



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Unand.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Unand.

UJI KERENTANAN BEBERAPA SERANGGA HAMA TERHADAP INFEKSI NEMATODA HETERORHABDITIS SPP. (RHABDITIDA: HETERORHABDITIDAE)

SKRIPSI



**DEDI ILHAMI
03116008**

**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG
2011**

**UJI KERENTANAN BEBERAPA SERANGGA HAMA
TERHADAP INFEKSI NEMATODA *Heterorhabditis* spp.
(Rhabditida: Heterorhabditidae)**

OLEH

**DEDI ILHAMI
03116008**

MENYETUJUI:

Dosen Pembimbing I



**(Ir. Winarto, MS)
NIP.196005101987021002**

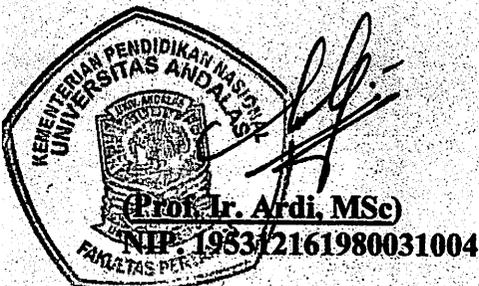
**Dekan Fakultas Pertanian
Universitas Andalas**

Dosen Pembimbing II



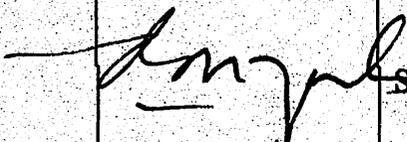
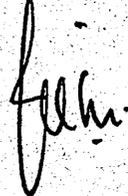
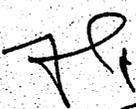
**(Dr. Ir. Trizelia, Msi)
NIP:196412241989032004**

**Ketua Jurusan HPT
Fakultas Pertanian
Universitas Andalas**



**(Dr. Jumsu Trisno, SP, MSi)
NIP. 196911211995121001**

Skripsi ini akan diuji dan dipertahankan di depan Sidang Panitia Ujian Sarjana Fakultas Pertanian Universitas Andalas, pada tanggal 25 April 2011.

No	Nama	Tanda Tangan	Jabatan
1.	Dr.Ir. Novri Nelly, MSi		Ketua
2.	Dr.Ir.Reflinaldon, MSi		Sekretaris
3.	Ir. Yunisman, MP		Anggota
4.	Ir. Yenny Liswarni, MS		Anggota
5.	Dr. Hasmiandy Hamid, SP, MSi		Anggota



*The pessimist complains about the wind,
The optimist expects it to change,
The realist adjust the sails.*
(William Arthur Ward)

Skripsi ini kupersembahkan :

Teruntuk cintaku, hormatku, dan sayangku Ayahanda Asmal dan Ibunda Fatmawati, sebagai sebuah ungkapan rasa terima kasih yang tak terhingga atas semua pengorbanan, kasih sayang, motivasi, kepercayaan, dan kesabaran tak bertepi yang telah dilimpahkan kepadaku hingga selesainya studi ini. Tak lupa terima kasih untuk kakak-kakak, adik-adik, dan si Wahyu serta keluarga besarku atas dukungannya selama ini.....

Terimakasih kepada Dosen pembimbing Bapak ir. Azar Ayub bapak Ir. Winarto, MS dan Ibuk Dr. Ir. Trizelia, MSi yang telah membantu dalam membuat skripsi ini dan tidak mengurangi rasa hormat saya, saya ucapkan banyak terima kasih kepada Ketua dan Sekretaris Jurusan Hama Penyakit Tanaman beserta Dosen dan karyawan

Terima kasih juga, kawan-kawan HPT angkatan '02, 03, 04, 05, 06, 07, dan anggota KKU Banuhampu, dan kawan di Eiger Maters, yang turut mendukung selesainya penulisan karya kecil ku ini.....

BIODATA

Penulis dilahirkan di Bukittinggi, Sumatera Barat, pada tanggal 20 November 1983 sebagai anak ketiga dari lima bersaudara, dari pasangan Asmal dan Fatmawati. Pendidikan Sekolah Dasar (SD) ditempuh di SD 02 Ulak Karang Padang Sumatera Barat (1990 - 1997). Sekolah Lanjut Tingkat Pertama (SLTP) ditempuh di MTsN Model Gunung Pangilun lulus tahun 2000. Sekolah Lanjut Tingkat Atas (SLTA) ditempuh di SMUN 1 Padang Pariaman, lulus tahun 2003. Pada tahun 2003 penulis diterima di Program Studi Ilmu Hama dan Penyakit Tumbuhan, Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Andalas.

Padang, April 2011

D.I

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, Puji syukur penulis sampaikan kehadiran Allah SWT yang selalu memberikan rahmat dan ridho-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Skripsi ini disusun berdasarkan hasil penelitian yang berjudul **“Uji Kerentanan Beberapa Serangga Hama Terhadap Infeksi Nematoda *Heterorhabditis* spp. (Rhabditida: Heterorhabditidae)”** pada mata kuliah Pengendalian Hayati, Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan. Penelitian telah dilaksanakan dari bulan Oktober 2009 sampai Januari 2010 di laboratorium Pengendalian Hayati, Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Andalas Padang.

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih yang setulusnya kepada bapak Ir. Winarto, Ms dan ibu Dr. Ir. Trizelia, MP. Selaku dosen pembimbing yang telah membimbing, memberi petunjuk, saran, dan pengarahan dari penyusunan proposal sampai penyusunan skripsi. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada Ketua dan Sekretaris Jurusan Hama Penyakit Tumbuhan, seluruh dosen, karyawan Fakultas pertanian dan rekan-rekan yang telah memberikan dorongan, semangat dan bantuan yang berharga selama penulis menempuh pendidikan di Fakultas Pertanian Universitas Andalas Padang. Penghormatan dan penghargaan kepada kedua orang tua yang telah memberikan semangat, dorongan, kasih sayang dan do'a yang setulus hati kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan pendidikan ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap masukan, kritikan, dan koreksi yang membangun dari semua pihak. *Harapan penulis semoga skripsi ini bermanfaat untuk kemajuan ilmu pengetahuan secara umum dan ilmu pertanian khususnya.*

Padang, April 2011

DI

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
ABSTRAK.....	xii
ABSTRACT.....	xii
I. PENDAHULUAN.....	1
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1 Nematoda Patogen Serangga.....	3
2.2 Serangga Hama Inang Nematoda Patogen Serangga.....	7
III. BAHAN DAN METODE.....	17
3.1 Tempat dan Waktu.....	17
3.2 Bahan dan Alat.....	17
3.3 Metode Penelitian.....	17
3.4 Pelaksanaan.....	18
3.5 Pengamatan.....	21
IV. HASIL PEMBAHASAN.....	23
4.1 Hasil.....	23
4.2 Pembahasan.....	25
V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	28
DAFTAR PUSTAKA.....	29
LAMPIRAN.....	33

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Mortalitas beberapa larva serangga pada hari ke tujuh setelah diperlakukan dengan <i>Heterorhabditis</i> spp.....	23
2. Persentase pupa yang terbentuk setelah diberi perlakuan dengan nematoda <i>Heterorhabditis</i> spp.....	24
3. Persentase imago yang terbentuk setelah diberi perlakuan dengan nematoda <i>Heterorhabditis</i> spp.....	25

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Pengumpanan <i>Heterorhabditis</i> spp menggunakan <i>Soil baiting technique</i> dengan umpan serangga <i>Tenebrio molitor</i>	18
2. Teknik isolasi <i>Heterorhabditis</i> spp dari <i>Tenebrio molitor</i> menggunakan metode perangkap White dimodifikasi (Chaerani dan Suryadi 1999).....	19
3. Nematoda <i>Heterorhabditis</i> spp hasil isolasi.....	19
4. Perbanyakkan <i>Heterorhabditis</i> spp pada <i>Tenebrio molitor</i>	20
5. Laju mortalitas kumulatif beberapa larva serangga hama setelah diberi perlakuan nematoda <i>Herterorhabditis</i> spp.....	24

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Jadwal penelitian dari bulan Oktober 2009 sampai Januari 2010.....	33
2. Denah penelitian di laboratorium menurut RAL.....	34
3. Tabel Sidik Ragam dari Masing-masing Pengamatan.....	35

**UJI KERENTANAN BEBERAPA SERANGGA HAMA TERHADAP
INFEKSI NEMATODA *Heterorhabditis* spp.
(Rhabditida: Heterorhabditidae)**

ABSTRAK

Penelitian kerentanan beberapa hama serangga pada infeksi nematoda telah dilakukan di Laboratorium Pengendalian Hayati, Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Andalas, dari Oktober 2009 sampai Januari 2010. Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan tingkat kerentanan dari beberapa hama serangga pada infeksi *Heterorhabditis* spp. Penelitian ini dirancang dalam rancangan acak lengkap (RAL) dengan 4 perlakuan, dan 4 ulangan. Perlakuan 4 jenis hama serangga, *Plutella xylostella*, *Crocidolomia pavonana*, *Spodoptera litura*, *Spodoptera exigua*. Nematoda diaplikasikan pada larva instar kedua dan konsentrasi nematoda yang digunakan adalah 100 ekor / ml. Parameter yang diukur adalah larva, pupa, dan kematian orang dewasa, dan gejala infeksi pada larva. Data dianalisis ANOVA dan dilanjutkan dengan uji Duncan New Multiple Range Test (DNMRT) pada tingkat nyata 5%. Hasil studi menunjukkan bahwa *S. exigua* dan *S. litura* lebih rentan terhadap infeksi *Heterorhabditis* spp dibandingkan dengan *C. pavonana* dan *P. xylostella*.

SUSCEPTIBILITY OF SOME INSECT PESTS ON THE INFECTION OF NEMATODE, *Heterorhabditis* spp. (Rhabditida: Heterorhabditidae)

ABSTRACT

The susceptibility study of some insect pests on the infection of nematode was conducted at the Laboratory of Biological Control, Plant Protection Department, Faculty of Agriculture, Andalas University, from October 2009 until January 2010. The objective of the study was to determine the level of susceptibility of some insect pests on the infection of the *Heterorhabditis* spp. This experiment was designed in a completely randomized design (RAL) with 4 treatments, and 4 replications. Treatments were 4 species of insect pests, *Plutella xylostella*, *Crocidolomia pavonana*, *Spodoptera litura*, *Spodoptera exigua*. Nematode was applied on second instar larvae and the concentration of nematodes used was 100 juveniles / ml. Parameters measured were larval, pupae, and adult mortality, and symptoms of infection on the larvae. Data were analyzed ANOVA and followed by Duncan's test New Multiple Range Test (DNMRT) at 5% significant level. The result of studies showed that *S. exigua* and *S. litura* were more susceptible to *Heterorhabditis* spp infection compared to *C. pavonana* and *P. xylostela*.

I. PENDAHULUAN

Upaya untuk meningkatkan produksi tanaman baik kuantitas maupun kualitas selalu mendapat gangguan, antara lain dari serangga hama yang merupakan kelompok binatang terbesar dalam menimbulkan masalah pada pengelolaan lahan pertanian. Pada beberapa komoditi biaya pengendalian hama merupakan bagian yang cukup besar dari keseluruhan biaya produksi (Untung dan Sudomo, 1997).

Pengendalian serangga hama yang paling umum dilakukan oleh petani yaitu dengan menggunakan pestisida sintetik. Dalam jangka panjang pemakaian pestisida sintetik ini memiliki dampak yang buruk, baik terhadap lingkungan maupun terhadap manusia sebagai konsumen utama. Berdasarkan pemikiran ini maka dikembangkanlah suatu cara pengendalian yang lebih ramah lingkungan yaitu pengendalian hayati dengan menggunakan musuh alami Menurut Pedigo (1989), musuh alami tersebut adalah predator, parasitoid, dan patogen. Musuh alami biasanya akan mengurangi populasi serangga hama karena dengan adanya serangga hama maka populasi musuh alami akan meningkat sehingga akan menurunkan populasi hama pada taraf yang tidak merugikan dan juga berperan penting dalam menurunkan kerusakan potensial dari hama penting.

Salah satu komponen di dalam pengendalian hayati yang perlu dikembangkan adalah pemakaian mikroorganisme patogen serangga. Pemanfaatan ini dimungkinkan karena adanya interaksi antara dua spesies makhluk atas keuntungan yang satu karena memangsa dan yang lain dirugikan karena dimakan (Oka, 1990).

Beberapa mikroorganisme seperti jamur, bakteri, virus, nematoda, dan protozoa telah diketahui dapat mengurangi populasi serangga hama yang merugikan. Menurut Poinar dan Thomas (1984), lebih dari 3100 jenis nematoda yang hidup berasosiasi dengan serangga yang mencakup 11 ordo nematoda dengan 19 ordo serangga. Beberapa nematoda patogen serangga yang diketahui dapat mengendalikan serangga hama antara lain dari genus *Steinernema* dan *Heterorhabditis*. Nematoda patogen serangga dapat membunuh atau membuat steril 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 hayati (Balai Penelitian Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian, 2007). Menurut Chaerani (1996b) juvenil infektif aktif bergerak mencari sasaran inangnya, menginjeksikan bakteri yang disimpan dalam saluran pencernaannya ke dalam tubuh serangga, dan mematikan serangga dalam waktu relatif singkat (24-48 jam).

Beberapa penelitian mengenai nematoda patogen serangga telah dilakukan. Hasil penelitian Ramos-Rodriguez, Campbell, et al., (2004), menunjukkan bahwa tingkat kematian larva *P. interpunctella* mencapai 80% setelah di aplikasi nematoda *Steinernema*, dan hasil penelitian Nilsen dan Philipsen (2005) melaporkan bahwa nematoda *Steinernema bicornutum* tidak efektif dalam mengendalikan larva *Dasyneura brassicae* (Diptera: Cecidomyidae). Menurut Shamseldean, Hasanin dan Rezk (2009) adanya perbedaan mortalitas antar serangga setelah aplikasi nematoda entomopatogen dipengaruhi oleh jenis serangga dan konsentrasi nematoda.

Berdasarkan hal-hal tersebut maka penulis telah melakukan penelitian dengan judul **“Uji Kerentanan Beberapa Serangga Hama Terhadap Infeksi Nematoda *Heterorhabditis* spp. (Rhabditida: Heterorhabditidae)”**. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat kerentanan beberapa serangga hama terhadap nematoda *Heterorhabditis* spp.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Nematoda Patogen Serangga

Nematoda selain dapat hidup sebagai parasit pada tanaman, dapat juga menyebabkan penyakit pada serangga. Kelompok nematoda ini dapat dimanfaatkan sebagai agensia pengendali serangga hama tanaman. Nematoda yang menyerang serangga hama dapat digolongkan sebagai parasit adalah famili *Mermithidae*, *Tylenchidae*, *Aphelenchoididae*, *Diplogasteridae* dan *Aphelenchidae* (Poinar, 1979), dan yang patogen serangga yaitu famili *Steinernematidae* dan *Heterorhabditidae* (Kaya Stock dan Gaugler, 1993).

Nematoda patogen serangga merupakan musuh alami yang sangat potensial untuk mengendalikan hama terutama hama yang dalam siklus hidupnya secara keseluruhan atau sebagian berada dalam tanah. Hal ini antara lain disebabkan nematoda patogen serangga dapat bergerak aktif di dalam tanah untuk mencari inangnya dengan bantuan alat penerima rangsangan yang ada dalam tubuhnya dan kemampuan reproduksinya tinggi. Menurut Suryadi dan Chaerani (1999), nematoda patogen serangga mampu mematikan serangga dalam waktu 48 jam. Nematoda ini mempunyai kisaran inang yang luas dan mudah diperbanyak pada serangga hidup maupun media buatan.

Sebagian besar nematoda mempunyai siklus hidup yang sederhana dan mengalami tiga stadia perkembangan utama telur, juvenil, dan dewasa. Pada siklus hidup yang sederhana, betina yang kawin meletakkan telurnya di lingkungan dan juvenil biasanya mengalami satu kali ganti kulit di dalam telur dan keluar sebagai stadia juvenil kedua. Pada umumnya spesies nematoda berganti kulit empat kali sebelum menjadi dewasa. Pergantian kulit dapat terjadi di dalam telur, bebas di lingkungan, atau dalam tubuh serangga inang (Tanada dan Kaya, 1993).

Stadia infeksiusnya adalah juvenil ke-3 atau disebut juvenil infeksi (JI). Juvenil infeksi merupakan daur larva yaitu stadia yang untuk sementara berhenti berkembang lebih lanjut karena kepadatan populasi atau kondisi nutrisi yang tidak memadai. Daur larva menimbun makanan di dalam tubuhnya sehingga mampu hidup di lingkungan luar tubuh inangnya dan tahan terhadap kondisi lingkungan.

Juvenil infektif yang masih terbungkus kulit juvenil ke-2 merupakan satu-satunya stadia yang aktif bergerak dan berfungsi mencari inang potensial (Chaerani, 1996).

Menurut Gouge, Lee dan Henneberry (1999), stadia juvenil infektif nematoda merupakan stadia yang hidup bebas yang tetap berada dalam tanah sampai juvenil infektif menginvasi tubuh inang potensial yaitu serangga yang rentan. Setelah terjadi infeksi oleh juvenil infektif pada tubuh serangga inang, maka bakteri simbiosis dilepaskan ke hemolimfa serangga yang menyebabkan terjadinya *septicemia* (keracunan) dan kematian.

Perilaku nematoda entomopatogen untuk menemukan inang ini bermacam-macam, seperti perilaku '*hunters*' atau 'penyerang' yang memiliki kemampuan bergerak yang tinggi, contohnya *Sterneinema glaseri*, *S. feltiae* dan *Heterorhabditis* spp. sedangkan *S. carpocapsae* dan *S. feltiae* termasuk dalam perilaku '*ambusher*' atau 'diam dan menunggu'. Jenis ini memiliki perilaku menunggu inang sampai berada di dekatnya dan kemudian menyerang inangnya (Sulistyanto, 2001).

Poinar (1979), menyatakan bahwa nematoda harus memiliki tiga kriteria sebagai kandidat yang baik untuk pengendalian hayati. Pertama, nematoda harus menyerang serangga yang merupakan hama bagi kepentingan manusia. Kedua, nematoda harus dapat membunuh, membuat steril, atau menghambat perkembangan serangga. Ketiga, nematoda harus dapat dibiakkan secara massal pada satu generasi lengkap baik *in vivo* atau *in vitro* di laboratorium.

Nematoda entomopatogen dapat dihasilkan dengan metode *in vivo* atau *in vitro*. Kemajuan dalam produksi nematoda entomopatogen pada media buatan merupakan suatu langkah utama ke arah komersialisasinya sebagai insektisida biologis (Gaugler dan Georgis *at al* 1999).

Nematoda entomopatogen yang membunuh atau membuat steril salah satu atau beberapa serangga hama dapat ditumbuhkan dengan mudah di laboratorium sehingga mempunyai potensi sebagai agen pengendali hayati. Beberapa famili yang potensial adalah *Heterorhabditidae*, *Steinernematidae* dan *Neotylenchidae* (Poinar, 1979).

Hasil pengujian terhadap 200 spesies serangga dengan berbagai habitat menunjukkan bahwa nematoda *Heterorhabditis* lebih efektif untuk pengendalian hama yang habitatnya tanah. Hal ini dikarenakan lingkungan lembab didalam tanah mendukung aktifitas nematoda dan tanah merupakan reservoir alami nematoda (Chaerani 1996).

Nematoda *Heterorhabditis* spp termasuk ke dalam phylum Nematoda, kelas Secernentia, ordo Rhabditida dari subordo Rhabditina, super famili *Rhabditoidea* dan famili *Heterorhabditidae* (Poinar, 1979). Umumnya yang termasuk ordo Rhabditida tidak memiliki stilet, alat pencernaannya terdiri dari stoma, esofagus yang terdiri dari corpus (pro dan metacorus), isthmus dan bulb, serta saluran pencernaan. Genus *Heterorhabditis* memiliki pori ekskretori yang terletak di belakang cincin syaraf. Ukuran tubuh *Heterorhabditis* lebar 24-29 mikron dan panjang 520-800 mikron (Chaerani, 1996). Nematoda jantan mempunyai bursa dan betina mempunyai ekor yang sempit, panjang dan runcing (Pardede *et al*, 1992).

Siklus hidup nematoda *Heterorhabditis* menunjukkan perbedaan dengan nematoda *Steinernema*. Juvenil infeksi generasi pertama dan berikutnya dari nematoda *Steinernema* selalu berkembang menjadi dewasa jantan dan betina, sedangkan juvenil infeksi generasi pertama dari nematoda *Heterorhabditis* berkembang menjadi nematoda dewasa yang hermaprodit (Chaerani, 1996). Telur yang diletakkan oleh nematoda *Heterorhabditis* dewasa yang hermaprodit selanjutnya menghasilkan juvenil yang akan berkembang menjadi nematoda dewasa jantan dan betina (Tanada dan Kaya, 1993).

Steinernema dan *Heterorhabditis* ini bersimbiosis secara mutualistik dengan bakteri genus *Xenorhabdus*. Nematoda ini dapat dikatakan juga sebagai vektor bakteri *Xenorhabdus* yang sebetulnya merupakan faktor utama penyebab kematian serangga dan nematoda ini disebut sebagai nematoda patogen serangga (Chaerani 1996).

Bakteri yang berasosiasi dengan nematoda ini yaitu *Xenorhabdus* yang termasuk famili *Enterobacteriaceae* yang bersifat gram negatif, berbentuk batang, dan fakultatif anaerob dan mengeluarkan cahaya dalam keadaan gelap. Larva infeksi biasanya mengandung sel-sel bakteri *Xenorhabdus* yang disimpan dalam

saluran pencernaannya. Asosiasi antara nematoda dan bakteri bersifat mutualistik, masing-masing saling bergantung dan membutuhkan. Bakteri tidak dapat hidup dan tidak pernah ditemukan secara tersendiri di alam selain di dalam tubuh serangga terinfeksi nematoda (Poinar, 1979).

Nematoda sangat tergantung nutrisinya dari bakteri, berperan memberi proteksi dan merupakan vektor bagi bakteri dari inang satu ke lainnya dan mematahkan mekanisme ketahanan serangga terhadap infeksi dengan toksin yang dihasilkannya secara intraselular maupun interselular yang dihasilkannya dalam waktu 24-48 jam. Bersamaan dengan itu enzim-enzim yang juga dihasilkannya memecah jaringan tubuh serangga menjadi nutrisi yang sesuai bagi nematoda dan antibiotik yang dihasilkannya mencegah pertumbuhan mikroorganisme sekunder yang kompetitif terhadap nematoda (Chaerani, 1996). Glazer dan Lewis (2000) menyatakan bahwa kematian serangga hama yang terinfeksi nematoda disebabkan oleh simbiotik dengan bakteri *Xenorhabdus* spp dengan *Steinernema* dan *Photorhabdus* dengan *Heterorhabditis*.

Infeksi serangga dimulai dari juvenil infektif. Setelah menemukan inang yang cocok, juvenil infektif memasuki hemocoel serangga melalui lubang-lubang alami serangga (mulut, anus, atau spirakel), luka atau penetrasi langsung melalui integumen. Saluran pencernaan nematoda yang semula tertutup mulai aktif bekerja dan melepaskan sel-sel bakteri ke dalam hemolimfa serangga. Sel-sel bakteri berkembang biak, mematikan serangga akibat toksin intraselular dan ekstraselular yang dihasilkannya dalam waktu 24-48 jam (Chaerani, 1996). Nematoda kemudian berkembang secara saprofitik pada dekomposisi jaringan inang (Van Driesche dan Bellows, 1996).

Gejala serangan nematoda entomopatogen terhadap serangga inang menyebabkan gejala secara eksternal, internal dan perilaku serangga Tanada dan Kaya et al (1993). Menurut Bakti *et al* (2001) serangga yang sakit tersebut berwarna krim abu-abu (*Steinernema*) dan warna kemerah-merahan (*Heterorhabditis*). Gejala yang ditunjukkan pada serangga inang disebabkan adanya pelepasan bakteri oleh masing-masing nematoda ke dalam tubuh serangga tersebut.

Menurut Poinar (1979), karakteristik warna akibat serangan *Heterorhabditis* adalah warna agak merah muda yang tampak pada inang beberapa jam setelah kematian. Warna ini berubah yang dimulai dari merah muda terbakar, warna kuning tua hari berikutnya dan akhirnya menjadi coklat, coklat gelap dan hampir hitam. Sedangkan menurut Chaerani (1996), serangga yang terinfeksi *Heterorhabditis* berwarna coklat kemerahan, tubuhnya tetap keras dan bila dibedah jaringan tubuhnya agak lengket dan berwarna coklat kekuningan.

Pada kondisi laboratorium yang optimal *Steinernema* dan *Heterorhabditis* dapat menginfeksi lebih dari 200 spesies serangga seperti *Plutella xylostella*, *Crocidolomia*, *Spodoptera*, *Ipsilon*. Pengujian lapangan di luar negeri dilakukan pada berbagai habitat serangga baik yang hidup di atas permukaan tanah (pemakan daun, penggerek batang, hidup dalam habitat tersembunyi) maupun yang hidup di tanah (Chaerani, 1996). Sasaran inang dari nematoda entomopatogen adalah serangga-serangga hama tanaman jeruk, strawberri, hortikultura, rumput lapangan golf, jamur merang dan tanaman perkebunan (Sulistyanto, 2001).

2.2. Serangga Hama Sebagai Inang Nematoda Patogen Serangga

2.2.1 Hama *Plutella xylostella*

Plutella xylostella disebut juga ulat tritip atau ngengat punggung berlian (Pracaya, 1991). Serangga ini termasuk dalam kingdom Animal, phylum Artropoda, kelas Insekta, ordo Lepidoptera, famili Plutellidae dan genus *Plutella* (Kalshoven, 1981).

Hama *P. xylostella* mempunyai banyak tanaman inang, disamping menyerang tanaman kubis juga menyerang tanaman dan famili Cruciferae lainnya. Tanaman Cruciferae yang biasa menjadi inangnya adalah: sawi (*Brassias yuncea* L), kubis bunga (*Brassica oleraceae* var botrytis), lobak (*Rhapanus sativus* L), petsay (*Brassica chinensis* L) (Kalshoven, 1981).

P. xylostella merupakan serangga yang mengalami metamorfosa sempurna (holometabola) yaitu stadium telur, ulat (larva), pupa dan ngengat (imago)

(Kalshoven, 1981). Telur berbentuk bulat panjang (oval) dengan ukuran panjangnya 0,60 mm dan lebarnya 0,30 mm, berwarna kuning, berkilau dan lembek. Stadia telur lebih kurang 3 hari (Rukmana, 1994). Ngengat betina akan meletakkan telurnya di bawah daun terbuka, tidak pandang umur tanaman yang dikunjunginya. Telur diletakkan secara tunggal atau dalam kelompok kecil yang banyaknya 2-3 butir (Rismunandar 1993). Menurut Pracaya (1991) jumlah telur yang diletakkan oleh seekor ngengat betina berkisar antara 180-320 butir selama hidupnya. Temperatur optimum untuk perkembangan telur adalah 20°C - 30°C. Kelembaban udara tidak mempengaruhi mortalitas telur (Rismunandar 1993).

Larva mengalami 4 instar yang berlangsung selama 12 hari. Larva instar 1 panjangnya 1 mm dan lebarnya 0,5 mm, berwarna hijau kekuning-kuningan dan kepala yang berwarna gelap yang berlangsung selama 4 hari. Larva instar dua panjangnya 2 mm dan 0,5 mm, berwarna hijau kekuning-kuningan dan berlangsung selama 2 hari. Larva instar tiga panjangnya 4-6 mm dan lebarnya 0,75 mm, berwarna hijau dan berlangsung selama 3 hari. Larva instar empat panjangnya 8-10 mm dan lebarnya 1-1,5 mm, berwarna hijau dan berlangsung selama 3 hari (Rukmana, 1994). Perkembangan stadium larva dipengaruhi oleh temperatur. Semakin rendah temperatur, semakin bertambah lamanya tiap instar larva. Temperatur optimum untuk perkembangan larva adalah 20°C-25°C pada kelembaban 50% sampai 60% (Rismunandar 1993).

Pada larva instar terakhir mulai membuat kokon dari bahan seperti benang sutera yang berwarna abu-abu keputihan dibalik permukaan daun yang bertujuan untuk menghindari panasnya matahari. Pembuatan kokon diselesaikan dalam waktu 24 jam. Setelah selesai larva berubah menjadi pupa (Pracaya, 1991).

Pupa yang baru terbentuk berwarna hijau yang kemudian berangsur-angsur menjadi kekuning-kuningan dan akhirnya berwarna kecoklat-coklatan (Kalshoven, 1981).

Imago berupa ngengat kecil berwarna keabu-abuan. Panjang tubuh termasuk kepala bervariasi antara 4,7-5,5 mm. Ukuran badan pada bagian yang paling lebar adalah antara 1,5-1,7 mm. Panjang rentangan sayap adalah 14,5-17,5 mm. Dalam keadaan istirahat pada bagian dorsal sayap depan terlihat ciri karakteristik yang memanjang dari arah kepala sampai ujung sayap. Ciri tersebut

adalah bentuk undulasi (berombak seperti segitiga) yang tampak jelas pada bagian tepi sayap sebelah dalam. Karena bentuk undulasi tersebut menyerupai berlian, maka serangga ini disebut "the diamond back moth" (Pracaya, 1991; Rukmana, 1994).

Ngengat betina dapat dibedakan dengan ngengat jantan yaitu dengan melihat ciri sebagai berikut : a). ngengat betina, warna tiga berlian pada sayap depan dari ngengat betina yang baru muncul dari pupa lebih gelap dari sayap depan ngengat jantan. Segmen anal (segmen terakhir dari abdomen) tidak terbelah dua. Abdomen membesar ditengah. Dalam keadaan terentang sayap ngengat betina lebih besar dibandingkan dengan sayap pada ngengat jantan. b). ngengat jantan, warna tiga berlian dari ngengat jantan yang baru muncul dari pupa lebih putih dari sayap ngengat betina. Segmen anal terbelah dua kalau dilihat dari pandangan ventral. Dalam keadaan terentang, sayap dapat lebih pendek, lebih sempit dan paralel atau memanjang (Permadi dan Sastrosiswojo, 1993).

Ngengat *P. xylostella* aktif pada senja dan malam hari, pada siang hari ngengat bersembunyi pada permukaan daun sebelah bawah. Jika terganggu ngengat tersebut berputar-putar di atas permukaan tanaman inang atau mencari tempat perlindungan tanaman lain (Rukmana, 1994). Temperatur optimum untuk perkembangan dan aktifitas ngengat adalah 27,5°C (Pracaya, 1991).

Kalshoven (1981) menyatakan bahwa pada daerah dengan ketinggian 250 m dari permukaan laut, perkembangan hama ini membutuhkan waktu 12-15 hari. Pada daerah dengan ketinggian 1100 m dari permukaan laut waktu yang dibutuhkan untuk satu siklus hidup 20-25 hari. Selanjutnya Pracaya (1991), menyatakan bahwa pada daerah panas sampai ketinggian 250 m dari permukaan laut, stadium telur 2 hari, larva 9 hari, pupa 4 hari dan ngengat 7 hari, sedangkan untuk daerah dataran tinggi 1100-1200 m dari permukaan laut, stadium telur 2-4 hari, larva 12 hari, pupa 6-7 hari dan ngengat 20 hari.

Biasanya *P. xylostella* menyerang tanaman kubis yang masih muda, sebelum membentuk krop. Namun demikian apabila tingkat populasi larva tinggi atau hama pesaingnya *Crociodomia pavonana* tidak ada maka hama *P. xylostella* akan menyerang krop tanaman kubis (Rukmana, 1994). *P. xylostella* menyerang semua stadia tanaman kubis-kubisan merusak daun selama 2-3 hari selanjutnya

memakan bagian permungkaan daun (Eny, 2004). Sejalan dengan perkembangan jaringan daun, bekas gigitan larva akan pecah dan menimbulkan lubang-lubang. Ukuran lubang-lubang tersebut tidak lebih dari 0,5 cm (Kalshoven, 1981). Apabila populasi tinggi hampir seluruh daun dimakannya sehingga tinggal tulang daunnya saja (Pracaya, 1991).

2.2.2 Hama *Crocidolomia pavonana*

Crocidolomia pavonana Zell adalah serangga hama yang tergolong kelas Insekta, ordo Lepidoptera, famili Pyralidae dan genus *Crocidolomia*. Hama ini dikenal juga dengan nama ulat krop, ulat krosi atau ulat titik tumbuh. Larva *C. pavonana* ini umumnya menyerang tanaman kubis yang sedang membentuk krop dengan cara menggerak krop menuju titik tumbuh. Tanaman yang belum membentuk krop perbagian yang diserang adalah daun muda dan titik tumbuhnya. Dalam keadaan serangan hebat tanaman akan mati, karena tanaman tidak mendapat kesempatan membentuk tunas (Kalshoven, 1981).

Pada pertanaman kubis dan anggota famili Cruciferae lainnya seperti kubis daun, kubis rabi, sawi, petsai dan lain-lain sering ditemui hama *C. pavonana*. Selain itu juga ditemui hama *P. xylostella* L, sehingga kedua serangga hama ini dapat dianggap sebagai kompleks hama *Plutella-Crocidolomia* (Pracaya, 1991; Rukmana, 1994).

Telur *C. pavonana* berbentuk pipih agak lonjong dan di letakkan saling menutupi di dalam suatu kelompok berukuran 3 x 5 mm di bawah permukaan daun, tersusun seperti atap genteng. Telur mula-mula berwarna hijau mengkilat kemudian berubah menjadi coklat kekuning-kuningan dan seterusnya berwarna coklat kehitaman sebelum menetas. Seekor betina dapat menghasilkan 11-18 kelompok telur yang masing-masing terdiri dari 30-80 butir. Ukuran telur rata-rata 0,73-1,04 mm dan lama stadia telur berkisar 2-6 hari (Rukmana, 1994).

Setelah telur menetas larva akan keluar dan umumnya terdiri dari 5 instar, stadia larva berkisar 11-17 hari meliputi stadia larva instar pertama 2-4 hari, larva instar kedua 1-3 hari, larva instar ketiga 1-3 hari larva instar keempat 1-5 hari dan larva instar kelima (prapupa) 3-7 hari (Kalshoven, 1981). Larva instar pertama berwarna hijau muda, bagian kepala berwarna hitam dengan tubuh berbintik hitam

dan berbulu-bulu halus, ukuran larva instar pertama ini 0,17x0,3 mm. Larva instar kedua tubuh berwarna hijau pucat dan kepala berwarna coklat kemerahan, instar ini aktif makan dan berukuran 0,6x0,9 mm. Larva instar ketiga gerakannya semakin gesit dan makannya sangat rakus, warna tubuh sesuai dengan makanannya, pada bagian dorsal terdapat 3 garis hijau dan hijau kekuning-kuningan yang membujur dari depan kebelakang dan berukuran 17,5x2,6 mm (Kalshoven, 1981). Larva instar keempat berukuran lebih kurang panjangnya 18 mm, bagian dorsal berwarna hijau muda dan pada sisi tubuhnya berwarna hijau dengan rambut-rambut kitin berwarna hitam (Rukmana, 1994).

Pada stadia prapupa gerakan larva menjadi lambat dan tidak aktif makan, tubuh berwarna hijau keunguan dan berada di atas permukaan tanah. Pupa berbentuk bulat lonjong dan berwarna coklat muda yang berada di dalam tanah. Periode pupa berkisar antara 9-10 hari (Pracaya, 1991).

Imago (ngengat) keluar dari pupa dengan memecah bagian thoraks. Ngengat yang keluar masih lemah, dan setelah lebih dari satu jam baru dapat terbang. Pada kepala terdapat antena berbentuk benang. Abdomen imago betina lebih besar, akan tetapi lebih pendek dari pada abdomen jantan. Imago berwarna coklat keabu-abuan, pada sayap depan terdapat gambaran hitam yang di tengahnya terdapat 2 bintik putih, umur imago berkisar antara 16-24 hari, umur imago betina lebih panjang dari imago jantan. Imago aktif malam hari, tetapi tidak tertarik pada cahaya, siklus hidup atau massa mulai telur diletakkan sampai munculnya imago yang berasal dari telur tersebut dan imago itu meletakkan telurnya lagi berkisar antara 22-30 hari (Kalshoven, 1981).

2.2.3 Hama *Spodoptera litura* Fabricius

Spodoptera litura Fabricius (ulat grayak) dikenal juga dengan nama *Prodenia litura* F. tergolong ke dalam kelas Insekta, ordo Lepidoptera, famili Noctuidae, genus *Spodoptera* dan spesies *Spodoptera litura* (Kalshoven, 1981).

Hama ini bersifat polipag, mempunyai banyak tanaman inang yaitu kubis, padi, jagung, tomat, tebu, buncis, jeruk, tembakau, bawang merah, terung, kentang, kacang-kacangan (kedelai, kacang tanah), kangkung, bayam, pisang, tanaman hias juga gulma (Arifin, 1993).

Daerah penyebaran *S. litura* sangat luas, meliputi benua Afrika, Asia, Eropa dan Kepulauan Pasifik (Kalshoven, 1981). Di Indonesia ditemukan di Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur, Sulawesi Selatan dan Sumatera Barat.

Menurut Kalshoven (1981), *S. litura* dalam perkembangannya mengalami perubahan bentuk yang disebut dengan metamorfosa sempurna (holometabola) yang terdiri atas stadia telur, larva, pupa dan imago. Stadia yang merusak adalah stadia larva.

Imago berbentuk ngengat yang berwarna keabu-abuan. Ngengat jantan dan betina mempunyai pola gambar sayap depan yang berbeda. Ukuran panjang ngengat jantan 17 mm dan betina 15,7 mm. Ngengat betina meletakkan telur secara berkelompok terutama di bawah permukaan daun dan ditutupi oleh bulu-bulu halus berwarna coklat kemerahan, sayap ngengat bagian depan berwarna coklat keperak-perakan, sayap belakang berwarna keputih-putihan dengan bercak hitam. Malam hari ngengat dapat terbang sejauh 5 km. Seekor ngengat betina mampu meletakkan telur 2000-3000 telur (Arifin, 1993)..

Telur berbentuk hampir bulat dengan bagian datar melekat pada daun (kadang-kadang tersusun 2 lapis), berwarna coklat kekuning-kuningan diletakkan berkelompok (masing-masing berisi 25-500 butir) yang bentuknya bermacam-macam pada daun atau bagian tanaman lainnya. Kelompok telur tertutup bulu seperti bludru yang berasal dari bulu-bulu tubuh bagian ujung ngengat betina.

Larva mempunyai warna yang bervariasi, mempunyai kalung/bulan sabit berwarna hitam pada segmen abdomen yang keempat dan kesepuluh. Pada sisi lateral dorsal terdapat garis kuning. Ulat yang baru menetas berwarna hijau muda, bagian sisi coklat tua atau hitam kecoklatan dan hidup berkelompok (Arifin, 1993).

Beberapa hari kemudian tergantung ketersediaan makanan, larva menyebar dengan menggunakan benang sutera dari mulut. Siang hari bersembunyi dalam tanah (tempat yang lembab) dan menyerang tanaman pada malam hari. Biasanya ulat berpindah ke tanaman lain secara bergerombol dalam jumlah besar. Warna dan perilaku ulat instar terakhir lebih mirip ulat tanah perbedaan hanya pada tanda bulan sabit, berwarna hijau gelap dengan garis

punggung warna gelap memanjang. Umur 2 minggu panjang ulat sekitar 1,6 cm. Larva terdiri dari 5 instar : 20-46 hari (Arifin, 1993).

Larva instar I yang baru keluar dari telur berwarna hijau bening atau hijau mengkilat dengan ditumbuhi oleh bulu-bulu halus. Kepala berwarna hitam. Panjang tubuh 2,00-2,75 mm dan lebar kepala 0,20-0,30 mm. Stadium instar I adalah 3-4 hari. Instar I hidup berkelompok dan tidak memakan seluruh bagian daun, tulang-tulang daun ditinggalkan. Setelah memasuki instar II larva masih hidup berkelompok, tetapi warna berubah menjadi hijau kecoklatan, panjangnya 3,75-10,00 mm, bulu pada tubuhnya sudah terlihat lagi. Pada ruas abdomen pertama terdapat garis hitam melingkar. Pada bagian dorsal terdapat garis putih memanjang dari thoraks hingga ujung abdomen. Pada thoraks terdapat empat buah titik yang berbaris dua-dua. Stadium instar II adalah 3-5 hari. Larva instar III hidup pada permukaan bawah atau atas daun tumbuhan inang dan sangat aktif bergerak untuk mencari makan. Panjang tubuh mencapai 8,00-15,00 mm, lebar kepala 0,5-0,6 mm. Pada bagian kiri dan kanan abdomen terdapat garis zig zag berwarna putih dan bulat-bulatan hitam sepanjang tubuhnya. Stadium instar III adalah 3-5 hari. Larva instar I sampai II disebut instar muda (Balai Informasi Pertanian Sumbar, 1990 *cit* Munir 2002).

Instar IV, V, dan VI yang disebut dengan instar tua agak sukar dibedakan antara satu dengan yang lainnya. Panjang tubuh instar IV adalah 13,00-20,00 mm dan lebar kepala 0,80-1,00 mm. Pada bagian kiri dan kanan tubuhnya terdapat gambar atau pola yang berbentuk setengah lingkaran. Mulai instar IV warna tubuh bervariasi yaitu hitam, hijau keputihan, hijau kekuningan, atau hijau keunguan dengan stadium instar IV adalah 3-5 hari. Instar V panjang tubuhnya 25,00-35,00 mm dan lebar kepalanya 2,00-3,00 mm. Gambar atau pola tubuhnya semakin jelas. Stadium instar V berkisar 3-5 hari. Instar VI panjang tubuhnya 35,00-50,00 mm. Gambar atau pola tubuhnya semakin jelas. Total perkembangan sejak dari telur sampai dewasa antara 30-61 hari (Munir. 2002).

Larva yang sudah cukup tua masuk ke dalam tanah dan berkepompong pada kedalaman 7-8 cm dari permukaan tanah. Pupa berwarna coklat kemerah-merahan dengan panjang kurang lebih 16 mm, lama stadia pupa antara 8-11 hari (Soedarmo, 1992).

Gejala serangan yang tampak yaitu larva yang masih kecil merusak daun dengan meninggalkan sisa-sisa epidermis bagian atas/transparan dan tinggal tulang-tulang daun saja. Larva instar lanjut merusak tulang daun dan kadang-kadang menyerang buah. Biasanya larva berada di permukaan bawah daun menyerang secara serentak berkelompok, serangan berat dapat menyebabkan tanaman gundul karena daun dan buah habis dimakan ulat. Serangan berat umumnya terjadi pada musim kemarau.

2.2.4 Hama *Spodoptera exigua* Hubner

Spodoptera exigua termasuk dalam filum Arthropoda, kelas Insecta, subkelas Pterygota, ordo Lepidoptera, subordo Frenate, family Noctuidae, dan genus *Spodoptera*. *S. exigua* banyak dijumpai di negara-negara tropis dan subtropis antara lain di Eropa, Afrika, Hawaii, dan Indonesia terutama di pulau Jawa dan Sumatera (Kalshoven, 1981).

Menurut Hill (1983), hama *S. exigua* ini inang utamanya adalah padi, terutama padi ladang (tanah kering), dan inang alternatifnya adalah kapas, bit gula, tembakau, tomat dan kacang tanah. Menurut Rukmana (1994), inangnya adalah bawang merah, bawang kucai, bawang putih, bawang daun, cabai dan jagung. Selain itu hama ini juga menyerang tomat, lombok, tembakau, orok-orok (crotalaria), kapri dan beberapa jenis rumput-rumputan (Sunarjono dan Soedomo, 1989, Wibowo, 1988).

Perkembangan serangga *S. exigua* ini mengalami empat stadia hidup atau mengalami metamorfosa sempurna yaitu stadia telur, stadia larva, stadia pupa dan stadia imago (dewasa). Satu generasi siklus hidupnya 23 hari (Kalshoven, 1981).

Telur yang dihasilkan oleh imago betina umumnya diletakkan pada malam hari secara berkelompok pada daun bawang (Kalshoven, 1981). Menurut Pracaya (1994), telur biasanya diletakkan dalam kelompok-kelompok berbentuk lonjong atau bulat yang berwarna putih dan ditutupi oleh lapisan bulu-bulu tipis. Setiap kelompok telur terdiri dari 15 sampai 87 butir telur, dengan lama stadia telur 2-4 hari. Warna kelompok telur *S. exigua* pada mulanya putih seperti salju, menjelang larva keluar berubah seperti beludru dengan bintik-bintik hitam. Telur yang tidak menetas akan mengalami perubahan warna menjadi keputihan.

Larva dari hama ini terdiri dari lima instar, setiap instar mempunyai ukuran dan warna tubuh yang berbeda. Larva instar I panjangnya 1,2-1,5 mm dengan kepala berwarna coklat mengkilap. Larva instar II panjangnya 2-3 mm, dengan bagian kepala berwarna coklat sampai hitam dengan bagian samping tubuhnya (diatas spirakel) terdapat dua buah garis yang memanjang sepanjang tubuhnya yang berwarna hijau kekuningan sampai kuning. Larva instar III panjangnya 6-8 mm dan terjadi diferensiasi warna (Kalshoven, 1981), dimana di daerah dataran rendah pada umumnya berwarna hijau, sedangkan di daerah dataran tinggi berwarna coklat. Hal ini terutama dipengaruhi oleh suhu. Larva instar IV yang baru ganti kulit panjangnya 12-14 mm, sedangkan sifat lainnya sama dengan instar III. Larva instar V panjangnya mencapai 16-19 mm (Franssen, 1930). Lamanya stadia larva adalah 9-14 hari (Kalshoven, 1981).

Menjelang memasuki stadia pupa, larva instar akhir menjatuhkan diri ke tanah untuk menjadi pupa. Larva mengeluarkan sutra untuk merangkai partikel tanah untuk menjadi gumpalan tanah di kedalaman 2 cm dibawah permukaan tanah. Semakin lama tubuh larva semakin memendek dan warnanya menjadi kecoklatan. Setelah berakhir masa prapupa maka terbentuklah pupa yang berwarna coklat terang. Pupa biasanya terbentuk pada kedalaman 0,64 cm dibawah permukaan tanah. Panjang pupa 7-8 mm dengan warna coklat kemerahan, dengan lama stadia pupa 8-11 hari (Tjahjadi, 1995).

Imago aktif malam hari, namun dapat juga ditemukan pada siang hari. Imago melakukan perkawinan pada senja hari dengan ratio kelamin jantan dan betina yang dihasilkan adalah 1:1. Umur imago jantan 5 hari, sedangkan imago betina 8 hari. Panjang rentang sayap jantan 19-32 mm, betina 21-28 mm. Sayap depan berwarna abu-abu kekuning-kuningan dan sayap belakang berwarna putih. Pada ujung abdomen betina terdapat sisik halus berwarna putih (Franssen, 1930). Menurut Suyanto (1994), sayap depan berwarna coklat keperakan dan belakang berwarna putih, sedangkan sayap belakang berwarna perak keputihan dengan noda hitam. Siklus hidup berlangsung selama 3-6 hari.

Stadia yang merusak dari *S. exigua* adalah stadia larva. Larva yang baru keluar dari telur biasanya tinggal beberapa menit pada tumpukan diatas bekas telur, kemudian menuju bagian ujung daun dan melobangi daun untuk masuk ke

dalam pipa daun. Akibatnya ujung-ujung daun tampak terpotong. Jaringan bagian dalam daun juga dimakannya (Wibowo, 1988), sedangkan lapisan epidermis luar ditinggal sehingga daun menjadi transparan dan mengering (Sunarjono dan Soedomo, 1989).

III. BAHAN DAN METODE

3.1. Waktu dan tempat

Penelitian ini dilaksanakan dari bulan Oktober 2009 sampai dengan Januari 2010. Pengambilan sampel tanah dari daerah Nagari Padangluar, Kecamatan Banuhampu, Kabupaten Agam, dan pengujian dilakukan di laboratorium Pengendalian Hayati Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Andalas Padang.

3.2. Bahan dan alat

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel tanah, nematoda patogen serangga (*Heterorhabditis* spp), larva *Tenebrio molitor*, *Plutella xylostella*, *Crocidolomia pavonana*, *Spodoptera litura*, *Spodoptera exigua*, kertas saring, kertas tisu, kertas label, daun kacang kedelai, daun kubis, madu, dan aquades.

Alat-alat yang digunakan antara lain kotak-kotak serangga, kotak plastik, cawan petri, botol media, kain kasa, pipet mikro, pinset, gelas ukur, objek glass, kantong plastik, botol bervolume 250 ml, mikroskop stereobinokuler dan alat-alat tulis.

3.3. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak lengkap (RAL) dengan 4 perlakuan, 4 ulangan. Perlakuannya berupa beberapa spesies hama sebagai inang bagi masing-masing terdiri dari 10 ekor larva instar II yakni:

A = *Plutella xylostella*

B = *Crocidolomia pavonana*

C = *Spodoptera litura*

D = *Spodoptera exigua*

Data yang diperoleh dari hasil pengamatan dianalisis secara sidik ragam dan jika berbeda nyata akan dilanjutkan dengan uji Duncan's New Multiple Range Test (DNMRT) pada taraf nyata 5%.

3.4. Pelaksanaan

3.4.1 Persiapan bahan penelitian

a. Pengambilan sampel tanah

Sampel tanah diambil pada sekitar tanaman kubis Nagari Padangluar, Tanah diambil 1 kg dan diambil pada empat titik pengambilan sampel, kemudian tanah dilembabkan dan dibawa ke laboratorium untuk diisolasi nematodanya.

b. Isolasi nematoda patogen serangga dari tanah

Untuk mendapatkan nematoda dari sampel tanah dilakukan teknik pengumpanan (*soil baiting technique*) dari Bedding dan Akhurts (1975). Sampel tanah dilembabkan selama semalam, kemudian dimasukkan kedalam botol dengan volume 250 ml. Di atas tanah diletakkan lima ekor larva *T. molitor* (Coleoptera : Tenebrionidae) kemudian botol ditutup dan diletakkan secara terbalik (Gambar 1) dan diinkubasi selama 7 hari pada suhu kamar. Larva yang mati dikumpulkan ke dalam cawan petri.

Untuk mendapatkan nematoda patogen serangga dari larva *Tenebrio molitor* digunakan metode Perangkap *White* dari *Woodring* dan *Kaya* yang dimodifikasi (Chaerani dan Suryadi, 1999), metode tersebut berupa cawan petri berdiameter 15 cm yang berisi air setinggi kurang lebih $\pm 0,5$ cm, kemudian di bagian tengahnya cawan petri diletakkan cawan petri yang berdiameter 10 cm dengan posisi tertelungkup. Di atas cawan petri ini diletakkan kertas saring atau kertas tisu dan diletakkan sehingga mengenai air dalam cawan petri yang besar gambar2.



Gambar 1. Pengumpulan *Heterorhabditis* spp menggunakan *Soil baiting technique* dengan umpan serangga *Tenebrio molitor*

Larva nematoda yang ada pada cairan yang ada dalam cawan petri lalu diinokulasikan pada larva *Tenebrio molitor* selama 14 hari. Larva yang terserang *Heterorhabditis* spp berwarna coklat kehitaman diperbanyak lagi untuk mendapatkan *Heterorhabditis* spp. Larva yang terinfeksi bewarna coklat kehitaman diletakkan di atas kertas tisu perangkap white kemudian diamati nematoda patogen serangga di dalam air yang ada dicawan petri besar. Pengamatan morfologi dilakukan juga untuk melihat morfologi *Heterorhabditis* spp. Hasil pengamatan nematoda *Heterorhabditis* spp dapat dilihat pada (Gambar 3).



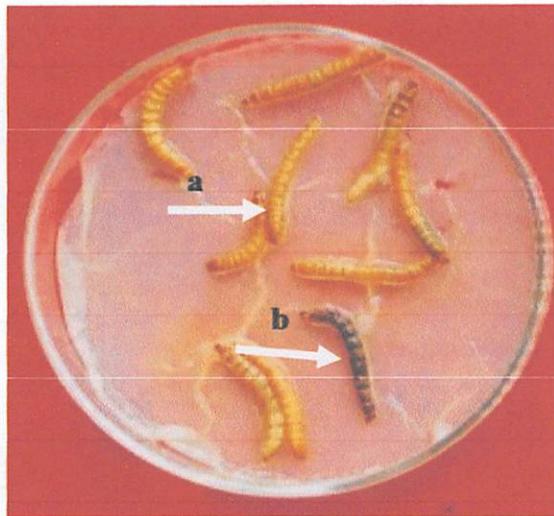
Gambar 2. Teknik isolasi *Heterorhabditis* spp dari *Tenebrio molitor* menggunakan metode perangkap White dimodifikasi (Chaerani dan Suryadi 1999)



Gambar 3. Nematoda *Heterorhabditis* spp hasil isolasi

3.4.2 Perbanyak nematoda *Heterorhabditis* spp

Nematoda *Heterorhabditis* spp yang diperoleh dari isolasi diperbanyak dengan memasukkan 1 ml suspensi nematoda ke dalam cawan petri yang telah dialas dengan dua lembar kertas tisu secara merata dan ditambahkan 2 ml air hingga membasahi kertas tisu kemudian dimasukkan 10 ekor larva *T.molitor* kemudian petri ditutup dan dimasukkan ke dalam kantong plastik (Gambar 4).



Gambar 4. Perbanyak *Heterorhabditis* spp pada *Tenebrio molitor* (a) *Tenebrio molitor* normal dan (b) *Tenebrio molitor* yang telah terinfeksi *Heterorhabditis* spp.

Selanjutnya medium perbanyak yang berisi nematoda dan larva diinkubasi selama 6 hari pada suhu kamar, setelah masa inkubasi dan larva menunjukkan gejala serangan nematoda *Heterorhabditis* spp larva dipindahkan ke cawan pengumpul nematoda dengan metode perangkap *White woodring* dan *kaya* yang dimodifikasi (Chaerani dan Suryadi,1999), nematoda patogen yang didapat digunakan sebagai bahan perlakuan.

3.4.3 Persiapan serangga

Larva *P. xylostella*, *C. pavonana*, *S. litura*, *S. exigua* diperoleh dari pertanaman kubis di Kabupaten Agam. Larva yang di dapat dipelihara dalam kotak plastik dan diberi makan daun kubis segar setiap hari, makanan diganti jika tidak segar lagi dan larva *S. exigua* diberi makan daun kacang kedelai. Pada waktu larva memasuki prapupa maka dipindahkan ke kotak yang telah berisi serbuk

gergaji. Imago yang keluar dipindahkan dalam kurungan serangga yang telah berisi daun kubis segar sebagai tempat peletakan telur. Imago diberi pakan dengan madu, kelompok telur yang diletakkan imago pada daun dipindahkan ke kotak lain dan dipelihara sampai menetas. Setelah itu larva dipelihara sampai larva instar 2 dan yang dijadikan sebagai serana uji.

3.4.4 Uji patogenisitas nematoda patogen serangga pada larva hama.

Perlakuan yang digunakan yaitu larva *P. xylostella*, *C. pavonana*, *S. litura*, dan *S. exigua* instar 2. Inokulasi dengan nematoda sebanyak 100 juvenil/ml air tiap larva serangga perlakuan. Inokulasi dilakukan dengan cara menuangkan cairan yang berisi nematoda ke kertas tisu yang lembab yang diletakkan pada dasar kotak perlakuan, kemudian larva serangga hama diletakkan di atas kertas tisu. Jumlah larva serangga yang digunakan sebanyak 10 ekor. Larva *P. xylostella*, *C. pavonana*, *S. litura* di beri makan dengan daun kubis sedangkan *S. exigua* daun kacang kedelai. Makanan larva diganti setiap hari sampai terbentuk imago dan imago diberi makan larutan madu 10%.

3.5. Pengamatan

3.5.1 Mortalitas larva

Pengamatan dilakukan dengan menghitung jumlah larva yang mati setiap 24 jam sampai terbentuk pupa, mortalitas larva dihitung dengan menggunakan rumus:

$$M = \frac{n}{N} \times 100\%$$

Keterangan : M = Mortalitas larva

n = Jumlah larva yang mati

N = Jumlah larva yang diperlakukan

3.5.2 Persentase pupa yang terbentuk

Pengamatan ini untuk melihat persentase pupa yang terbentuk dengan menggunakan rumus:

$$P = \frac{b}{N} \times 100\%$$

Keterangan : P = Persentase pupa yang terbentuk

b = Jumlah pupa yang terbentuk dari larva

N = Jumlah larva yang diperlakukan

2.5.3 Persentase imago terbentuk

Pengamatan dilakukan untuk menghitung persentase imago yang terbentuk dengan menggunakan rumus:

$$I = \frac{d}{N} \times 100\%$$

Keterangan: I = Persentase imago terbentuk

d = Jumlah imago terbentuk

N = Jumlah larva yang diperlakukan

3.5.4 Gejala infeksi pada larva

Pengamatan gejala infeksi nematoda patogen serangga pada larva-larva hama dilakukan secara visual dengan mencatat setiap perubahan yang terjadi pada larva yang diperlakukan. Pengamatan dilakukan setelah 24 jam inokulasi sampai larva hama yang diperlakukan mati.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil

4.1.1 Mortalitas larva

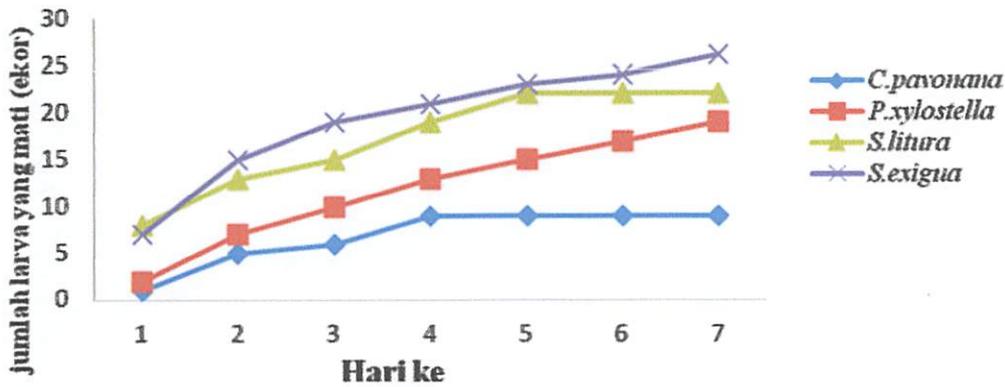
Hasil pengamatan terhadap mortalitas beberapa larva yang diperlakukan dengan nematoda *Heterorhabditis* spp memperlihatkan hasil berbeda nyata (Lampiran 3.a). Setelah dilakukan uji lanjut dengan DNMRT 5% dapat dilihat hasilnya pada Tabel 1.

Tabel 1. Mortalitas beberapa larva serangga pada hari ke tujuh setelah diperlakukan dengan *Heterorhabditis* spp.

Perlakuan	Mortalitas larva (%)
<i>Spodoptera exigua</i>	65.00 a
<i>Spodoptera litura</i>	55.00 a b
<i>Plutella xylostella</i>	47.50 b
<i>Crocidolomia pavonana</i>	22.50 c
KK = 14.25 %	

Angka pada lajur yang sama di ikuti huruf kecil yang sama adalah berbeda tidak nyata menurut uji lanjut DNMRT taraf 5 %.

Dari Tabel 1 menunjukkan bahwa mortalitas larva *S. exigua* berbeda nyata dengan *P. xylostella* dan *C. pavonana*, tetapi berbeda tidak nyata dengan *S. litura*. Mortalitas larva terendah setelah aplikasi nematoda *Heterorhabditis* spp yaitu pada larva *C. pavonana* (22.50%) sedangkan yang tertinggi yaitu pada larva *S. exigua* (65.00%). Laju mortalitas kumulatif beberapa larva serangga hama setelah diinfeksi nematoda *Heterorhabditis* spp sampai hari ke tujuh dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Laju mortalitas kumulatif beberapa larva serangga hama setelah diberi perlakuan nematoda *Heterorhabditis* spp.

Kematian empat jenis larva setelah diperlakukan dengan nematoda *Heterorhabditis* spp, sudah terjadi pada hari pertama dan meningkat secara nyata pada hari kedua. Pada hari kelima tidak ada penambahan larva *C. pavonana* yang mati.

4.1.2 Persentase pupa yang terbentuk

Hasil pengamatan terhadap persentase pupa yang terbentuk dari 4 serangga uji setelah diperlakukan dengan nematoda *Heterorhabditis* spp memperlihatkan hasil berbeda nyata (Lampiran 3b) setelah dilakukan uji lanjut dengan DNMRT5% dapat dilihat pada Tabel 2.

Dari Tabel 2 terlihat bahwa persentase pupa *S. litura* terbentuk setelah diperlakukan dengan nematoda *Heterorhabditis* spp berbeda nyata dengan

Tabel 2. Persentase pupa yang terbentuk setelah diberi perlakuan dengan nematoda *Heterorhabditis* spp.

Perlakuan	Pupa Terbentuk (%)
<i>Spodoptera litura</i>	22.50 a
<i>Spodoptera exigua</i>	25.0 a b
<i>Crocidolomia pavonana</i>	37.50 b
<i>Plutella xylostella</i>	60.00 c
KK = 16,89 %	

Angka-angka pada lajur yang sama yang diikuti oleh huruf kecil yang sama adalah berbeda tidak nyata berdasarkan uji lanjut DNMRT pada taraf 5 %.

S.exigua, *C. pavonana* dan *P. Xylostella*. Persentase pupa *S. exigua* dengan *C. pavonana* terbentuk berbeda tidak nyata. Persentase pupa terbentuk paling rendah adalah pada *S. litura* (22.50%) sedangkan yang tertinggi yaitu pada *P. xylostella* (60.00%).

4.1.3 Persentase imago yang terbentuk

Analisis sidik ragam terhadap beberapa imago serangga hama yang terbentuk setelah diperlakukan dengan nematoda *Heterorhabditis* spp memperlihatkan hasil berbeda nyata (Lampiran 3c) hasil uji lanjut dengan DNMRT 5% dapat dilihat hasilnya pada Tabel 3.

Tabel 3. Persentase imago yang terbentuk setelah diberi perlakuan dengan nematoda *Heterorhabditis* spp.

Perlakuan	Imago Terbentuk (%)
<i>Spodoptera litura</i>	5.00 b
<i>Spodoptera exigua</i>	12.50 b
<i>Crociodolomia pavonana</i>	12.50 b
<i>Plutella xylostella</i>	37.50 a
KK = 39.20 %	

Angka-angka pada lajur yang sama yang diikuti oleh huruf kecil yang sama adalah berbeda tidak nyata berdasarkan uji lanjut DNMRT pada taraf 5 %.

Dari Tabel 3 terlihat bahwa persentase imago *S. litura* terbentuk berbeda tidak nyata dengan *C. pavonana* dan *S. exigua* tetapi berbeda nyata dengan *P. xylostella*. Persentase imago terbentuk paling tinggi yaitu pada *P. xylostella* (37.50%).

4.2. Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa mortalitas larva *S. exigua* memperlihatkan persentase yang paling tinggi dibandingkan dengan *C. pavonana*, *P. xylostella*, dan *S. litura*. Tingginya mortalitas larva *S. exigua* karena adanya perbedaan morfologi antar larva perlakuan. Larva *S. exigua* diduga mempunyai integumen yang lebih tipis sehingga lebih mudah ditembus nematoda dibandingkan larva hama lain. Menurut Narayanan (2004), perbedaan sifat morfologi serangga seperti tingkat kekerasan integumen akan mempengaruhi resistensi serangga

terhadap infeksi nematoda. Ramos-Rodriguez *et al* (2004), melaporkan bahwa adanya perbedaan serangga uji menghasilkan mortalitas yang berbeda, setelah diinfeksi nematoda *S. carpocapsae*. Pada larva *Tribolium castaneum* mortalitas larva setelah aplikasi nematoda mencapai 100% sedangkan pada larva *Oryzaephilus surinamensis* hanya menghasilkan mortalitas 45%. Hasil penelitian Shamseldean, Hasanain, dan Rezk (2009), menunjukkan bahwa mortalitas larva dari serangga uji bervariasi tergantung pada spesies serangga. Larva *Galleria melonalla* lebih rentan (mortalitas sampai 100%) terhadap nematoda *Heterorhabditis* spp dibandingkan dengan *Spodoptera littoralis* (mortalitas hanya 50%).

Kematian keempat larva serangga uji yang terinfeksi nematoda *Heterorhabditis* spp telah mulai terjadi pada hari pertama dan meningkat secara nyata dua hari setelah aplikasi. Menurut Chaerani (1996), infeksi serangga dimulai dari juvenil infektif. Setelah menemukan inang yang cocok, juvenil infektif memasuki hemocoel serangga melalui lubang-lubang alami serangga (mulut, anus, atau spirakel), luka atau penetrasi langsung melalui integumen. Saluran pencernaan nematoda yang semula tertutup mulai aktif. Bekerja dan melepaskan sel-sel bakteri ke dalam hemolimfa serangga. Sel-sel bakteri berbiak, mematikan serangga akibat toksin intraselular dan ekstraselular yang dihasilkannya dalam waktu 24-48 jam.

Gejala yang ditimbulkan oleh nematoda *Heterorhabditis* spp terhadap serangga uji hampir sama yaitu serangga menjadi tidak responsif lalu serangga tersebut lemas dan mati kemudian dari tubuh serangga menampakan gejala tubuhnya menghitam dan setelah beberapa hari tubuh serangga mengeluarkan bau busuk. Menurut Poinar (1979), karakteristik warna akibat *Heterorhabditis* spp adalah warna agak merah muda yang tampak pada inang beberapa jam setelah kematian. Warna ini berubah yang dimulai dari merah muda terbakar, warna kuning tua hari berikutnya dan akhirnya menjadi coklat, coklat gelap dan hampir hitam, sedangkan menurut Chaerani (1996), serangga yang terinfeksi *Heterorhabditis* spp berwarna coklat kemerahan, tubuhnya tetap keras dan bila dibedah jaringan tubuhnya agak lengket dan berwarna coklat kekuningan.

Pupa serangga yang terbentuk setelah perlakuan tidak semuanya terbentuk dengan normal. *S. litura* memiliki persentase terbentuk pupa terendah dibandingkan dengan *S. exigua*, *C. pavonana* dan *P. xylostella*. Persentase mortalitas larva serangga hama sangat berpengaruh terhadap persentase pupa yang terbentuk. Semakin tinggi mortalitas larva maka persentase pupa yang terbentuk juga semakin rendah. Rendahnya persentase pupa yang terbentuk pada perlakuan diduga karena terganggunya metabolisme larva akibat infeksi oleh nematoda yang masuk ke dalam tubuh larva tersebut sehingga larva kekurangan energi untuk memasuki stadia pupa. Nielsen dan Philipsen (2005), melaporkan bahwa nematoda *Heterorhabditis* spp mampu menekan perkembangan populasi pada stadia pupa. Walaupun masih ada pupa yang terbentuk dari perlakuan, namun tidak semuanya terbentuk dengan normal. Hal ini sesuai dengan pendapat Timonim (1993) Cit Kurnia (1998), bahwa larva yang terinfeksi pada tahap awal mempunyai peluang untuk lolos menjadi pupa, tetapi pada tahap selanjutnya menimbulkan kematian.

Persentase pupa yang terbentuk akan berpengaruh langsung terhadap persentase imago yang terbentuk. Imago yang muncul pada pemberian nematoda *Heterorhabditis* spp tidak normal yaitu tubuh kecil, sayap tumbuh tidak sempurna sehingga imago kesulitan untuk terbang. Persentase imago terbentuk *S. litura* rendah dibandingkan dengan *S. exigua*, *C. pavonana*, *P. xylostela* Hal ini diduga pengaruh dari toxin yang dihasilkan oleh bakteri yang terdapat pada saluran pencernaan nematoda yang dapat merusak jaringan yang ada dalam tubuh imago, sehingga menyebabkan kegagalan dalam membentuk imago. Sesuai dengan pendapat Suryadi *et al* (2006), aktivitas toksin dipengaruhi oleh kemurnian protein toksin yang berpengaruh pada virulensi bakteri.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan beberapa parameter pengamatan ternyata larva *S. exigua* dan *S. litura* lebih rentan terhadap infeksi *Heterorhabditis* spp dibandingkan larva *C. pavonana* dan *P. xylostela*.

5.2. Saran

Dari kesimpulan yang dikemukakan di atas maka penulis menyarankan perlunya dilakukan pengujian secara langsung di lapangan untuk mengetahui keefektifan nematoda ini dalam menekan laju perkembangan hama-hama yang merusak.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, M. 1993. Pengambilan Keputusan Pengendalian Ulat grayak *Spodoptera litura* Berdasarkan Ambang Ekonomi dan Teknik Penarikan Contoh Pada Kedelai. Dalam Puslitbang Tanaman Pangan. April 1992-Mei 1993.
- Bakti, D., Lisnawita dan Erwin Maaruf. 2001. Nematoda Entomopatogen Sebagai Biopestisida, Aplikasi dan Prospeknya Mengendalikan Hama Tanaman. Makalah Disampaikan pada Seminar Dwi Bulanan Fakultas Pertanian USU Medan pada tanggal 28 April 2001.
- Balai Informasi Pertanian Sumatra Barat 1990. Beberapa Organisme Pengganggu Tanaman Pangan. Departemen Pertanian Sumatra Barat. 37 hal
- Balai Penelitian Bioteknologi dan Sumberdaya Genetika Pertanian. 2007. Formulasi Insektisida Hayati Berbahan Aktif Nematoda Pathogen Serangga. <http://www.indobiogen.or.id/produk/NSP.php>. Download 5 November 2006.
- Bending, R.A. and R.J. Akhursts. 1975. A Simple Technique for the Detection of Insect Parasitic Rhabditid Nematodes in Soil. *Nematologica*. 21: 109-110.
- Chaerani dan Y. Suryadi. 1999. Isolasi Nematoda Patogen Serangga *Steinernema* dan *Heterorhabditis* dari Daerah di Jawa Barat dan Jawa Tengah. Prosiding Seminar Nasional 16 Pebruari 1999. Perhimpunan Entomologi Indonesia Cabang Bogor. Hal 197-205.
- Chaerani. 1996a. Materi Kuliah Nematoda Patogen Serangga. Balai Penelitian Bioteknologi Tanaman Pangan Bogor. 8 hal.
- Chaerani. 1996b. Perbanyakkan *Heterorhabditis indicus* (Rhabditida: Heterorhabditidae) pada Larva *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae). Makalah disajikan dalam Kongres Nasional 11 dan Seminar Ilmiah. Perhimpunan Nematologi Indonesia. Jember. 23-24 Juli 1996.
- Eny. 2004. Diamondback moth , *Plutella xylostella* (L). One of Series Entomology and Namatology department, Florida Cooperative Extension Service. Institute of Food and Agricultural Sciences. University Of Florida. <http://edis.lfas.ufl.edu/>
- Franssen, C.J.H. 1930. De Levenswizc En Bestrijding Van Den Sjalottenuil (*Lapphy exigua* Hbn) Op Jva. Medeeligen Van Het Instituot Voor Planetn Zekten. 35 hal.
- Glazer, I. and E.E. Lewis. 2000. Bioassay for Entomopatogenic Nematodes. In. Navon, A.36 hal

- Gouge, D.H.L.L., Lee and T.J. Henneberry. 1999. Effect of Temperature and Lepidopteran Host Species on Entomopathogenic Nematoda (Nematoda : Steinernematidae, Heterorhabditidae) infection. *Environ. Entomol* 28 (5) : 876-883.
- Hill, D.S. 1983. *Agricultural Insects Pest of Tropics and Their Control. 2 Edition.* Cambridge University Press. Cambridge, London, Ny Melbourne, Sdney. 746 hal.
- Kalshoven, L.G.E. 1981. The pest of Crop in Indonesia. Revised and Translate by Van Der Laan. PT. Ichtiar Baru-Van Hoeve. Jakarta. 701 hal.
- Kalshoven, L. G. E. 1981. Pest of Crop in Indonesia. Revised and Translated by P. A. Van der Laan. PT. Ichtiar Baru Van Hoeve. Jakarta. 51 hal
- Kaya, H.K., Stock, S.P. and Gaugler, R. 1993. Entomopatogenic Nematode. *Annu. Rev. Entomol.* 38:181-209.
- Munir, F. 2002. Pengaruh Rebusan Daun Gambir (*Uncaria gambir* Roxb) Terhadap Hama *Spodoptera litura* F. (Lepidoptera : Noctuidae). Skripsi Sarjana Pertanian Unand Padang 30 hal.
- Narayanan, K. 2004. Insect Deference: its Impact on Microbial Control of Insect Pests. *Current Science*, 86, no 6,25
- Nilsen, O. and Philipsen, H. 2005. Susceptibility of *Megethes* spp and *Dasyneure brassicae* to Entomopatogenic Nematodes During Pupation in Soil. *BioControl* 623-634.
- Oka, I.N. 1990. Pengendalian Hama Terpadu dan Implementasinya di Indonesia. UGM Press. Yogyakarta. 255 hal.
- Pardede, Dj., A. Djamin dan C. Utomo. 1992. Nematoda *Heterorhabditis* sp. (Rhabditida: Heterorhabditidae). Sebagai Musuh Alami dari *Oryetes rhinoceros* L. (Coleopteran: Searabaeidae).
- Pedigo, P., Larry. 1989. *Entomology and Pest Management.* Macmillan. Publishing Company. New York.
- Poinar, G.O. 1979. *Nematodes for Biological Control of Insect.* CRC. Boca Raton, F.L.
- Poinar, G.O., Jr dan Gerard M. Thomas. 1984. *Laboratory Guide to Insect Patogen dan Parasites.* Plenum Press New York and London. 392 hal.
- Pracaya. 1991. *Kol Alias Kubis.* Penebar Swadaya (Anggota IKAPI). Jakarta.

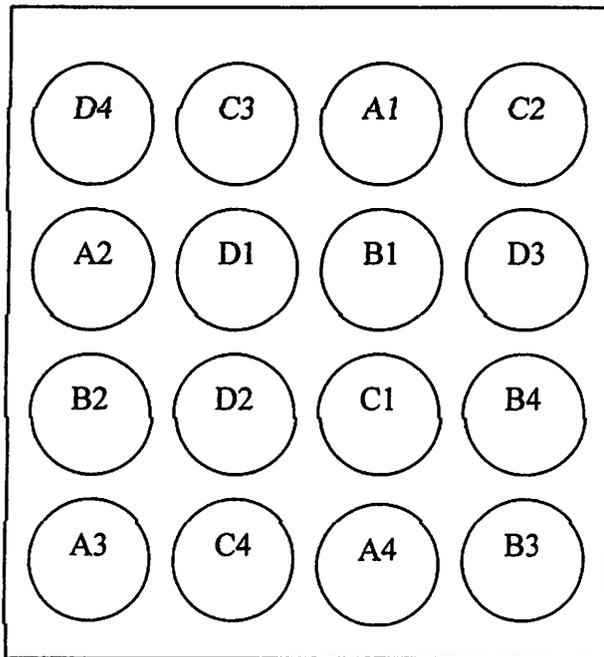
- Ramos-R.O., J.F, Campbell., S.B, Ramaswamy. 2004. Patogenicity of Three Species of Entomopatogenic Nematodes to Some Major Stored-Product Insect Pests. *Jurnal of Stored Products Research* 42 (2006) 241-252.
- Rismunandar. 1993. Hama Tanaman Pangan dan Pembasmiannya. Sinar Baru Algesindo. Bandung. 103 hal.
- Rukmana, R. 1994. *Budidaya Kubis dan Brokoli*. Kanisus. Yogyakarta. 67 hal
- Shamseldean, M.M., Hasanain, S.A and Rezk. 2009. Virulence of Entomopatogenic Nematodes Against Lepidopterorus Pests of Horticultural Crops in Egypt. *Jurnal Conference on Recent Technologies in Agriculture*. Hal 74-84.
- Soedarmo, S. 1992. Pengendalian Serangga Hama Sayuran dan Palawija. Kanisius. Jakarta.25 hal.
- Sulistyanto, D. 2001. Pengendalian Hayati Serangga Hama Tanaman Kopi dengan Nematoda Entomopatogen, *Steinernema* sp dan *Heterorhabdith* sp Isolat Lokal. 13 hal.
- Sunarjono, H. dan P. Soedomo. 1989. Budidaya Bawang Merah. Sinar Baru. Bandung. 67 hal.
- Suryadi, Y. dan Chaerani. 1999. Potensi Nematoda Patogen Serangga dalarr Pengendalian Serangga Hama, Prosiding Seminar Nasional 16 Pebruari 1999. Perhimpunan Entomologi Indonesia Cabang Bogor. Hal. 509-513.
- Suryadi, Y. Ifa., Manzilla, A.A dan Etty, P. 2006. Produksi dan Evaluasi Antibodi Poliklonal Untuk Deteksi Toksin *Photorhabdus* spp. *Jurnal Agrobiogen*. 2(1):16:23
- Suyanto, A. 1994. *Hama Sayur dan Buah*. PT. Soeroengan. Jakarta. 110 hal
- Tanada, Y. dan H.K. Kaya. 1993. *Insect Pathology*. Academic Press, Inc. San Diego, California. 666 hal.
- Tjahjadi, N.1995. Hama dan Penyakit Tanaman. Kanisius. Yokyakarta. 147 hal.
- Untung, K. dan M. Sudomo. 1997. Pengelolaan Serangga Secara Berkelanjutan. Makalah Disampaikan Pads Simposim Entomologi Bandung, 24 - 26 juni 1996. 13 hal.
- Van Driesche, Roy G. dan Thomas S. Bellows, Jr. 1996. *Biological Control* Chapman and Hall an International Thomson Publishing Company. New York. 522 hal.

- Wibowo, S. 1988. *Budidaya Bawang Merah*. Penebaran Swadaya. Jakarta. 201 hal.
- Wording, J.L and H.K. Kaya. 1988. *Steinernematidae and Heterorhabditidae nematodes: a handbook of biology and techniques*. southern Cooperative Series Bull. 331. Arkansas Agric. Expt. Stn. Fayetteville, A.R. 30p.

Lampiran 1.

Jadwal penelitian dari bulan Oktober 2009 sampai Januari 2010

No	Kegiatan	Bulan/minggu											
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Persiapan alat dan pengambilan isolate	■	■	■									
2	Perbanyakkan nematoda dan larva hama			■	■	■	■						
3	Inokulasi nematoda patogen serangga pada larva hama						■	■	■	■			
4	Pengamatan									■	■	■	■
5	Pengolahan data											■	■

Lampiran 2.**Denah Penelitian di Laboratorium Menurut RAL**

Keterangan:

A, B, C, D = Perlakuan

1, 2, 3, 4 = Ulangan

Lampiran 3.**Tabel Sidik Ragam dari Masing-masing Pengamatan****a. Mortalitas**

SK	Db	JK	KT	F hit	F tab 5%
Perlakuan	3	3950.00	1316.67	28.7 *	8,74
Sisa	12	550.00	45.83		
Total	15	4500.00			

KK = 14.25 %

* Berbeda nyata

b. Persentase Larva yang Menjadi Pupa

SK	Db	JK	KT	F hit	F tab 5%
Perlakuan	3	3525.00	1175.00	31.3*	8,74
Sisa	12	450.00	37.50		
Total	15	3975.00			

KK = 29,31 %

* Berbeda nyata

c. Persentase Larva yang Menjadi Imago

SK	Db	JK	KT	F hit	F tab 5%
Perlakuan	3	2418.75	806.250	18.4*	8,74
Sisa	12	525.00	43.750		
Total	15	2943.75			

KK = 29,53 %

* Berbeda nyata