderung cepat tidak aktif oleh lingkungan ekstrim (yaitu, pengeringan, radiasi UV, suhu) karakteristik terkena dedaunan. Hambatan

perilaku juga membatasi khasiat nematoda untuk inang yang dipilih atau beberapa kelompok inang (Gaugler *et al.*, 1997).

Beberapa spesies nematoda mencari inang di atau dekat permukaan tanah (misalnya, *S. carpocapsae* dan *S. scapterisci*), sedangkan yang lain disesuaikan untuk mencari lebih dalam di profil tanah (misalnya, *H. bacteriophora* dan *S. glaseri*) (Grewal *et al.* 1994). Kelompok pertama telah disebut sebagai "ambusher", yang tetap hampir menetap sambil menunggu di permukaan tempat tinggal inang (Campbell dan Gaugler, 1993). Kelompok selanjutnya telah disebut sebagai "cruiser" yang sangat aktif, merespon kuat untuk jangka panjang isyarat kimia inang, dan karena itu yang terbaik disesuaikan untuk menemukan inang tetap (Grewal *et al.*, 1994).

Di laboratorium, spesies nematoda yang paling virulen menginfeksi berbagai serangga dimana inang memang bersentuhan, kondisi lingkungan tertentu optimal, dan tidak ada hambatan ekologi atau perilaku terhadap infeksi yang ada. Di lapangan, nematoda entomopatogen menyerang kisaran inang jauh lebih sempit dibandingkan di laboratorium, menambah keselamatan mereka sebagai agen pengendali hayati. Karena nematoda ini disesuaikan dengan lingkungan tanah, inang utama adalah serangga tanah. Isolasi nematoda strain/spesies baru biasanya dilakukan dengan menggunakan larva ngengat lilin besar, *Galleria mellonella*, dan oleh karena itu, kisaran inang spesies nematoda diketahui cenderung bias terhadap generalis atau spesies disesuaikan dengan serangga Lepidopterous. Namun, beberapa spesies nematoda yang telah diisolasi dari bangkai inang di lapangan memiliki kisaran inang yang terbatas dengan *S. kushidai*, dan *S. scarabaei* yang disesuaikan dengan larva scarab. *S. scapterisci* tampaknya disesuaikan dengan jangkrik mol dan berpengaruh kurang baik terhadap serangga lainnya, tetapi kombinasi *Xenorhabdus* regangan UY61 dan *S. scapterisci* mudah menginfeksi waxworm, *G. mellonella* (Kaya *et al.*, 2003).

Beberapa penelitian melaporkan bahwa *S. carpocapsae* cukup efektif untuk mengendalikan hama. Kard *et al.*, (1988) mencatat bahwa ulat *Phyllophaga* spp. (Scarabaeidae) dapat dikendalikan oleh *Steinernema feltiae* dan *Heterorhabditis heliothidis* (Khan *et al.*, 1976).

2.1.7 Faktor yang Mempengaruhi Perkembangan Nematoda Entomopatogen

Perkembangan nematoda entomopatogen dipengaruhi oleh faktor abiotik dan biotik. Faktor biotik yaitu habitat nematoda, kelembaban tanah, tekstur tanah, suhu dan pH tanah. *Heterorhabditis* ditemukan pada tanah pantai dengan tekstur tanah pasir dan kelembaban tanah yang tinggi, sedangkan *Steinernema* ditemukan pada tanah pantai dengan tekstur tanah lempung berpasir yang lembab (Chaerani *et al.*, 2007). Nematoda entomopatogen dapat mati jika diaplikasikan pada tanah yang kering, sangat panas atau sangat dingin atau jika terpapar oleh sinar matahari. Nematoda membutuhkan air untuk pergerakannya dan oksigen untuk kehidupannya (Miles *et al.*, 2012).

2.1.8 Kelebihan Nematoda Entomopatogen *Steinernema* sp.

Entomopatogen dari genus *Steinernema* berpotensi digunakan sebagai pengendali berbagai serangga hama, terutama ordo Lepidoptera, seperti *Helicoverpa armigera*. Penggunaan *Steinernema* untuk pengendalian *H. armigera* akan menguntungkan karena aman terhadap lingkungan, mudah diproduksi massal, toleran terhadap berbagai macam pestisida, dapat aktif mencari serangga sasaran, tidak menyebabkan resisten dan resurgensi, serta dapat diaplikasikan dengan alat semprot standar (Prabowo dan Iga, 2012).

Menurut Kaya dan Gaugler (1993), beberapa kelebihan yang dimiliki famili *Steinernematidae* dan *Heterorhabditidae* adalah kisaran inang yang luas mempunyai reseptor kimia dan aktif, tidak berbahaya bagi mamalia, mempunyai komponen virulensi yang tinggi terhadap inang, mudah diperbanyak baik secara in vivo maupun in vitro, serta kompatibel dengan pestisida yang lain.

Nematoda entomopatogen memiliki keuntungan lebih dari bahan kimia sebagai agen pengendali. Nematoda tidak mencemari dan ramah lingkungan sehingga aman dan dapat diterima, meskipun di beberapa negara-negara tidak diperkenankan atau dibebaskan untuk manusia. Juvenil infektif dapat diaplikasikan dengan menggunakan perlengkapan atau peralatan yang sederhana,

dan nematoda entomopatogen lebih cocok daripada pestisida. Nematoda entomopatogen menemukan inang mereka secara aktif dan pasif, dan dalam tempat yang gelap atau samar dan beberapa waktu berada di dalam tanah, mereka terbukti lebih unggul dalam mengendalikan serangga target. Nematoda entomopatogen tidak cocok untuk aplikasi daun, karena mereka sensitif terhadap pengeringan dan radiasi ultraviolet. Nematoda entomopatogen biasanya bereproduksi dalam serangga inang dan dengan demikian akan memberikan juvenil infeksi baru untuk mencari serangga inang tambahan. Kisaran inang efektif yang diberikan untuk spesies atau strain biasanya agak sempit, sehingga mereka tidak menyebabkan kematian sembarangan. Kisaran inang yang sempit berarti bahwa kita harus memilih nematoda entomopatogen yang hanya sesuai dengan serangga, sebagai alternatif salah satunya harus memilih insektisida kimia untuk mengendalikan serangga target (Smart, 1995).

2.2 *Spodoptera exigua* Hubner

2.2.1 Klasifikasi *Spodoptera exigua*

Menurut Kalshoven (1981) *Spodoptera exigua* Hubner dapat diklasifikasikan sebagai berikut: Filum Arthropoda, Kelas Insecta, Ordo Lepidoptera, Famili Noctuidae, Genus *Spodoptera*, Species *Spodoptera exigua* Hubner.

2.2.2 Morfologi *Spodoptera exigua*

Telur berbentuk bulat sampai bulat panjang, diletakkan oleh induknya dalam bentuk kelompok pada permukaan daun atau batang dan tertutup oleh bulu-bulu atau sisik dari induknya. Tiap kelompok telur maksimum terdapat 80 butir. Jumlah telur yang dihasilkan oleh ngengat betina sekitar 500-600 butir. Setelah 2 hari telur menetas menjadi larva. Ulat berbentuk bulat panjang, berwarna hijau atau coklat dengan kepala berwarna kuning kehijauan (Moekasan *et al.*, 2000). Ulat lebih aktif pada malam hari. Stadium larva berlangsung selama 8-10 hari.

Stadium ulat terdiri dari 5 instar. Warna larva antara hijau terang sampai hijau gelap. Pada fase tertentu tubuh larva terdapat garis-daris berwarna gelap disepanjang tubuhnya. Ukuran maksimum larva hama ini antara 1-2 inchi (Mau dan Kessing, 1991).

Pupa berwarna coklat muda dengan panjang 9-11 mm, tanpa rumah pupa. Pupa berada di dalam tanah dengan kedalaman + 1 cm. Pupa sering dijumpai juga pada pangkal batang, terlindung dari daun kering, atau di bawah partikel tanah. Pupa memerlukan waktu 5 hari untuk berkembang menjadi ngengat (Hadisoeganda *et al.*, 1995). Ngengat hama ini lebih kecil dari anggota kelompok ulat pemotong daun lainnya. Rentangan sayap imagonya antara 1-1.5 inch. Sayap depan berwarna kelabu hingga coklat kelabu dengan garis-garis yang kurang tegas dan terdapat bintik-bintik hitam. Sayap belakang berwarna lebih terang dengan tepi yang bergaris-garis hitam (Mau and Kessing, 1991).

Serangga dewasa (kupu) merupakan ngengat dengan sayap depan berwarna kelabu gelap dan sayap belakang berwarna agak putih. Telur dilapisi oleh bulu-bulu putih yang berasal dari sisik tubuh induknya. Telur berwarna putih, berbentuk bulat atau lonjong, berukuran sekitar 0,5 mm. Ulat berukuran panjang 2,5 cm, fase muda berwarna hijau muda sedangkan fase dewasa berwarna hijau kecoklatan gelap dengan garis kuning (Korlina, 2006).



Gambar 3. Imago *Spodoptera exigua* Hubn (Yuswani, 2011)

2.2.3 Siklus Hidup *Spodoptera exigua*

Seekor betina mampu menghasilkan lebih dari 1000 butir telur dalam satu siklus hidupnya. Lamanya daur hidup sekitar 21 hari (Mau dan Kessing, 1991).

Pada suhu 30^o-33^oC lamanya daur hidup sekitar 15-17 hari (Moekasan *et al.*, 2000). Imago betina *S. exigua* lebih meletakkan telurnya pada daun bagian bawah daripada bagian atas, lebih suka meletakkan telur pada daun daripada tangkai daun atau batang (Azidah dan Azirun, 2006). Telur yang diletakkan imago betina ini akan menetas dan tumbuh berkembang jadi larva dan larva muda yang berwarna hijau muda atau kuning memakan bagian daun dan buah dari tanaman inangnya (Sherwood dan Elliott, 2006).

Telur *S. exigua* diletakkan secara berkelompok dan setiap kelompok telur rata-rata 63,42 butir. Satu generasi *Spodoptera exigua* menghabiskan waktu 29,88 hari (Rudiana, 1995). Menurut Metcalf dan Flint (1982) imago *S. exigua* meletakkan telur rata-rata 500-600 butir dalam waktu 4-10 hari. Kupu betina meletakkan telur pada ujung daun secara berkelompok, tiap kelompok rata-rata terdapat 1.000 butir. Dipermukaan tanah larva berkembang menjadi kepompong. Daur hidup *S. exigua* 3-4 minggu, dan memiliki beberapa inang seperti bawang merah, bawang putih, jagung, tembakau, kacang-kacangan, kentang, dan bayam (Korlina, 2006).

2.2.4 Inang *Spodoptera exigua*

Daur hidup *Spodoptera exigua* 3-4 minggu, dan memiliki beberapa inang seperti bawang merah, bawang putih, jagung, tembakau, kacang-kacangan, kentang, dan bayam (Korlina, 2006).

Ulat bawang, *Spodoptera exigua* adalah salah satu hama lainnya adalah penting yang umum menyerang tanaman bawang merah. Tanaman inang yang cabai, kubis, tomat, bayam, kapas, jagung, tembakau, kedelai, dan sebagainya. Menurut Smits (1987), di dunia terdapat lebih dari 200 tanaman inang ulat bawang. Di Indonesia, khususnya di daerah dataran rendah hama ini merupakan masalah serius pada pertanaman bawang merah. Kehilangan hasil panen bawang merah akibat serangan ulat bawang berkisar antara 45-57% (Dibiyantoro, 1990). Pada menyebabkan kehilangan hasil panen bawang merah masing-masing sebesar 32% dan 41% (Setiawati, 1996).

2.2.5 Gejala Kerusakan Akibat Serangan *Spodoptera exigua*

Gejala serangan hama ini pada tanaman bawang merah ditandai dengan timbulnya bercak-bercak putih transparan pada daun. Larva memakan daun tanaman, larva muda masuk ke dalam jaringan parenkim daun dan makan daun sebelah dalam meninggalkan jaringan epidermis daun (Moekasan *et al.*, 2000).

Koloni ulat kecil-kecil membuat lubang pada daun, kemudian merusak jaringan vaskuler dan masuk ke pipa daun sambil memangsa daging daun sebelah dalam. Daun bawang merah tampak berbercak putih memanjang seperti membran, kemudian layu, berlubang, dan di dekat lubang tersebut terdapat kotoran ulat. Serangan yang cukup berat dapat menimbulkan kehilangan hasil hingga 57% (Rukmana, 1994).

Bagian tanaman yang diserang terutama adalah daunnya. Akan tetapi, apabila populasi larva sangat banyak, larva akan menyerang umbi yang tersedia. Begitu menetas dari telur, larva akan segera melubangi daun bagian ujungnya, masuk dan makan daging daun bagian dalam, tetapi epidermis bagian luarnya tetap, dibiarkan tidak dimakan. Akibatnya pada daun terlihat bercak-bercak berwarna putih yang apabila diterawangkan tembus cahaya. Serangan lanjut menyebabkan daun terkulai dan mengering (Hadisoeganda *et al.*, 1995).

Serangan ulat bawang menyebabkan dan berlubang, mulai dari tepi daun. Serangan berat biasaya terjadi pada tanaman umur 5-8 minggu setelah tanam (Korlina, 2006).

Ulat berukuran panjang 25 mm, berwarna hijau atau coklat dengan garis tengah warna kuning, berada dalam rongga daun, makan bagian dalam daun menyebabkan daun menjadi transparan atau timbul bercak-bercak putih pada daun karena epidermis bagian luar daun tidak dimakan. Bila serangan berat, seluruh bagian tanaman dimakan termasuk umbinya. Hama memiliki beberapa inang seperti keluarga bawang-bawangan, cabai merah dan jagung. Serangan berkurang pada musim tanam Mei sampai Juni dan Oktober sampai Nopember (Rosmahani, 2006).



Gambar 4. Koloni ulat *S. exigua* (Rosmahani, 2006).

2.2.6 Daerah Sebaran *Spodoptera exigua*

Spodoptera exigua tersebar luas khususnya di daerah tropis dan subtropis, menyerang sepanjang tahun dan serangannya tinggi dimusim kemarau (Rauf, 1999; Moekasan *et al.*, 2012). Serangan *S. exigua* dalam budidaya bawang merah menjadi penting apabila dikaitkan dengan penurunan kuantitas dan kualitas produksi (Putrasamedja *et al.*, 2012). Serangan *S. exigua* pada fase pertumbuhan vegetatif bisamengakibatkan kehilangan hasil 57-100% (Putrasamedja *et al.*, 2012) dan penurunan kualitas hasil bawang merah yaitu umbi berukuran kecil dan berwarna putih (Rauf, 1999).



BAB III METODOLOGI

Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Hama, Sub. Laboratorium Nematologi, Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, mulai 15 Januari hingga 5 Juni 2015. Sampel *Spodoptera exigua* diambil dari lahan bawang merah di Desa Jatipunggur Kec. Lengkon, Nganjuk.

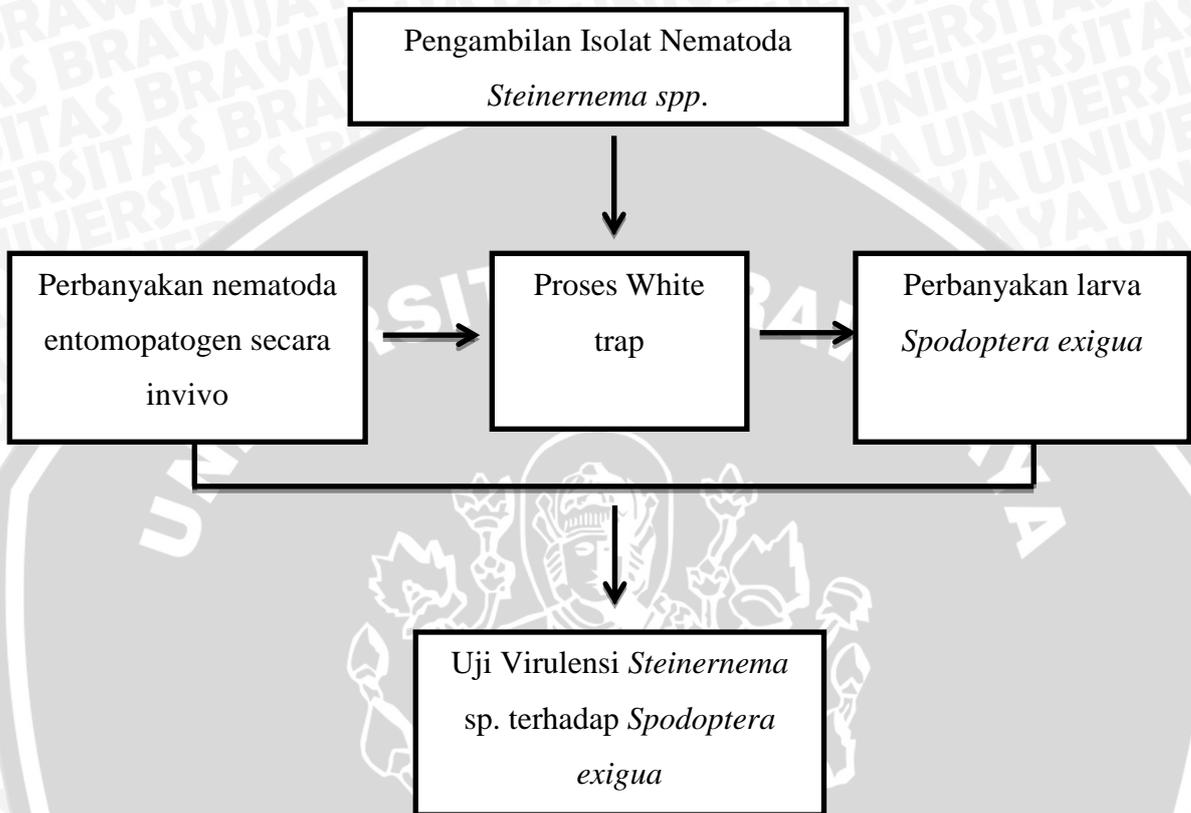
Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan adalah mikroskop binokuler, cawan *Petri* ukuran diameter 9 cm dan ukuran diameter 14 cm, cawan penghitung nematoda, alat penghitung, pinset, autoclave, karet, stoples kaca, stoples plastic, jarum pancing nematoda yang terbuat dari tusuk gigi yang ujungnya diruncingkan, pipet, gelas Erlenmeyer, kamera, gelas objek, gelas penutup, fial film, kertas label, kantong plastic dan gunting.

Bahan-bahan yang digunakan yaitu isolat nematoda *Steinernema sp.* yang didapatkan dari koleksi Balai Besar Perbenihan dan Proteksi Tanaman Perkebunan yang berada di Daerah Mojoagung Jombang, kain kasa, kertas saring, plastik *wrapping*, larva *Tenebrio molitor*, larva *S. exigua* sebanyak 500 ekor, daun bawang, aquades steril, alcohol 70%, madu, kapas.

Metode Penelitian

3.1 Kerangka operasional



Gambar 5. Kerangka Operasional Penelitian

3.2 Perbanyak nematoda *Steinernema* sp.

Isolat-isolat *Steinernema* sp. Diperoleh dari koleksi Balai Besar Perbenihan dan Proteksi Tanaman Perkebunan yang berada di Daerah Mojoagung, Jombang. Nematoda *Steinernema* sp. diperbanyak secara in vivo menggunakan larva *T. Molitor*. Sebanyak 10 ekor larva dimasukkan ke dalam cawan petri yang didalamnya telah dilapisi kertas saring lembab. Selanjutnya 2 ml suspensi nematoda entomopatogen ditetaskan pada tubuh larva. Cawan petri kemudian ditutup dan dibungkus menggunakan plastik *wrapping* untuk menghindari kontaminasi dari jamur dan serangga parasitoid. Cawan *Petri* diinkubasikan

selama lebih kurang 3 hari. Larva yang terinfeksi selanjutnya dicuci menggunakan alkohol dan aquades steril dan dilakukan proses *white trap*.

Proses dari *white trap* yaitu larva yang mati diletakkan di cawan *Petri* kecil yang dilapisi kertas saring lembab. Cawan *Petri* kecil tersebut kemudian diletakkan ke dalam cawan besar dan dituangi aquades steril hingga setengah dari cawan kecil. Cawan besar ditutup dengan penutup cawan. Diharapkan setelah 1-2 minggu nematoda bermigrasi ke dalam aquades. Setelah 1-2 minggu nematoda disaring dan disimpan dalam air steril pada suhu kamar. Untuk mendapatkan jumlah nematoda yang sesuai dengan perlakuan dilakukan perhitungan pada setiap 0,1 ml suspensi nematoda menggunakan alat *hand counter*, cawan hitung, dan pipet kemudian dihitung dengan bantuan mikroskop binokuler.

3.3 Perbanyakkan Larva Uji *Spodoptera exigua*

Perbanyakkan serangga uji dilakukan dengan mengumpulkan larva, telur dan imago dari *Spodoptera exigua* dari lahan yang terserang oleh hama ini. Selanjutnya larva tersebut dipelihara pada toples plastik yang tutupnya telah dilubangi dan ditutup dengan menggunakan kain kassa. Larva dipelihara dengan diberi pakan daun bawang yang diganti setiap 1 hari sekali. Toples juga dibersihkan dan dicuci dengan menggunakan larutan antiseptik setiap pergantian pakan. Kemudian larva dipisahkan sesuai dengan stadia instar, pada stadia imago digantungkan kapas yang telah dicelupkan cairan madu di letakkan di dalam toples sebagai pakan imago, demikian seterusnya sampai tiba saatnya untuk bertelur.

3.4 Uji Virulensi Nematoda *Steinernema* sp. terhadap *Spodoptera exigua*

Uji virulensi dilakukan dengan kertas saring yang diletakkan pada cawan petri. Sebelum digunakan cawan disterilkan terlebih dulu dalam autoclave dengan tekanan 120 atm. Dua puluh larva *S. exigua* instar 3 dimasukkan ke dalam cawan *Petri*. Kemudian isolat nematoda entomopatogen dengan konsentrasi 100, 200, 400, dan 800 JI/ml aquades diinokulasikan ke dalam cawan tersebut. Pada kontrol,

larva diaplikasikan dengan akuades steril. Larva diberikan pakan daun bawang segar dan dipelihara pada suhu ruang.

Percobaan disusun dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok dengan empat perlakuan yaitu konsentrasi juvenil infektif dan menggunakan lima kelompok berdasarkan waktu aplikasi. Parameter yang diamati adalah jumlah larva *S. exigua* yang mati, waktu dan perubahan tampilan pada larva *S. exigua*. Pengamatan dilakukan setiap 24jam. Persentase mortalitas dengan rumus tersebut.

$$\text{Mortalitas} = \frac{\sum \text{larva yang mati}}{\sum \text{larva uji}} \times 100\%$$

Jika pada kontrol terdapat kematian tidak lebih dari 20% maka perlu dikoreksi menggunakan rumus Abbott (1987).

$$P_t = \frac{P_o - P_c}{100 - P_c} \times 100\%$$

Keterangan :

- P_t = persentase banyaknya serangga yang mati setelah dikoreksi
 P_o = persentase banyaknya serangga yang mati pada perlakuan
 P_c = persentase banyaknya serangga yang mati pada kontrol

3.5 Analisis Data

Data hasil pengamatan yang diperoleh dianalisis menggunakan uji F pada taraf kepercayaan 95 %. Apabila terdapat beda nyata, maka nilai rata-rata dibandingkan menggunakan uji DUNCAN. Sedangkan untuk mengetahui Median Lethal Concentrate (LC_{50}) dari perlakuan nematoda entomopatogen *Steinernema spp.* terhadap larva *Spodoptera exigua* digunakan aplikasi probit yang dikembangkan Chi (1997).

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Mortalitas Larva *Spodoptera exigua* oleh Nematoda Entomopatogen *Steinernema* sp.

Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa tingkat kepadatan populasi nematoda *Steinernema* sp. berpengaruh nyata terhadap persentase mortalitas larva *S. exigua*. Semakin tinggi tingkat kepadatan populasi dari nematoda maka akan meningkatkan persentase mortalitas larva *S. exigua* (Tabel.1). Peningkatan persentase mortalitas juga terlihat ketika semakin lama waktu setelah aplikasi. Hal ini sesuai dengan pernyataan Subagiya (2005) bahwa Umumnya semakin tinggi konsentrasi *Steinernema* sp. yang disemprotkan menyebabkan semakin besar kematian ulat. Semakin lama waktu pengamatan menyebabkan semakin tinggi kematian ulat.

Tabel 1. Rerata persentase mortalitas larva *Spodoptera exigua*

Konsentrasi	24 JSA	48 JSA	72 JSA	96 JSA
	$(\bar{x} \pm SD)$	$(\bar{x} \pm SD)$	$(\bar{x} \pm SD)$	$(\bar{x} \pm SD)$
100JI/ml	1,00 ± 2,24a	7,00 ± 8,36a	13,00 ± 13,04a	29,36 ± 12,25a
200JI/ml	10,00 ± 11,72a	21,00 ± 23,39b	34,00 ± 27,24b	48,57 ± 24,34b
400JI/ml	9,00 ± 17,46a	27,00 ± 23,61b	36,00 ± 20,73b	57,84 ± 22,25bc
800JI/ml	18,00 ± 15,25a	43,00 ± 25,64c	55,00 ± 22,36c	70,84 ± 22,19c

Keterangan: angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan nilai yang berbeda tidak nyata pada uji Duncan taraf 5%. JSA (Jam Setelah Aplikasi).

Berdasarkan Tabel 1 terlihat bahwa mortalitas larva *S. exigua* semakin meningkat seiring dengan semakin tinggi kepadatan populasi yang diaplikasikan. Selain itu juga meningkatnya mortalitas terjadi seiring dengan waktu setelah aplikasi. Mortalitas tertinggi terjadi pada aplikasi nematoda entomopatogen dengan kepadatan aplikasi 800JI/ml dan dalam waktu pengamatan 96 JSA yaitu sebesar 70,84%. Hal ini sesuai dengan penelitian Prabowo (2012) dengan

semakin banyak JI yang diberikan dan semakin lama infestasi serangga menyebabkan peningkatan mortalitas larva. Karena dengan semakin banyak JI dan lama waktu infestasi menyebabkan semakin tinggi peluang JI untuk menginfeksi larva. Menurut Afifah (2013) terjadinya kematian serangga diduga karena serangga tidak mampu mempertahankan diri melawan serangan nematoda, sehingga nematoda mampu berkembang biak di dalam tubuh serangga yang akhirnya menyebabkan kematian.

Pada pengamatan 24 JSA tidak terdapat pengaruh nyata pada setiap perlakuan. Kematian belum mencapai 50% diduga karena nematoda membutuhkan waktu dalam menginfeksi dan dalam mekanisme menyerangnya. Uhan (2008) menyatakan bahwa Pergerakan serangga juga membantu nematoda entomopatogen dalam menemukan inang. Mungkin 24 jam setelah aplikasi nematoda masih banyak yang belum masuk ke dalam tubuh serangga karena pergerakan serangga yang masih aktif, sehingga nematoda juga belum banyak yang bisa masuk dan menginfeksi inang. Sehingga persentase mortalitas *S. exigua* pada pengamatan 24 JSA masih relatif rendah.

Pada pengamatan 48 JSA (Tabel 1) dapat dilihat terjadinya peningkatan persentase mortalitas *S. exigua* di setiap perlakuan. Pada perlakuan 400 JI/ml terlihat berpengaruh nyata dibandingkan perlakuan 800 JI/ml, namun pada perlakuan 200 JI/ml tidak menunjukkan pengaruh nyata terhadap perlakuan 400 JI/ml. Adanya pengaruh nyata juga dapat dilihat dari perlakuan 400 dan 800 JI/ml dibandingkan dengan perlakuan 100 terhadap persentase mortalitas larva *S. exigua*. Namun, dalam 48 JSA kematian juga belum mencapai 50% tetapi sudah mendekati 50% yaitu 43% sehingga mengalami peningkatan jika dibandingkan dengan pengamatan 24 JSA, mortalitas tertinggi hanya 18%. Diduga karena nematoda masih membutuhkan waktu dalam menginfeksi inangnya atau juga nematoda belum masuk ke dalam inangnya atau serangga uji *S. exigua*. Prabowo (2012) menyatakan bahwa daya tahan larva untuk mencegah infeksi *Steinernema* sp. masih cukup baik sehingga larva belum banyak yang mati.

Diduga salah satu penyebab mortalitas meningkat pada pengamatan 48 JSA adalah karena mekanisme infeksi nematoda terhadap serangga inang yang

membutuhkan waktu 24-48 jam, sehingga pada pengamatan 24 JSA memang sudah ada mortalitas atau kematian serangga namun masih sangat rendah dan mengalami peningkatan yang cukup tinggi pada saat pengamatan 48 JSA. Hal ini didukung oleh penelitian Poinar dan Grewal (2012) yang menyatakan bahwa ketika juvenil infeksiif masuk ke dalam rongga tubuh inang yang sesuai maka bakteri akan dikeluarkan dan berkembang biak dengan cepat di dalam tubuh inang sehingga inang akan mati dalam 2 hari (48 jam).

Pada pengamatan 72 JSA persentase mortalitas larva *Spodoptera exigua* semakin meningkat, pada perlakuan 200 JI/ml berpengaruh nyata dibandingkan dengan perlakuan 100 JI/ml. Terlihat juga pada Tabel 1 bahwa perlakuan 800 JI/ml berpengaruh nyata jika dibandingkan dengan perlakuan 200 JI/ml namun tidak berpengaruh nyata jika dibandingkan dengan perlakuan 400 JI/ml. Pada pengamatan 72 JSA terlihat bahwa mortalitas sudah mencapai 50% yaitu pada perlakuan 800 JI/ml persentase mortalitas mencapai 55%. Peningkatan mortalitas diduga karena bakteri yang ada di dalam tubuh nematoda sudah mulai menyerang tubuh serangga dan mengeluarkan toksik sehingga serangga mati secara perlahan. Peningkatan mortalitas terjadi pada perlakuan yang kepadatan populasi semakin tinggi maka nilai persentase mortalitas juga akan semakin tinggi. Menurut Prabowo (2012) dengan semakin lamanya waktu perlakuan maka konsentrasi *Steinernema* spp. yang dibutuhkan untuk membunuh larva akan semakin sedikit. Karena dengan semakin lamanya waktu perlakuan maka racun *Xenorhabdus* spp sudah dapat bekerja dengan baik sehingga dapat menyebabkan kematian larva. Semakin tinggi mortalitas larva maka konsentrasi JI yang dibutuhkan akan semakin banyak. Karena untuk dapat meningkatkan kematian larva maka racun *Xenorhabdus* spp. yang dibutuhkan untuk membunuh larva akan semakin banyak.

Pada pengamatan 96 JSA perlakuan 200 JI/ml berpengaruh nyata dibandingkan dengan perlakuan 100 JI/ml, selain itu pada perlakuan 800 JI/ml juga menunjukkan pengaruh nyata dibandingkan dengan perlakuan 200 JI/ml. Pada pengamatan 96 JSA terjadi peningkatan lagi yaitu dengan persentase tertinggi pada perlakuan 800 JI/ml sebesar 70,84%. Pada perlakuan 400 JI/ml persentase sudah mencapai 50%. Prabowo (2015) menyatakan semakin tinggi

persentase kematian larva maka akan semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk membunuh larva. Hal ini dikarenakan reaksi racun *Xenorhabdus* spp. dalam tubuh serangga bekerja sangat lambat sehingga waktu yang dibutuhkan akan semakin lama. Menurut Subagiya (2005), waktu yang dibutuhkan *Steinernema* sp. untuk mematikan serangga berturut-turut adalah 50,70; 51,60; dan 119,90 jam. Jika dibandingkan dengan literatur, maka sesuai dengan hasil pada tabel bahwa pada pengamatan 48-96 terus terjadi peningkatan persentase mortalitas *S. exigua* yang mencapai lebih dari 50%.

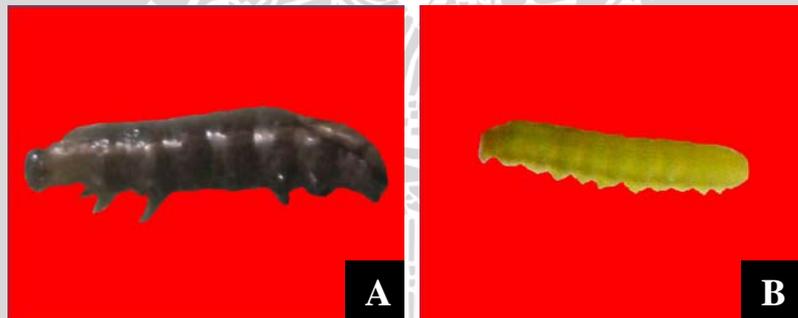
Adanya kecenderungan nematoda entomopatogen *Steinernema* sp. terhadap larva *S. exigua* memperlihatkan kecenderungan presentase mortalitas larva *S. exigua* meningkat dari pengamatan 24 JSA hingga 96 JSA, pada berbagai perlakuan konsentrasi nematoda entomopatogen *Steinernema* sp. pada pengamatan 24 JSA sudah terdapat mortalitas larva *S. exigua* meskipun dalam persentase yang cukup rendah. Mortalitas larva *S. exigua* pada perlakuan 800 JI/ml menunjukkan mortalitas yang tinggi di banding dengan perlakuan lainnya. Keadaan tersebut memberikan gambaran bahwa dengan perlakuan konsentrasi nematoda entomopatogen yang semakin tinggi cenderung menunjukkan mortalitas larva *S. exigua* yang semakin tinggi pula. Namun demikian pada perlakuan 100, 200, dan 400 JI/ml juga menunjukkan mortalitas larva *S. exigua* pada pengamatan 24 – 96 JSA. Namun pada perlakuan 100 dan 200 JI/ml persentase mortalitas belum mencapai 50% bahkan sampai pengamatan terakhir yaitu pada 96 JSA. Pada perlakuan 400 JI/ml sudah dikatakan efektif mengendalikan larva *S. exigua* karena persentase mortalitas sudah mencapai lebih dari 50% pada pengamatan 96 JSA. Namun yang paling efektif adalah perlakuan 800 JI/ml karena pada pengamatan 72 JSA persentase mortalitas sudah mencapai 50%.

Menurut Uhan (2008) Semakin besar tingkat konsentrasi yang digunakan maka semakin besar pula kemungkinan agens pengendali untuk menginfeksi inang. Hal ini diperkirakan karena bakteri simbion *Xenorhabdus* spp. yang terdapat dalam tubuh *Steinernema* sp. mempunyai kemampuan yang lebih tinggi dalam bereproduksi dan menghasilkan toksin sehingga mengakibatkan kematian

serangga, maka dengan jumlah nematode entomopatogen yang sedikit sudah mampu menyebabkan kematian pada serangga.

4.2 Gejala Larva *Spodoptera exigua* yang Mati Akibat Terinfeksi Oleh Nematoda Entomopatogen *Steinernema* sp.

Menurut Nugrohorini (2010) Pengamatan pada serangga inang berfungsi untuk melihat gejala serangan oleh nematoda parasit serangga pada bagian kutikula yang ditunjukkan dengan adanya perubahan warna. Apabila tubuh serangga berwarna hitam kecoklatan/caramel, berarti serangga tersebut terinfeksi *Steinernematidae*, dan berwarna kemerahan jika terinfeksi *Heterorhabditidae*. Hal ini disebabkan oleh adanya reaksi bakterisimbion, *Xenorhabdus* spp. atau *Photorhabdus* spp. yang dikeluarkan oleh nematoda pada saat di dalam tubuh serangga inang.



Gambar 6. (A) Larva *Spodoptera exigua* mati karena terinfeksi *Steinernema* sp., (B) larva *S. exigua* sehat

Gejala yang terlihat pada larva *Spodoptera exigua* yang telah mati menunjukkan gejala bahwa larva *S. exigua* terinfeksi oleh nematoda entomopatogen *Steinernema* sp. Gejala yang muncul yaitu larva mati dengan warna kutikula yang berubah menjadi coklat karamel, hal ini salah satu ciri gejala larva yang terserang oleh nematoda entomopatogen *Steinernema* sp. (Gambar 6). Seperti yang diungkapkan Smart (1995) gejala serangan terhadap inang yang mati karena serangan *Steinernema* sp. dengan bakteri simbiotiknya *Xenorhabdus*, dapat

dikenali dengan adanya perubahan warna menjadi hitam kecoklatan/ karamel, karena pigmen yang dihasilkan oleh bakteri pada serangga inangnya.

Mortalitas larva *Spodoptera exigua* uji dicirikan dengan berubahnya warna tubuh dari hijau muda menjadi kuning gelap, kecoklatan atau menjadi agak kehitaman. Kemudian tekstur tubuh larva menjadi lembek, mengeluarkan cairan dan tidak merespon jika disentuh. Kondisi tersebut diduga bahwa larva terinfeksi salah satu NEP dari famili *Steinernematidae*. Larva yang terserang famili *Steinernematidae* menunjukkan gejala tubuh berwarna coklat kehitaman, tekstur tubuh lembek dan sedikit mengeluarkan cairan (Simoes dan Rosa 1996).

Gejala juga dapat dilihat saat larva *Spodoptera. exigua* masih hidup, setelah diaplikasikan nematoda entomopatogen pergerakan larva *S. exigua* menjadi *hiperaktif* namun setelah beberapa jam pergerakan semakin lambat dan mati. Hal ini didukung oleh Simoes dan Rosa (1996) yang menyatakan bahwa serangan nematoda entomopatogen menyebabkan perubahan perilaku pada serangga inang, sebelum serangga inang mengalami kematian, serangga akan bergerak secara *hiperaktif*. Begitu pula menurut Djamillah *et al.* (2010) serangga yang terinfeksi *Steinernema* sp. menunjukkan beberapa gejala yaitu gerakan larva menjadi tidak aktif atau malas. Bila disentuh larva menunjukkan respon yang berbeda dengan larva yang sehat, larva menjadi lemas dan semakin lama tubuh larva akan semakin lembek dan terjadi perubahan warna, semakin lama larva menghitam diseluruh tubuhnya. Bila ditekan tubuh larva akan mudah pecah dan mengeluarkan cairan putih kekuningan berbau busuk.

Setelah tubuh larva *S. exigua* mati tubuhnya akan keras dan mengembung selama sekitar seminggu, namun setelah itu menjadi lembek karena yang tersisa hanya kulit luar larva, hal ini disebabkan oleh nutrisi dari larva yang telah diambil oleh bakteri simbiosis *Steinernema* sp yaitu *Xenorhabdus* yang digunakan sebagai pakan nematoda, saat nutrisi dari larva telah habis dan nematoda telah berreproduksi di dalam tubuh larva maka nematoda akan keluar dari tubuh larva. Oleh karena itu larva yang telah terinfeksi beberapa tubuhnya akan jadi lembek dan bersisa kulit saja. Hal ini didukung oleh penelitian Greenwood dan Rebek (2009) semua larva serangga yang terinfeksi nematoda akan memiliki

karakteristik yang berbeda yaitu keras dan elastis dan tetap utuh selama lebih dari seminggu, sementara nematoda menyelesaikan siklus hidupnya. Serangga yang mati dari sesuatu yang bukan disebabkan oleh infeksi nematoda akan membusuk dan hancur dalam sehari atau dua hari setelah mati. Afifah (2013) serangga yang terinfeksi NEP menunjukkan gejala perubahan pergerakan dan warna kutikula. Semula larva bergerak aktif namun lama-kelamaan gerakan larva menjadi lambat, warna kutikula larva yang semula berwarna hijau berubah menjadi coklat kehitaman dan tubuhnya menjadi lembek.

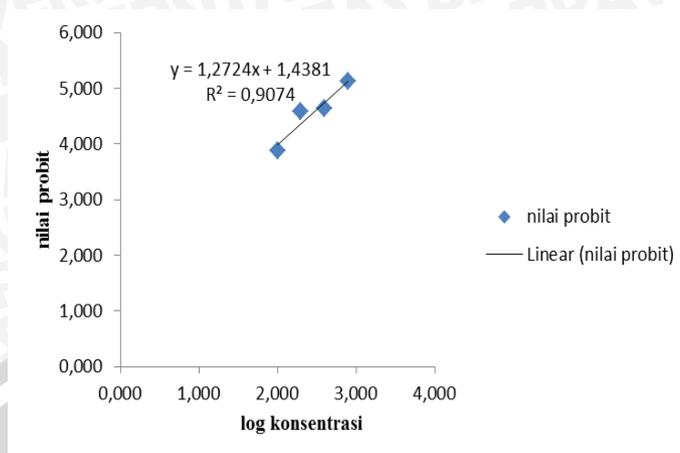
Didukung juga oleh penelitian Simoes dan Rosa (1996) yang menyatakan bahwa pada umumnya gejala serangga yang terserang oleh nematoda entomopatogen adalah adanya perubahan warna tubuh, tubuh menjadi lembek, dan apabila dibedah jaringan lunak berair. Namun ada kekhasan gejala serangan pada *Steinernema* sp. yaitu adanya perubahan warna merah tua sampai coklat tua. Kutikula serangga tampak transparan setelah lebih dari 48 jam terinfeksi nematoda, karena aktivitas enzimatis *Xenorhabdus* yang menyebabkan hancurnya jaringan tubuh serangga inang menjadi lunak berair.

4.3 Hasil Analisis Probit untuk Mengetahui LT_{50} dan LC_{50} pada Uji *Steinernema* terhadap larva *Spodoptera exigua*

Tabel 2. Median LC_{50} dan LT_{50} dan Persamaan Regresi pada Uji *Steinernema* sp. terhadap mortalitas larva *Spodoptera exigua*

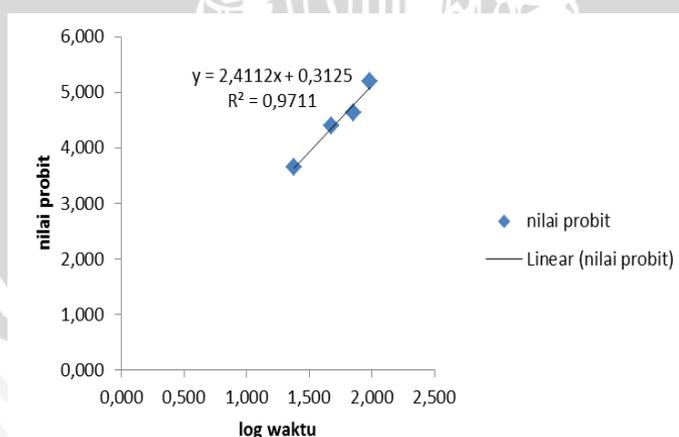
LC_{50} (JI/ml)	Persamaan Regresi LC_{50}	LT_{50} (JSA)	Persamaan Regresi LT_{50}
261,02	$y = 1,2724x + 1,4381$	74,24	$y = 2,4112x + 0,3125$

Pada Tabel 2 dapat diketahui bahwa untuk mematikan larva *Spodoptera exigua* 50% membutuhkan kepadatan juvenil *Steinernema* sp. sebanyak 261,02 JI/ml dengan waktu yang dibutuhkan juvenil *Steinernema* sp. untuk dapat menyebabkan mortalitas 50% *S. exigua* tercapai pada 74,24 JSA.



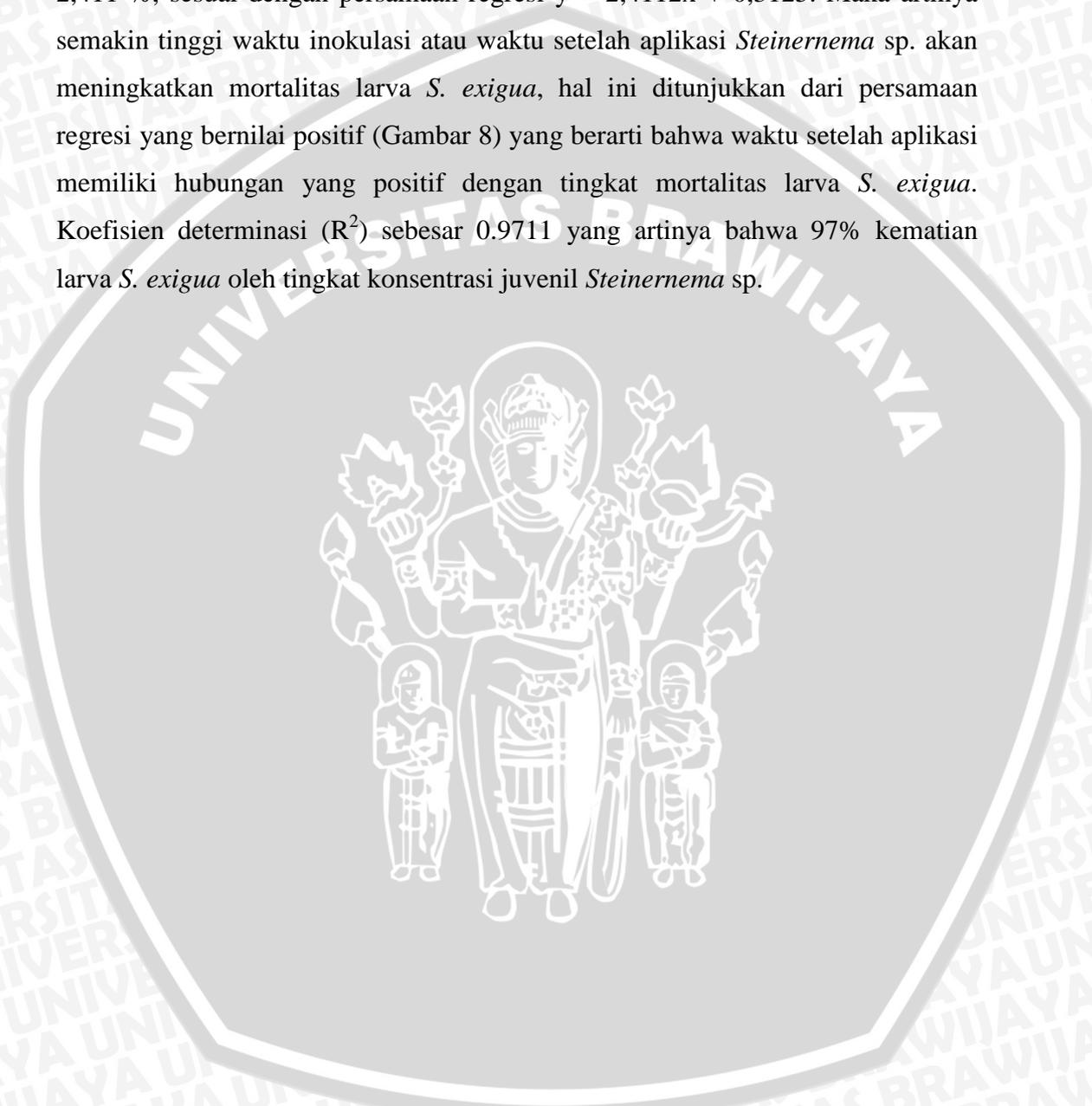
Gambar 7. Hubungan antara log konsentrasi dengan nilai probit pada juvenil *Steinernema* sp. terhadap larva *S. exigua*

Pada Gambar 7 terlihat adanya persamaan regresi $y = 1,2724x + 1,4381$ yang berarti bahwa setiap peningkatan konsentrasi kepadatan juvenil *Steinernema* sp. maka akan berpengaruh pada peningkatan kematian *S. exigua* (y) sebesar 1,272%. Nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,9074 menunjukkan bahwa kematian larva *S. exigua* dipengaruhi oleh juvenil nematoda *Steinernema* sp. sebesar 90% dengan 10% kematian yang dipengaruhi oleh faktor lain. Persamaan regresi menunjukkan nilai yang positif yang berarti bahwa ada keterkaitan antara konsentrasi juvenil *Steinernema* sp. terhadap tingkat mortalitas larva *S. exigua*.



Gambar 8. Hubungan antara log waktu dengan Probit kematian pada juvenil *Steinernema* sp. terhadap larva *S. exigua*

Pada Gambar 8 menunjukkan nilai koefisien regresi variabel rentang waktu setelah aplikasi (x) 2,4112 yang artinya jika ada penambahan waktu inokulasi 24 jam maka akan meningkatkan mortalitas larva *S. exigua* sebesar 2,411 %, sesuai dengan persamaan regresi $y = 2,4112x + 0,3125$. Maka artinya semakin tinggi waktu inokulasi atau waktu setelah aplikasi *Steinernema* sp. akan meningkatkan mortalitas larva *S. exigua*, hal ini ditunjukkan dari persamaan regresi yang bernilai positif (Gambar 8) yang berarti bahwa waktu setelah aplikasi memiliki hubungan yang positif dengan tingkat mortalitas larva *S. exigua*. Koefisien determinasi (R^2) sebesar 0.9711 yang artinya bahwa 97% kematian larva *S. exigua* oleh tingkat konsentrasi juvenil *Steinernema* sp.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

1. Pemberian juvenil nematoda dalam berbagai konsentrasi mempunyai kemampuan untuk membunuh larva *Spodoptera exigua*. Semakin tinggi kepadatan populasi nematoda yang diaplikasikan dan semakin lama waktu pengamatan maka persentase mortalitas larva *Spodoptera exigua* maka akan semakin meningkat.
2. Hasil analisis Probit dengan menggunakan metode Chi (1997) LC_{50} yang dapat membunuh 50% larva *Spodoptera exigua* adalah 261,02 JI/ml sedangkan untuk LT_{50} didapatkan waktu yaitu 74,24 jam.
3. Larva *Spodoptera exigua* yang mati akibat terinfeksi oleh nematoda entomopatogen *Steinernema* sp. memiliki gejala yaitu warna kutikula yang berubah dari hijau menjadi coklat karamel dengan tubuh yang awalnya menggembung dan tetap utuh yang kemudian menjadi lembek.

5.2 SARAN

Pada penelitian ini disarankan untuk dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai gejala larva mati akibat *Steinernema* sp. secara mikroskopis untuk lebih meyakinkan bahwa kematian larva disebabkan oleh nematoda entomopatogen *Steinernema* sp.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbott, W. S. 1987. Method of Computing The Effectiveness of an Insecticide. Journal of the American Mosquito Control Association. Bureau of Entomology United States Department of Agriculture. 3 (2). 302-303.
- Afifah L., B. T. Raharjo, H. Tarno, 2013. Isolasi Nematoda Entomopatogen Isolat Lokal dan Virulensinya Terhadap *Plutella xylostella* LINN. (LEPIDOPTERA: PLUTELLIDAE). Jurnal HPT 1 (2).
- Azidah, A. A. dan M. S. Azirun. 2006. Some aspects on oviposition behaviour of *Spodoptera exigua* (Hubner) (Lepidoptera : Noctuidae). Journal of Entomology 3 (3) : 241-247.
- Basuki, R.S., W. Adiyoga, dan A. Hidayat. 2002. Laporan Akhir Analisis Kebijakan, Profil Komoditas Bawang Merah. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hortikultura. Badan Litbang Pertanian. 18 Hlm.
- Burma dan Nurmalinda. 1994. Pest-control Practices in Shallot in Brebes. Internal Communication LEHRI/ATA-395 No.42. 29 p.
- Campbell, J.F. dan R. Gaugler. 1993. Nictation behaviour and its ecological implications in the host search strategies of entomopathogenic nematodes (*Heterorhabditidae* and *Steinernematidae*). Behaviour 126: 3-14.
- Chaerani dan B. Nurbaeti. 2007. Uji Efektivitas Nematoda Entomopatogen (Rhabditida: *Steinernema* dan *Heterorhabditis*) Sebagai Musuh Alami Non-Endemik Penggerek Batang Padi Kuning (*Scirpophaga Incertulas*). J. HPT Tropika 7 (2): 71-79
- Dibiyantoro, A.L.H. 1990. Kontrol droplet aplikator Birky : Suatu upaya pengurangan insektisida untuk mengendalikan *Spodoptera exigua* Hbn. pada tanaman bawang merah (*Allium cepa* var. *ascalonicum* L.) Bul.Penel.Hort. 18(2): 109-118.
- Djamilah, Nandrawati dan Rosi, M. 2010. Isolasi Steinernema dari tanah pertanaman jagung di Bengkulu bagian selatan dan Patogenesisnya terhadap *Spodoptera litura* F. Jurnal Ilmu-ilmu pertanian Indonesia 12 (1): 34-39.
- Ehlers, R. U. 2001. Mass Production of Entomopathogenic Nematodes for Plant Protection. Applied Microbiology Biotechnology 56 : 623-633.

- Gaugler R., E. Lewis, dan R. J. Stuart. 1997. Ecology in the service of biological control: the case of entomopathogenic nematodes. *Oecologia* 109: 483-489.
- Gaugler. 2006. *Nematodes-Biological Control*. Jakarta: Yaxin Li, Cornell University.
- Graf, J. 2002. Symbiotic Association of The Entomogenous Nematode *Steinernema carpocapsae* and The Bacterium *Xenorhabdus nematophilus*. <http://www.web.uconn.edu>.
- Greenberg, S.M., Sappington, T.W., Legaspi, B.C.Jr., Liu, T.X. dan Sétamou. 2001. Feeding and Life History of *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) on Different Host Plants. *Ann. Entomol. Soc. Am* 94(4): 566-575.
- Greenwood, C., Rebek, E. 2009. Detection, Conservation, and Augmentation of naturally Occuring Beneficial Nematodes or Natural Pest Suppression. Oklahoma cooperative extension service.
- Grewal, P.S., E.E. Lewis, R. Gaugler & J.F. Campbell. 1994. Host finding behavior as a predictor of foraging strategy in entomopathogenic nematodes. *Parasitology* 108: 207-215.
- Hadisoeganda, W.W., E. Suryaningsih dan T. K. Moekasan, 1995. Penyakit dan Hama Bawang Merah dan Cara Pengendaliannya. Dalam *Teknologi Bawang Merah*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hortikultura. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Jakarta. Hlm.12-13.
- Hariani N., I. Ahmad, dan R. Rahayu. 2008. Efisiensi Makan *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) pada Bawang Daun, Sawi Hijau dan Seledri di Laboratorium. *Jurnal Natur Indonesia* 14(1): 86-89.
- Hazir S., H.K. Kaya, S.P. Stock, Nevin K. 2003. Entomopathogenic Nematodes (*Steinernematidae* and *Heterorhabditidae*) for Biological Control of Soil Pests. *Turk J Biol* 27: 181-202.
- Kaya, H. K. 1990. Soil ecology. Pp. 93-115 in R. Gaugter and H. K. Kaya, eds. *Entomopathogenic nematodes in biological control*. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Kaya M. G. 1993. Efficiency Against Soil-Inhibiting Insect Pests. In: Gaugler Kaya H K. (Ed) *Entomopathogenic Nematodes in Biological Control*. Florida : CRC Press.
- Kaya H. K., dan R. Gaugler. 1993. Entomopathogenic nematodes. *Ann. Rev. Entomol.* 38: 181-206.

- Khan A, W. M. Brooks, dan H. Hirschmann. 1976. *Chromonema heliothidis* n. gen., n. sp. (Steinernematidae, Nematoda), a parasite of *Heliothis zea* (Noctuidae, Lepidoptera), and other insects. *J. Nematol.* 8: 159-168.
- Kalshoven, L. G. E. 1981. *The Pests of Crops in Indonesia*. (Revised and translated by PA van der Laan). PT Ichtiar Baru-Van Hoeve, Jakarta.
- Koster, W.G. 1990. Exploratory Survey on Shallot in Rice-based Cropping System in Brebes. *Bul. Penel. Hort. Edisi Khusus XVIII(1)*:19-30.
- Korlina Eli. 2006. *Pengelolaan Hama dan Penyakit Bawang Putih Secara Terpadu*. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian. Jawa Timur.
- Laznik Z., T. Toth, T. Lakatos, dan S. Trdan, 2008. Entomopathogenic nematode *Steinernema feltiae* (Filipjev) (Rhabditida: Steinernematidae) recorded for the first time in Slovenia. *Acta agriculturae Slovenica* 91 (1): 37 – 45.
- Mau, R.F.L., and J.L.M. Kessing, 1991. *Spodoptera exigua* (Hubner) Beet Army Worm. Departement of Entomology. Honollulu, Hawaii.
- Metcalf Cl, Flint WP. 1982. *Destructive and Usefull Insect Their Habits and Control*. Mc. Graw. Hill Book Company. Inc New Delhi.
- Miles C., C. Blethen, R. Gaugler, D. Shapiro, dan T. Murray. 2012. *Using Entomopathogenic nematode or crop insect pest control*. Copyright Washington State University. 9 hlm.
- Moekasan, T.K., I. Sulastrini, T. Rubiati, dan V.S. Utami. 1999. Efikasi Ekstrak Kasar SeNPV terhadap Larva *Spodoptera exigua* Hbn. pada Tanaman Bawang Merah. *J. Hort.* 9(2):121-128.
- Moekasan, T. K., L. Prabaningrum, dan M.L. Ratnawati. 2000. Penerapan PHT pada sistem tanam tumpanggilir bawang merah dan cabai. Monografi No. 19, Balai Penelitian Tanaman Sayuran. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hortikultura. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian . 50 hlm.
- Moekasan, T.K., R.S. Basuki, L. Prabaningrum, R. Murtiningsih, W. W. Hadisoeganda, dan Agus Hendra. 2007. Pengaruh Campuran Insektisida yang Umum Digunakan Petani Bawang Merah terhadap Mortalitas Ulat Bawang *Spodoptera exigua* Hubn. Laporan Akhir Tahun. 16 Hlm.
- Moekasan, T. K., dan Murtiningsih. 2010. Pengaruh Campuran Insektisida terhadap Ulat Bawang *Spodoptera exigua* Hubn. *Jurnal Hortikultura* 20 (1): 67-79.

- Moekasan, T.K., Basuki R.S dan Prabaningrum, L. 2012. Penerapan ambang pengendalian organism pengganggu tumbuhan pada budidaya bawang merah dalam upaya mengurangi penggunaan pestisida. *J. Hort* 47-56.
- Molyneux, A.S., 1985. The Influence of Temperature on the Infectivity of *Heterorhabditid* and *Steinernematid* Nematodes for Larva of Sheep Blowly, *Lucilia cuprina* proc. 4 th A. Application Entomology, 344-360.
- Negara, A. 2003. Penggunaan analisis probit untuk pendugaan tingkat kepekaan populasi *Spodoptera exigua* terhadap deltametrin di Daerah Istimewa Yogyakarta. *Informatika Pertanian* 12: 1-9
- Nguyen, K.B. dan Smart Jr. 1992. Life cycle of *Steinernema scapterrisi* Nguyen and Smart. *Journal of Nematology* 24(1). 160-169.
- Nugrohorini, 2010. Eksplorasi nematoda entomopatogen pada beberapa wilayah di Jawa Timur. *Jurnal Pertanian Mapeta XII* (2): 72-144.
- Poinar, G. O., dan Jr. 1976. Description and biology of a new insect parasitic rhabditoid *Heterorhabditis bacteriophora* n. gen., n. sp. (Rhabditida; Heterorhabditidae). *Nematologica* 21 (4): 63-70.
- Poinar, G. O., Jr., R. Georgis. 1990. Characterization and field application of *Heterorhabditis bacteriophora* strain HP88 (Heterorhabditidae : Rhabditida). *Revue Nérotol.* 13 (4) : 387-393.
- Poinar, G.O., dan Grewal, P.S. 2012. History of entomopathogenic nematology. *Journal Nematology* 44 (2): 153-161.
- Prabowo H., dan I. Indrayani. 2012. Viabilitas dan Efektivitas Formula Nematoda *Steinernema* sp. Terhadap Hama Penggerek Buah Kapas *Helicoverpa armigera* Hubner. *Jurnal Litri* 18(4). 151-155.
- Prabowo H., 2012. Pemanfaatan Nematoda Patogen *Steinernema* Spp. Isolat Malang dan Nusa Tenggara Barat dalam Pengendalian *Spodoptera Litura* L. yang Ramah Lingkungan. *Jurnal Bumi Lestari* 12 (2): 350 – 356.
- Putrasamedja, S., Setiawati, W., Lukman, L., dan Hasyim, A.,. 2012. Penampilan beberapa klon Bawang merah dan hubungannya dengan intensitas serangan organisme pengganggu tumbuhan. *J. Hort.* 22(4):349-359.
- Rauf, A. 1999. Dinamika populasi *Spodoptera exigua* Hubner (Lepidoptera : Noctuidae) pada pertanaman Bawang merah di dataran rendah. *Buletin hama dan penyakit tumbuhan* 11(2):39-47 (1999).

- Rodriguez Olgaly, F. James, S. B. Ramasamy. 2006. Pathogenicity of three species of entomopathogenic nematodes to some major stored-product insect pests. *Journal of Stored Products Research* 42: 241–252.
- Rosmahani Luki. 2006. *Pengelolaan Hama dan Penyakit Bawang Merah Secara Terpadu*. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian. Jawa Timur.
- Rudiana Y. 1995. Statistik demografi *Spodoptera exigua* [Hubbner] (Lepidoptera: Noctuidae) pada tanaman bawang (Allium sp). Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan. Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor.
- Rukmana, R., 1994. Bawang Merah, Budidaya dan Pengelolaan Pasca Panen. Kanisius, Yogyakarta. Hlm. 15-18, 30, 39.
- Sastrosiswojo dan Rubiati. 2001. Pengaruh aplikasi insektisida kloropirifos dan deltametrin pada tanaman bawang merah terhadap resurgensi *Spodoptera exigua*. *J. Hort* 11.
- Setiawati, W. 1996. Kerusakan dan kehilangan hasil bawang merah akibat serangan ulat perusak daun (*Spodoptera exigua* Hbn.). hal. 418-425
- Sherler, D.J., P.E. Sulaeman, dan R. Georgis. 1998. Irrigation and use of Entomopathogenous Nematodes *Neoploctana* spp. and *Heterorhabditis heleothis* (Rhabditida: *Steinernematidae* and *Heterorhabditidae*) for Central of Japanese Beetle (Coleoptera: Scarabidae) Graps in Turfgrass. *J. Econ. Entomol.* 81(5):1318-1322.
- Sherwood, M. And S. Elliott. 2006. Major pests of escallion (*Allium fistulosum*) in Jamaica. *Entomology Circular*. November : 1-4.
- Simoës, N. dan J.S. Rosa. (1996) Pathogenicity and host specificity of entomopathogenic nematodes. *Biocontrol Science and Technology* 6 : 403-412.
- Smart, G.C. Jr. 1995. entomopathogenic Nematodes for biological control of insects. *Supplement to Journal of Nematology* 27(48): 529-534.
- Smits, P.H. 1987. Nuclear Polyhedrosis virus a biological control agent of *Spodoptera exigua*. *Landbouw Universiteit, Wageningen*. 127 pp.
- Subagiya, 2005. Pengendalian hayati dengan nematoda entomogenus *Steinernema carpocapsae* (All) strain lokal terhadap hama *Crocidolomia binotalis* Zell di Tawangmangu. *Jurnal Agrosains* 7(1): 34-39.
- Tanada, Y., dan H.K. Kaya. 1993. *Insect pathology*. Academic Press, Inc, Toronto. Hal. 459-483.

Uhan, T.S. 2008. Kemangkusan nematoda entomopatogen *Steinernema carpocapsae* terhadap hama penggerek umbi atau daun (*Phthorimae opercullella* Zell) kentang. Jurnal Hortikultura 18 (1): 46-54.

Yuswani P. 2011. Uji Efektifitas Beberapa Jamur Entomopatogen dan Insektisida Botani terhadap Spodoptera exigua Hubn. pada Tanaman Bawang Merah (*Allium ascalonicum* L.). Skripsi. Medan : USU.



LAMPIRAN

Tabel Lampiran 1. Analisis Ragam Mortalitas Larva *S.exigua* pada Pengamatan 24JSA

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F Hitung	F Tabel 5%
Perlakuan	0,03	3,00	0,01	3,07	3,18
Ulangan	0,07	4,00	0,02	5,19	
Galat	0,04	12,00	0,00		
Total	0,13	19			

Keterangan: Data yang dianalisis merupakan data yang sudah ditransformasi menggunakan Arsin dan sqrt.

Tabel Lampiran 2. Analisis Ragam Mortalitas Larva *S.exigua* pada Pengamatan 48JSA

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F Hitung	F Tabel 5%
Perlakuan	0,12	3,00	0,04	11,66	3,18
Ulangan	0,22	4,00	0,05	15,48	
Galat	0,04	12,00	0,00		
Total	0,38	19,00			

Keterangan: Data yang dianalisis merupakan data yang sudah ditransformasi menggunakan Arsin dan sqrt.

Tabel Lampiran 3. Analisis Ragam Mortalitas Larva *S.exigua* pada Pengamatan 72JSA

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F Hitung	F Tabel 5%
Perlakuan	0,16	3,00	0,05	14,20	3,18
Ulangan	0,23	4,00	0,06	15,32	
Galat	0,05	12,00	0,00		
Total	0,43	19,00			

Keterangan: Data yang dianalisis merupakan data yang sudah ditransformasi menggunakan Arsin dan sqrt.

Tabel Lampiran 4. Analisis Ragam Mortalitas Larva *S.exigua* pada Pengamatan 96 JSA

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F Hitung	F Tabel 5%
Perlakuan	0,17	3,00	0,06	12,55	3,18
Ulangan	0,19	4,00	0,05	10,68	
Galat	0,05	12,00	0,00		
Total	0,41	19,00			