



UJI PATOGENISITAS NEMATODA ENTOMOPATOGEN
ISOLAT LOKAL TERHADAP RAYAP TANAH
Coptotermes curvignathus Holmgren

**KARYA ILMIAH TERTULIS
(SKRIPSI)**



Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat Untuk
Menyelesaikan Pendidikan Program, Strata Satu
Program Studi Ilmu Hama dan Penyakit Tumbuhan
Pada Fakultas Pertanian Universitas Jember

Oleh ;

Rina Astari

NIM : 961510401065

FAKULTAS PERTANIAN UNIVERSITAS JEMBER

2001

Asal	: Pendidikan Pembelajaran	Klass	632.651
Terima	: 7 Juli 2001	AST	
No. Induk	6236235	M	

PEMBIMBING :

Dr. Sc. Agr. Ir. Didik Sulistyanto (DPU)

Dr. Ir. Suharto, MSc. (DPA)

Diterima oleh:

Fakultas Pertanian Universitas Jember

Sebagai Karya Ilmiah Tertulis (Skripsi)

Dipertahankan pada:


Hari : Sabtu

Tanggal : 16 Juni 2001

Tempat : Fakultas Pertanian
Universitas Jember

Tim Penguji

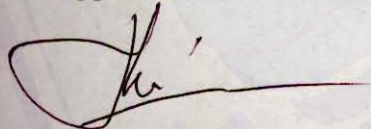
Ketua



Dr. sc. agr. Ir. Didik Sulistyanto

NIP. 131 792 232

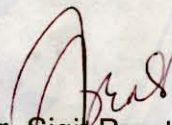
Anggota I



Dr. Ir. Suharto, MSc.

NIP. 131 415 809

Anggota II



Ir. Sigit Prastowo, MP.

NIP. 131 878 792

Mengesahkan

Dekan,



Dr. Arie Mudjiharjati, MS.

NIP. 130 609 808

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis mengucapkan terima kasih kepada Allah SWT, sehingga karya tulis Ilmiah yang berjudul "Uji Patogenisitas Nematoda Entomopatogen Isolat Lokal Terhadap Rayap Tanah *Coptotermes curvignathus* Holmgren" dapat terselesaikan.

Karya tulis ini disusun berdasarkan hasil penelitian yang dilaksanakan selama enam bulan dari bulan Agustus sampai Januari guna melengkapi persyaratan dalam menyelesaikan studi program Strata Satu (SI) pada Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Jember.

Keberhasilan ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak, maka pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. **Dekan** Fakultas Pertanian
2. **Ketua Jurusan** Hama dan Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Jember.
3. **Dr. Sc. Agr. Ir. Didik Sulistyanto** dan **Dr. Ir. Suharto, MSc.** selaku Dosen Pembimbing Utama dan Dosen Pembimbing Anggota yang telah memberikan dorongan dan koreksi hingga terselesaikannya penulisan Karya Tulis Ilmiah ini
4. **Ir. Sigit Prastowo, MP** selaku Sekretaris Ujian.
5. Bapak Theo dan Ibu Tini, Budi, Rani dan mas Pur yang telah banyak memberi dukungan moral dan materiil selama studi.

Semoga Karya Ilmiah Tertulis ini dapat bermanfaat.

Jember, Juni 2001

Penulis

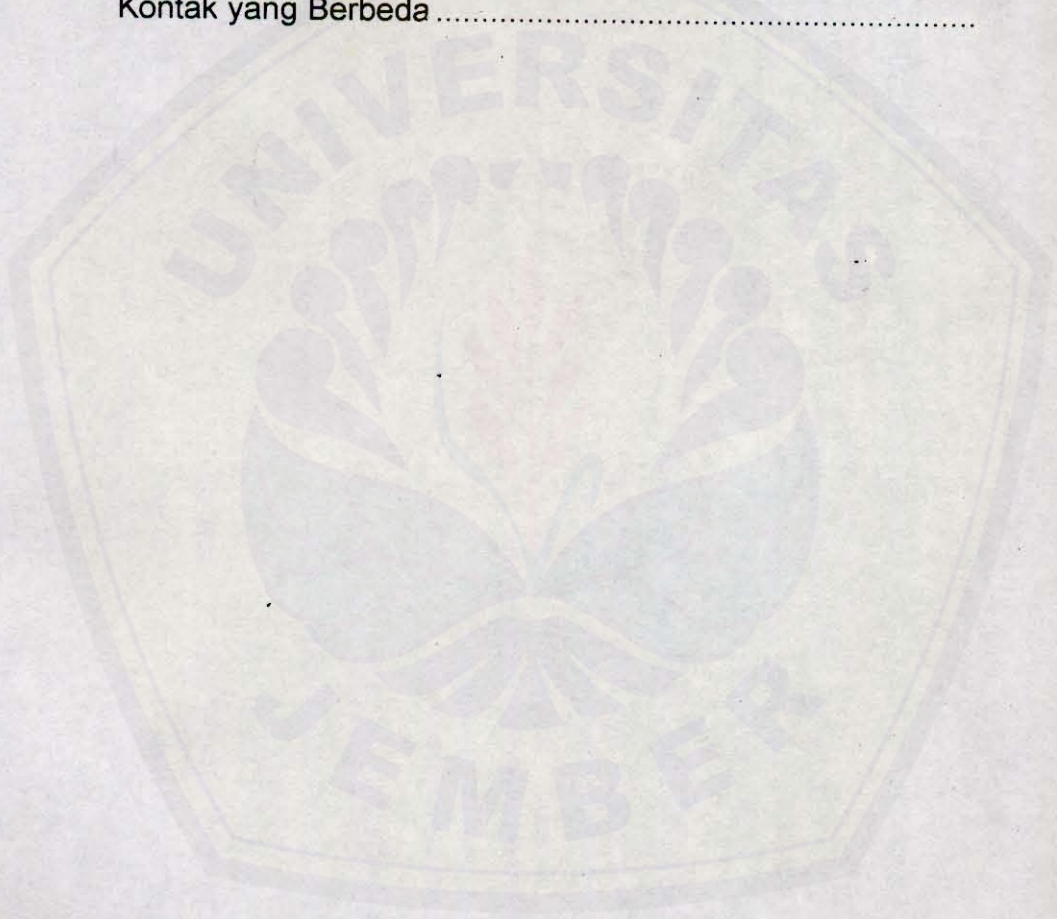
DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	viii
ABSTRAK.....	ix
RINGKASAN.....	x
I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang Permasalahan.....	1
1.2 Tujuan dan Kegunaan	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Peranan Rayap Tanah.....	4
2.2 Biologi dan Ekologi Rayap Tanah.....	7
2.3 Pengendalian Rayap Tanah	12
2.4 Potensi NEP sebagai Agens Pengendali Hayati	15
2.5 Biologi dan Ekologi NEP.....	17
2.6 Hipotesis.....	20
III. METODE PENELITIAN	
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	21
3.2 Bahan dan Alat Penelitian	21
3.3 Metode Penelitian.....	21
3.3.1 Persiapan Penelitian	21
a. Perbanyak nematoda entomopatogen secara in vivo	21
b. Penyediaan massal rayap tanah <i>C. curvignathus</i>	22
3.3.2 Uji Patogenisitas Nematoda Entomopatogen Isolat Lokal	24
a. Uji Pendahuluan.....	24
b. Uji Patogenisitas NEP terhadap Rayap Tanah <i>C. curvignathus</i> pada beberapa Level Konsentrasi yang Berbeda (Uji LC ₅₀).....	24

c. Uji Patogenisitas NEP terhadap Rayap Tanah <i>C. curvignathus</i> pada beberapa Level Waktu Kontak yang Berbeda (Uji LT ₅₀)	25
3.4 Analisis Data	26
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Patogenisitas Nematoda <i>Steinernema</i> sp. dan <i>Heterorhabditis</i> sp. terhadap Rayap Tanah <i>C. curvignathus</i> ..	27
4.2 Patogenisitas Nematoda <i>Steinernema</i> sp. dan <i>Heterorhabditis</i> sp. terhadap Rayap Tanah <i>C. curvignathus</i> pada beberapa Level Konsentrasi yang Berbeda (Uji LC ₅₀)....	28
4.3 Patogenisitas Nematoda <i>Steinernema</i> sp. dan <i>Heterorhabditis</i> sp. terhadap Rayap Tanah <i>C. curvignathus</i> pada beberapa Level Waktu Kontak yang Berbeda (Uji LT ₅₀).	31
V. KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan.....	34
5.2 Saran.....	34
DAFTAR PUSTAKA	

DAFTAR TABEL

Nomor	<u>Teks</u>	Halaman
1.	Mortalitas Rayap Tanah <i>C. curvignathus</i>	27
2.	Mortalitas <i>C. curvignathus</i> pada Beberapa Level Konsentrasi yang Berbeda	28
3.	Mortalitas <i>C. curvignathus</i> pada Beberapa Level Waktu Kontak yang Berbeda	31



DAFTAR GAMBAR

Nomor	<u>Teks</u>	Halaman
1.	Liang-liang kembara pada bangunan.....	4
2.	Siklus hidup rayap	6
3.	Bagian kepala rayap serdadu	10
4.	Rayap serdadu dan pekerja <i>C. curvignathus</i>	11
5.	Kayu yang terserang rayap <i>C. curvignathus</i>	12
6.	Siklus hidup nematoda entomopatogen.....	18
7.	Pembiakan NEP dengan metode <i>White Trap</i>	22
8.	Susunan alat untuk penyimpanan rayap.....	23
9.	Mortalitas <i>C. curvignathus</i> pada Beberapa Level Konsentrasi NEP yang Berbeda	29
10.	Grafik linier LC_{50} <i>Steinernema</i> sp. isolat Cemoro Lawang	29
11.	Grafik linier LC_{50} <i>H. indicus</i>	30
12.	Mortalitas <i>C. curvignathus</i> pada Beberapa Level Waktu Kontak NEP yang Berbeda.....	31
13.	Grafik linier LT_{50} <i>Steinernema</i> sp. isolat Cemoro Lawang.....	32
14.	Grafik linier LT_{50} <i>H. indicus</i>	32

ABSTRAK

Rina Astari. 961510401065. **Uji Patogenisitas Nematoda Entomopatogen Isolat Lokal Terhadap Rayap Tanah *Coptotermes curvignathus* Holmgren** (Dr. Sc. Agr. Ir. Didik Sulistyanto sebagai Dosen Pembimbing Utama dan Dr. Ir. Suharto, MSc. sebagai Dosen Pembimbing Anggota).

Peningkatan kerugian secara ekonomis yang disebabkan oleh aktivitas rayap tanah terhadap tanaman pertanian maupun bangunan gedung mendorong manusia untuk melakukan tindakan pengendalian. Teknik pengendalian yang dilakukan selama ini masih bertumpu pada penggunaan pestisida anti rayap sedangkan teknik pengendalian lain yang ditempuh adalah dengan menggunakan penghalang fisik dan pemanfaatan agens pengendali hayati. Salah satu agens pengendali hayati yang digunakan adalah nematoda entomopatogen (NEP). Penelitian ini bertujuan untuk menguji patogenisitas dan efektivitas NEP isolat lokal dengan menentukan nilai LC_{50} dan LT_{50} . Rayap tanah *Coptotermes curvignathus* yang diuji berasal dari Institut Pertanian Bogor dan diadaptasikan dengan kondisi laboratorium Perlindungan Tanaman di Program Studi Hama dan Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Jember selama satu bulan. NEP yang diuji adalah *Steinernema* sp. (isolat Cemoro Lawang dan Pujon) dan *Heterorhabditis indicus* (isolat Ngadas). Konsentrasi NEP yang diaplikasikan untuk uji LC_{50} adalah 0, 50, 150, 250, 350, 450, dan 550 IJ/ml dan kisaran waktu yang digunakan untuk uji LT_{50} , 30, 60, 90, 120, dan 150 menit dengan konsentrasi aplikasi 500 IJ/ml.

Pengamatan dilakukan pada mortalitas rayap *C. curvignathus* setelah 120 jam diinkubasikan di ruang gelap dan lembab. Nilai mortalitas rayap dikoreksi dengan persamaan Abbot. Peningkatan konsentrasi menyebabkan peningkatan mortalitas rayap. Nilai LC_{50} *Steinernema* sp. isolat Cemoro Lawang adalah 159 IJ/ml dan 228 IJ/ml untuk *H. indicus*. Nilai LT_{50} *Steinernema* sp. isolat Cemoro Lawang adalah 134 dan 85 menit untuk *H. indicus*.

Kata Kunci: *Coptotermes curvignathus*, *Steinernema* sp., *Heterorhabditis indicus*, pengendalian hayati.

RINGKASAN

Rina Astari. 961510401065. **Uji Patogenisitas Nematoda Entomopatogen Isolat Lokal Terhadap Rayap Tanah *Coptotermes curvignathus* Holmgren** (Dr. Sc. Agr. Ir. Didik Sulistyanto sebagai Dosen Pembimbing Utama dan Dr. Ir. Suharto, MSc. sebagai Dosen Pembimbing Anggota).

Rayap merupakan serangga sosial yang berperan sebagai perombak bahan mati pada rantai makanan. Perubahan pada hutan-hutan alami menjadi hutan industri, perkebunan dan perumahan mengubah peran rayap menjadi hama. Aktivitas makan rayap menimbulkan kerugian bagi manusia terutama kerusakan yang ditimbulkan pada bangunan. Kehadiran rayap di perumahan dan bangunan memperpendek umur pakai bangunan. Untuk mengurangi nilai kerugian tersebut manusia melakukan tindakan pengendalian. Tindakan pengendalian yang dilakukan bertumpu pada penggunaan pestisida anti rayap yang diaplikasikan melalui perlakuan tanah, pengawetan kayu, fumigasi, dan pengumpanan. Biaya untuk pengendalian menggunakan pestisida anti rayap sangat mahal dan dapat membahayakan lingkungan dan manusia. Teknik pengendalian non kimiawi yang diusahakan adalah penggunaan penghalang fisik untuk menghalangi penetrasi rayap ke dalam bangunan dan pemanfaatan agens pengendali hayati antara lain jamur, virus dan nematoda entomopatogen (NEP). Penelitian ini bertujuan untuk menguji patogenisitas dan efektivitas NEP isolat lokal untuk mengendalikan rayap *Coptotermes curvignathus* dengan menentukan nilai LC_{50} dan LT_{50} . NEP yang diuji adalah NEP yang diisolasi dari Jawa Timur yaitu *Steinernema* sp. (isolat Cemoro Lawang dan Pujon) dan *Heterorhabditis indicus* yang diisolasi dari Ngadas, sebagai pembanding *H. bacteriophora* yang telah dikemas dalam bentuk tepung siap aplikasi. Rayap tanah yang digunakan adalah *C. curvignathus* yang dikembangkan di laboratorium Ilmu Hayat Pusat Antar Universitas IPB.

Penelitian dilaksanakan di laboratorium Perlindungan Tanaman Fakultas Pertanian Universitas Jember mulai Agustus 2000 sampai Januari 2001. Penelitian dilaksanakan dalam dua tahap. Tahap pertama perbanyakan NEP isolat lokal dan pengkondisian rayap *C. curvignathus* terhadap kondisi laboratorium di Jember. Tahapan selanjutnya adalah uji patogenisitas NEP. Uji pendahuluan berupa *screening* dilakukan untuk mengetahui spesies NEP isolat lokal yang paling efektif untuk mengendalikan *C. curvignathus*. Hasil uji menunjukkan bahwa *Steinernema* sp. isolat Cemoro Lawang dan *H. indicus* yang menyebabkan mortalitas tinggi pada rayap uji. Kedua NEP isolat tersebut diuji lanjutan untuk mengetahui nilai LC_{50} dan LT_{50} . Konsentrasi NEP yang diaplikasikan untuk uji LC_{50} adalah 0, 50, 150, 250, 350, 450, dan 550 IJ/ml dan kisaran waktu yang digunakan untuk uji LT_{50} , 30, 60, 90, 120, dan 150 menit dengan konsentrasi aplikasi 500 IJ/ml.

Pengamatan dilakukan pada mortalitas rayap *C. curvignathus* setelah 120 jam diinkubasikan di ruang gelap dan lembab. Nilai mortalitas rayap dikoreksi dengan persamaan Abbot. Peningkatan konsentrasi menyebabkan peningkatan mortalitas rayap. Nilai LC_{50} *Steinernema* sp. isolat Cemoro Lawang adalah 159 IJ/ml dan 228 IJ/ml untuk *H. indicus*. Nilai LT_{50} *Steinernema* sp. isolat Cemoro Lawang adalah 134 dan 85 menit untuk *H. indicus*. NEP isolat lokal dapat dimanfaatkan untuk mengendalikan rayap *C. curvignathus*.

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Permasalahan

Rayap merupakan serangga sosial dan merupakan salah satu kelompok perusak bahan-bahan selulosa termasuk kayu yang terpenting. Serangga sosial ini ditemukan pada lingkungan tanah pada daerah yang luas dan tersebar pada berbagai daerah yang hangat di dunia. Rayap tersebut menimbulkan kerugian pada kayu dan tanaman budidaya, namun yang paling penting adalah kerusakan yang ditimbulkan pada balok kayu yang digunakan untuk konstruksi di dalam maupun di luar gedung atau bangunan (Eaton dan Hale, 1993). Nasution (1996, dalam Bakti dan Rosmayati 1997) melaporkan bahwa selama 15 tahun terakhir rayap merupakan faktor perusak kayu dan bangunan yang paling mengganggu dan berperan sebagai hama pada perkebunan kelapa sawit yang dikembangkan di lahan gambut di Sumatera Utara dan Riau.

Pada umumnya rayap perusak kayu dan bangunan yang ditemukan tergolong rayap tanah (*subterranean termites*) dan hanya beberapa jenis saja yang tergolong rayap kayu kering (*drywood termites*) (Nandika dkk. 1999). Rayap tanah yang menimbulkan kerusakan yang parah pada kayu dan bangunan di Indonesia dan di beberapa negara di dunia adalah rayap tanah dari genus *Coptotermes* (famili Rhinotermitidae). Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di Thailand, Taiwan dan Australia kerusakan bangunan dengan kerugian ekonomis yang diakibatkan serangan rayap tanah genus *Coptotermes* ini cukup besar. Su (1994) melaporkan di Thailand nilai kerugian tersebut mencapai 2,2 juta dollar setiap tahun, sementara di Amerika Serikat hampir 80 persen dari biaya pengendalian rayap ditujukan untuk mengendalikan jenis rayap tanah tersebut.

Serangan rayap tanah terhadap bangunan dan perumahan di berbagai kota di Indonesia pada tahun 1995 menimbulkan kerugian hingga 1,67 triliun rupiah (Rahmawati, 1995 *dalam* Nandika dkk., 1999). Rayap di daerah tropika lebih dikenal sebagai serangga yang menyerang bangunan, namun karena nutrisinya adalah selulosa maka rayap juga dapat menyerang dan menyebabkan kerusakan pada tanaman pertanian, perkebunan dan kehutanan. Perkembangan sektor perkebunan di lahan gambut dan bekas hutan primer yang secara langsung menyebabkan habitat alami rayap terganggu sehingga akan meningkatkan ancaman serangan rayap di masa datang karena 75 – 85 persen dari luas daratan di Indonesia merupakan habitat yang menguntungkan bagi kehidupan rayap (Nandika dkk., 1999).

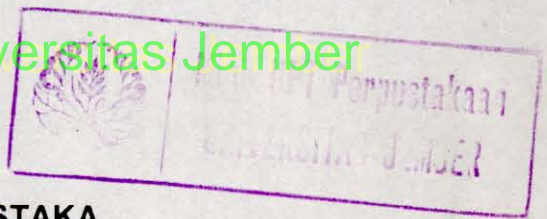
Pada prinsipnya makanan utama rayap adalah selulosa (Noirot, 1970), sehingga kayu dan jaringan tanaman lain serta bahan-bahan yang terbuat dari selulosa seperti kayu, kertas, kain, dan lainnya merupakan sumber makanan rayap. Sasaran dan daya jangkau rayap terhadap bahan-bahan tersebut dapat mencapai jarak puluhan meter dari sarangnya. Rumah-rumah penduduk, bangunan sederhana hingga gedung bertingkat juga tak luput dari serangan rayap. Secara ekonomis rayap sangat berperan dalam kehidupan manusia, salah satunya adalah peranannya dalam memperpendek umur pakai bangunan (Tarumingkeng, 1992).

Teknik pengendalian yang dilakukan terhadap rayap sampai saat ini masih bertumpu pada penggunaan insektisida yang diaplikasikan baik melalui tanah (*soil treatment*) maupun dengan cara impregnasi insektisida ke dalam kayu melalui pengawetan kayu. Cara tersebut akan membentuk suatu rintangan kimiawi (*chemical barrier*) di sekeliling bangunan yang mampu menghalangi penetrasi rayap ke dalam bangunan gedung, namun demikian sejalan dengan peningkatan pengetahuan mengenai biologi rayap perusak kayu dan perkembangan bidang ilmu lainnya, teknologi baru yang lebih aman dan ramah lingkungan terus dikembangkan. Beberapa lembaga penelitian di

dunia telah mengembangkan produk anti rayap non kimiawi sebagai bahan penghalang fisik (*physical barrier*) yang dapat mencegah penetrasi rayap tanah pada bangunan gedung serta teknologi pengumpanan (*baiting*) yang berkemampuan mengeliminasi koloni rayap dan diyakini lebih ramah lingkungan. Teknik pengendalian non kimiawi lainnya adalah dengan pemanfaatan musuh alami rayap dalam teknik pengendalian hayati yang dimaksudkan untuk mengendalikan populasi rayap. Pengendalian hayati menjadi bagian dalam pengendalian rayap secara terpadu yang memiliki dasar ekologis, biologi, dan tingkah laku serangga ini dan menyandarkan pada faktor-faktor mortalitas alam sehingga pengendalian hayati memiliki dampak negatif yang sangat minimal terhadap lingkungan (Nandika dkk. 1999). Salah satu agens pengendali hayati yang digunakan adalah nematoda entomopatogen (NEP). *Steinernema feltiae* telah diujikan dan telah dipasarkan secara luas untuk mengendalikan rayap di Amerika Serikat (Eaton dan Hale, 1993). Menurut Bakti dan Rosmayati (1997) dari penelitian di Pusat Penelitian Kelapa Sawit Medan diperoleh informasi bahwa aplikasi nematoda entomopatogen *S. carpocapsae* terhadap rayap tanah *Coptotermes curvignathus* setelah empat minggu menunjukkan kematian 74,60 persen.

1.2 Tujuan dan Kegunaan

Penelitian ini bertujuan untuk menguji patogenesis NEP isolat lokal terhadap rayap tanah *C. curvignathus* dan mengetahui efektivitas NEP isolat lokal untuk mengendalikan rayap tanah *C. curvignathus* dengan menentukan nilai LC_{50} dan LT_{50} . Penelitian ini bermanfaat untuk memberi masukan alternatif pengendalian hayati terhadap rayap tanah *C. curvignathus* yang murah dan aman bagi lingkungan.



II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Peranan Rayap Tanah

Makanan utama rayap adalah kayu atau bahan yang mengandung selulosa dan dalam rantai makanan rayap berkedudukan sebagai perombak bahan mati (Noirot, 1970; Tarumingkeng, 1992). Perubahan yang terjadi pada habitat alami rayap menyebabkan rayap menimbulkan kerugian bagi manusia. Rayap makan tanaman perkebunan atau kayu bangunan. Serangan rayap pada bangunan dapat melalui hubungan langsung antara tanah dan kayu, melalui retakan-retakan, rongga-rongga dalam tembok atau dengan membentuk liang-liang kembara di atas permukaan kayu, beton, pipa, dan sebagainya (Kalshoven, 1981; Nandika dkk., 1999; Pearce, 1997).

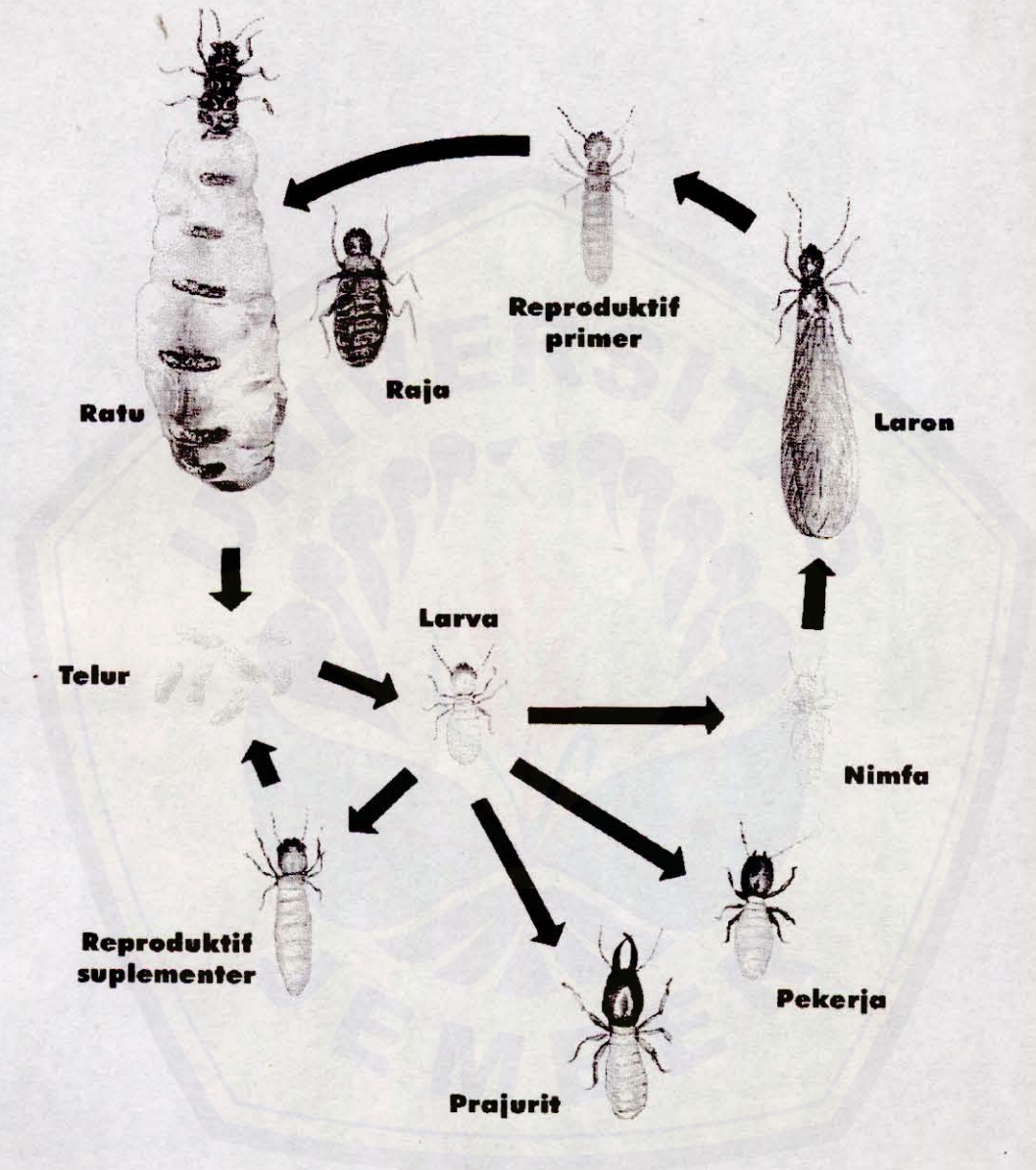
Tanda yang dapat diamati apabila kayu bangunan atau tanaman telah terserang rayap tanah adalah adanya liang-liang kembara dan kumpulan tanah di dalam maupun di luar bangunan (Gambar 1).



Gambar 1. Liang-liang kembara pada bangunan.

Bagian tanaman dan kayu yang terserang rayap akan keropos karena dimakan rayap, bagian dalam kayu terdapat lorong-lorong dan tanah (Nandika dkk., 1999; Pearce, 1997).

Rayap tanah hidup dalam koloni-koloni di dalam tanah. Koloni terdiri dari tiga jenis kasta dimana tiap kasta mempunyai tugas masing-masing. Tiap-tiap kasta memiliki bentuk yang berbeda sesuai dengan fungsinya masing-masing, yaitu betina (ratu) yang tugasnya bertelur dan jantan (raja) yang tugasnya membuahi betina. Kasta ini bertugas untuk mengembangkan koloninya. Kasta serdadu ditandai dengan bentuk kepala yang besar dan mengalami penebalan kulit yang nyata, anggota-anggota kasta ini memiliki rahang (mandibel dan rostum) yang besar dan kuat. Peran kasta serdadu adalah untuk melindungi koloni terhadap gangguan dari luar khususnya semut dan vertebrata predator. Kasta pekerja merupakan anggota koloni yang terbesar dengan 80 persen dari jumlah koloni dan memiliki peran yang sangat penting dalam koloni rayap. Kasta pekerja umumnya berwarna pucat dengan kutikula hanya sedikit mengalami penebalan sehingga tampak menyerupai nimfa dengan kepala hipognat tanpa mata majemuk dan mandibelnya relatif kecil bila dibandingkan dengan kasta serdadu (Gambar 2). Kasta pekerja berfungsi mencari makanan, merawat telur serta membuat dan memelihara sarang serta membunuh dan memakan rayap-rayap yang tidak produktif (Bakti dan Rosmayati, 1997; Nandika dkk., 1996; Pearce, 1997).



Gambar 2. Siklus hidup rayap.
(Sumber: Pearce, 1997)

2.2 Biologi dan Ekologi Rayap Tanah

Rayap tanah membuat sarangnya di dalam tanah dan mempertahankan kontak langsung dengan air. Kasta serdadu dan pekerja keluar dari sarang untuk mencari makan. Kemampuan jelajah rayap untuk menemukan sumber makanan bervariasi antara 20–100 m dari sarang (Pearce, 1997). Sifat hidup rayap selalu bersembunyi (*cryptobiotic*) mendorong mereka untuk membuat terowongan-terowongan dari tanah yang menghubungkan sarang dengan sumber makanan. Terowongan atau liang kembara tersebut melindungi rayap dari predator, sinar matahari langsung, memberi kelembapan dan suhu yang tidak jauh berbeda dengan sarang mereka (Pearce, 1997).

Kandungan selulosa dalam kayu dan bagian tumbuhan akan menahan rayap pekerja untuk berhenti dan makan. Kandungan glukosa dan asam amino prolin dan lisin berperan sebagai stimulan makan sehingga rayap akan memakan lebih lama dan mengambil lebih banyak makanan. Protozoa flagellata simbiosis rayap akan menghasilkan enzim selulase untuk mencerna makanan rayap yang banyak mengandung selulosa. Hasil makanan rayap pekerja ini akan didistribusikan ke seluruh koloni dengan cara *trophallaxis*. Pertukaran sekresi atau cairan makanan antar individu dilakukan dengan menerima sekresi dari mulut rayap pekerja atau dari anus rayap lain (Pearce, 1997).

Rayap serdadu berfungsi untuk mempertahankan koloni dari gangguan predator dan pengganggu lain. Cara bertahan rayap serdadu dilakukan secara mekanik dan kimiawi. Cara mekanik dilakukan dengan memanfaatkan mandibel dan bentuk kepala. Cara kimiawi dilakukan dengan mengeluarkan eksudat yang beracun bagi pengganggu (Lyon, 2000; Pearce, 1997).

Alate (imago rayap yang bersayap) terbang keluar dari sarang pada malam hari terutama setelah hujan karena pada saat itu kelembapan sangat tinggi. Alate memiliki sifat tertarik pada cahaya (Pearce, 1987). Su dan Scaffrahn (1987) melaporkan bahwa satu koloni rayap *Coptotermes* mampu menghasilkan lebih dari 60.000 alate. Hal ini akan menimbulkan masalah hama apabila alate tersebut berpasangan dan mendirikan sarang untuk membentuk koloni baru.

Karakteristik habitat abiotik yang disukai oleh rayap tanah diantaranya adalah kisaran suhu optimum yang baik bagi kehidupan rayap yaitu berkisar $21,11^{\circ}\text{C} - 26,60^{\circ}\text{C}$ dan kelembapan optimal berkisar antara 95 hingga 98 persen. Aktivitas dan kelimpahan individu dari satu koloni rayap tanah dipengaruhi pula oleh karakteristik fisik dan kimia tanah. Tanah yang memiliki kandungan liat dan lempung tinggi, kandungan pasir rendah dan karbon di permukaan tanah yang rendah memiliki kelimpahan populasi rayap yang rendah (Lee dan Wood, 1971 dalam Nandika dan Rismayadi, 1999).

Predator rayap yang utama adalah semut (Nandika dkk., 1999; Lyon, 2000; Pearce, 1997; Kamble, 2000). Semut dapat menyerang koloni rayap yang terdapat di bawah tanah dan rayap-rayap yang sedang menjelajah untuk mencari makan. Predator alate yang sedang terbang adalah burung, kelelawar, katak, kadal, laba-laba dan manusia. Manusia menangkap alate untuk dimakan atau dimanfaatkan sebagai pakan ikan, ayam dan babi.

Parasit rayap dapat dijumpai pada kepala dan bagian kutikula rayap. Parasit yang berada di kepala rayap serdadu menyebabkan terjadinya perubahan ukuran dan bentuk kepala. Jamur ektoparasit obligat yang umum dijumpai pada rayap adalah *Termitaria*, *Antennopsis*, *Laboulbeniopsis*. *Antennopsis gayi* ditemukan pada kepala rayap *Coptotermes* di Taman Nasional Domoga Bone Sulawesi (Pearce, 1997). Parasitoid rayap meliputi *scuttle flies* yang bertelur di abdomen rayap dan lalat Sarcophagid yang

memparasit rayap *Hodotermes* di Namibia, Afrika Selatan dan Tanzania (Pearce, 1997).

Menurut Thapa (1981), klasifikasi serangga rayap tanah *C. curvignathus* adalah sebagai berikut:

Ordo: Isoptera

Famili: Rhinotermitidae

Subfamili: Coptotermitinae

Genus : *Coptotermes*

Spesies: *Coptotermes curvignathus*

Menurut Tho (1992), rayap tanah *C. curvignathus* merupakan spesies terbesar dalam genusnya. Secara umum sangat sulit untuk membedakan masing-masing spesies dalam genus *Coptotermes* karena kemiripan morfologinya. Selama ini diketahui bahwa perbedaan morfologi *C. curvignathus* dengan spesies lainnya dalam genusnya berdasarkan pada variasi bentuk kepala kasta serdadu. Deskriptif rayap *C. curvignathus* menurut Thapa (1981) adalah sebagai berikut:

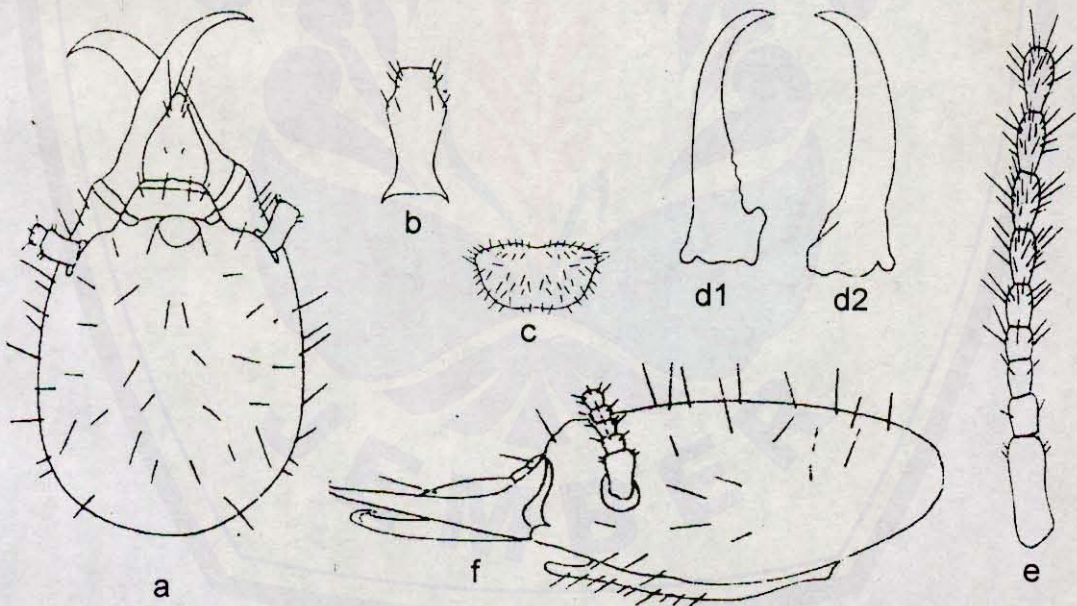
Alate (imago):

Kepala berwarna coklat, labrum berwarna coklat kekuning-kuningan, pronotum kuning kecoklatan (dengan ciri bentuk Y), abdomen coklat pucat, fontanel jelas, antena dengan 20–21 segmen, sayap hialin (transparan) tertutup rambut-rambut kecil. Panjang dengan sayap 15–16 mm, tanpa sayap 7,5–8 mm, lebar kepala 1,71–1,75 mm, lebar pronotum 1,53–1,63 mm, panjang pronotum 0,91–0,95 mm.

Serdadu:

Kepala berwarna kuning, *anticlypeus* putih kekuning-kuningan, antena, labrum dan pronotum berwarna kuning pucat, mandibel coklat kemerah-merahan (pada bagian dasar berwarna coklat kekuningan), kepala berambut sedikit, pronotum sedang dikelilingi oleh rambut-rambut pendek (Gambar 3 c), bagian abdomen rata tertutup rambut. Kepala berbentuk lingkaran

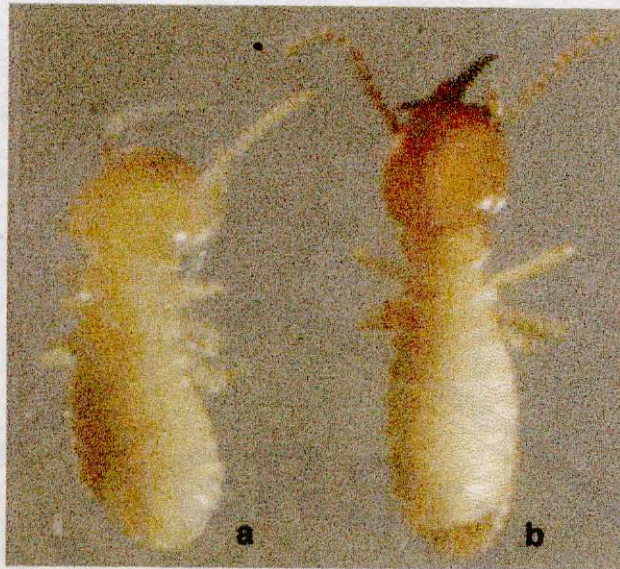
(Gambar 3 a), sedikit panjang daripada lebarnya (beda $\pm 0,17-0,26$ mm), lubang fontanel membuka lebar dengan diameter $0,21-0,25$, *anticypeus* sempit berbentuk segi empat (*trapezoid*), torak mempunyai rambut-rambut, antena 15-16 segmen (Gambar 3 e), mandibel berbentuk seperti pedang dan melengkung di ujungnya, pada dasar batas mandibel kiri sebelah dalam terdapat 3 *crenulation* (Gambar 3 d1) sedangkan mandibel kanan tanpa *crenulation* (Gambar 3 d2). Panjang badan 5,5-6 mm, panjang kepala dengan mandibel 2,46-2,66 mm, panjang kepala tanpa mandibel 1,45-1,66 mm, lebar kepala 0,72-0,83 mm, tinggi kepala 0,85-0,95 mm, lebar pronotum 0,87-0,98 mm, panjang pronotum 0,47-0,55 mm, panjang mandibel 0,90-1,10 mm (Gambar 4 b).



Gambar 3. Bagian kepala rayap serdadu.

(Sumber. Thapa, 1981)

Keterangan: a. kepala bagian dorsal; b. postmentum; c. pronotum;
d1. mandibel kiri; d2. mandibel kanan; e. antena;
f. kepala bagian samping



Gambar 4. *C. curvignathus*, a. rayap pekerja; b. rayap serdadu

Kalshoven (1981) menyatakan bahwa rayap *Coptotermes* dapat menyerang kayu sasaran sejauh 90 m dari sarangnya yang berada 30–60 cm bahkan lebih di bawah permukaan tanah. Rayap menggunakan liang-liang kembara selebar 6 mm untuk menghubungkan sarang dengan sumber makanan. Apabila liang-liang tersebut dirusak oleh predator maupun manusia maka rayap serdadu akan mengeluarkan eksudat berwarna putih yang lengket selain “menggigit” menggunakan mandibelnya. Rayap *Coptotermes* tersebar di seluruh dunia mulai dari dataran rendah sampai ketinggian 1350 m dpl (Tho, 1992; Pearce, 1997). *C. curvignathus* hidup di hutan Sumatera dan Malaysia terutama pada dataran rendah yang bercurah hujan tinggi dan menyerang kopi (Malaysia), kelapa sawit, kelapa, pohon buah-buahan dan ketela pohon yang diusahakan di bekas tanah hutan (Kalshoven, 1981), sedangkan *C. curvignathus* dilaporkan menyerang bangunan di beberapa kota besar di Jawa, Padang dan Batam (Nandika dkk., 1999). Kayu yang terserang rayap *C. curvignathus* memiliki lorong-lorong yang teratur dan sedikit terdapat tanah seperti yang ditunjukkan Gambar 5. Rayap *C. curvignathus* lebih suka menggunakan carton daripada tanah (Pearce, 1997).



Gambar 5. Kayu yang terserang rayap *C. curvignathus*

2.3 Pengendalian Rayap Tanah

Pengendalian rayap pada umumnya lebih mengandalkan pada penggunaan insektisida (Su dan Scheffrahn, 1986; Su *et al.*, 1987). Penggunaan insektisida untuk mengendalikan rayap diaplikasikan melalui perlakuan tanah (*soil treatment*), pengawetan kayu, fumigasi dan pengumpanan (*baiting*). Beberapa pestisida kimiawi yang diaplikasikan pada tanah untuk mengendalikan rayap tanah antara lain: bifenthrin (Biflex), cypermethrin (Demon TC), permethrin (Dagnet FT, Prelude), chlorpyrifos (Dursban TC, Equity, Tenure), fenvalerate (Tribute). Insektisida untuk pengawetan kayu meliputi pentachlorophenol, boraks, oksida logam (merkuri), senyawa arsenik dan tembaga sulfat. Gas-gas beracun yang digunakan untuk fumigasi sarang rayap dan perlakuan terhadap kayu bangunan antara lain: metil bromida, phospin dan sulfur fluorid (Lyon, 2000; Pearce, 1997). Insektisida lain yang sering digunakan di Indonesia adalah dari golongan hexaflumuron yang diaplikasikan sebagai umpan dan

perlakuan tanah (Husni dkk., 1999; Pearce, 1997; Nandika dkk., 1999). Pada konsentrasi yang tepat pestisida kimiawi akan dapat berperan aktif mengendalikan rayap, meskipun demikian pestisida akan bertahan dalam tanah dalam jangka waktu yang lama (Tamashiro *et al.*, 1987). Bahan-bahan kimia tersebut sangat beracun bagi manusia, menimbulkan bau yang tidak nyaman dan menyebabkan perubahan warna pada kayu. Unsur brom yang terdapat dalam metil bromida dapat merusak lapisan ozon (Pearce, 1997). Profesionalisme, license dan operator bersertifikasi sangat dibutuhkan untuk mengendalikan rayap tanah dengan baik dan benar sehingga hasilnya tidak merusak lingkungan (Firmanti, 1999; Ismail, 1999; Lyon, 2000).

Teknologi baru pengendalian rayap dengan menggunakan bahan anti rayap non-kimiawi sebagai penghalang fisik (*physical barriers*) telah dikembangkan di Australia, Amerika Serikat, dan Jepang (Nandika dkk., 1999; Pearce, 1997). Penghalang fisik ini bertujuan untuk mencegah masuknya rayap ke dalam bangunan. Pasir, basal, granit, pecahan kaca, koral, lempeng baja dengan ukuran tertentu dapat digunakan sebagai penghalang fisik (Nandika dkk., 1999; Pearce, 1997). Su dan Scheffrahn (1992) melaporkan bahwa pasir berukuran 2,00–2,80 mm efektif untuk mencegah penetrasi rayap *Reticulitermes* dan *Coptotermes* pada bangunan. *C. curvignathus* tidak dapat menembus pasir dengan ukuran 7–9 mesh dan 9–16 mesh (1,00–2,00 dan 2,00–2,83 mm), baik ke arah atas maupun ke arah bawah. Partikel pasir yang lebih kecil dan lebih besar dari ukuran tersebut mudah ditembusnya (Soekartana, 1990).

Teknologi lain yang dapat digunakan adalah metode pengumpanan (*baiting*). Metode pengumpanan menggunakan insektisida yang dikemas dalam bentuk yang disenangi rayap sehingga menarik untuk dimakan. Keuntungan metode ini adalah tanah tidak terkontaminasi dengan bahan kimia, efektivitasnya tergantung pada perilaku jelajah, jenis umpan (bentuk ukuran, kandungan, dan lain-lain), bau, letak umpan. Umpan harus lebih

menarik daripada sumber makanan disekitarnya. Prinsip teknologi ini adalah memanfaatkan sifat *trophallaxis* rayap sehingga racun yang dimakan oleh rayap akan disebarkan ke koloninya. Racun yang digunakan bekerja secara lambat sehingga rayap pemakan racun masih sempat kembali ke sarang dan menyebarkan racun ke koloni lainnya. Bahan kimia yang digunakan untuk umpan antara lain hexaflumuron dan diflubenzuron untuk rayap *Coptotermes* dan *Reticulitermes*, Mirex untuk *Mastotermes* dan Sulfuramid (Pearce, 1997; Su, 1994).

Penggunaan agens hayati dari golongan bakteri, virus, nematoda, dan jamur entomopatogen merupakan alternatif lain pengendali rayap tanah (Lyon, 2000). Nematoda yang digunakan sebagai pengendali hayati rayap selama ini dari genus *Steinernema* (Pearce, 1997). Nematoda entomopatogen (NEP) tersebut efektif untuk mengendalikan rayap yang sarangnya terdapat di permukaan tanah maupun di atas pohon (Logan *et al.*, 1990). NEP dari genus *Steinernema* telah dikembangkan untuk mengendalikan semua kasta *Coptotermes formosanus* di China (Pearce, 1997). Agens pengendali hayati lain adalah jamur patogen serangga yaitu *Metarhizium anisopliae* dan *Beauveria bassiana*. Jamur patogen serangga tersebut diaplikasikan dengan cara meniupkan spora jamur ke dalam sarang rayap dan digunakan sebagai umpan dalam bentuk tepung. *Antennopsis gayi* yang ditemukan pada koloni *Coptotermes* di Sulawesi dapat dikembangkan sebagai agens pengendali hayati baru untuk menekan populasi rayap tanah tersebut (Pearce, 1997). Virus patogen serangga yang dikembangkan adalah NPV (*Nuclear Polyhedrosis Virus*) yang diisolasi dari *Spodoptera littoralis* dapat menginfeksi rayap. *Bacillus thuringiensis* yang bersifat toksin bagi serangga dan telah dikemas secara ekonomis dan mudah pengaplikasiannya direkomendasikan untuk mengendalikan rayap dengan cara disemprotkan atau sebagai umpan (Pearce, 1997). Penggunaan agens hayati tersebut sebagai pengendali rayap merupakan suatu terobosan baru yang sampai

saat ini belum dipraktekkan di Indonesia (Nandika dkk., 1999). Kebanyakan pengendalian rayap di Indonesia dilakukan dengan menggunakan pestisida kimiawi yang harus didatangkan dari luar negeri (Srijono, 1992).

2.4 Potensi NEP sebagai Agens Pengendali Hayati

NEP genus *Steinernema* dan *Heterorhabditis* dengan bakteri simbiannya dari genus *Xenorhabdus* spp. dan *Photorhabdus* spp. telah menjadi salah satu agens pengendali hayati serangga hama (Georgis, 1992). Kedua NEP tersebut dikembangkan karena kemampuannya untuk mencari inang sasaran dan membunuhnya dengan cepat, kisaran inang yang luas dengan teknik aplikasi yang mudah dan aman bagi lingkungan (Redmond dan Georgis, 1995). NEP tersebut dapat mengendalikan serangga hama pada habitat tanah, air, di atas daun maupun serangga yang tersembunyi (Georgis, 1992). Aplikasi NEP pada tanah dan hama yang tersembunyi memberikan keunggulan daripada pengendalian hama pada lingkungan lainnya (Redmond dan Georgis, 1995).

Stadium infeksi nematoda mencari inang dan mengawali infeksi, nematoda memparasit serangga inang dengan dua cara yaitu melalui penetrasi langsung melalui kutikula ke dalam haemocoel serangga inang dan melalui lubang alami seperti mulut, anus, dan lubang alami lainnya (Ishibashi dan Kondo, 1990). Nematoda dalam haemocoel serangga inang melepaskan bakteri simbiannya yang akan melepaskan toksin untuk membunuh serangga. Bakteri ini terdapat dalam saluran pencernaan juvenil infeksi secara *monoxenic* (Poinar, 1979). Kondisi dalam haemocoel serangga menjadi lingkungan yang baik untuk perkembangan nematoda. Multiplikasi bakteri simbiannya nematoda dan jaringan inang menjadi sumber makanan bagi nematoda dan melalui tahapan beberapa generasi dalam haemocoel inang. Stadium infeksi yang membawa bakteri simbiannya dalam saluran pencernaannya keluar dari kadaver inang dan mencari inang baru. Hubungan

antara nematoda dan bakteri simbion merupakan simbiose mutualistik karena bakteri tidak dapat masuk ke dalam tubuh serangga tanpa nematoda dan nematoda tidak dapat bereproduksi tanpa bakteri. Nematoda dan bakteri tidak dapat bertahan di alam tanpa satu sama lain (Redmond dan Georgis, 1995).

Kaya dan Gaugler (1993) menyatakan bahwa nematoda entomopatogen melepaskan bakteri ke dalam tubuh serangga inang dan memperoleh beberapa keuntungan yaitu : (1) dapat membunuh inang secara cepat, (2) membuat suatu lingkungan yang sangat cocok bagi perkembangan nematoda dan memproduksi antibiotik yang dapat menghambat mikroorganisme sekunder, dan (3) menyediakan sumber nutrisi yang siap pakai, sedangkan bagi bakteri memerlukan nematoda untuk melindungi dari lingkungan eksternal yang merugikan dan melindungi bakteri dari kemungkinan adanya protein antibakteri yang dikeluarkan oleh serangga inang.

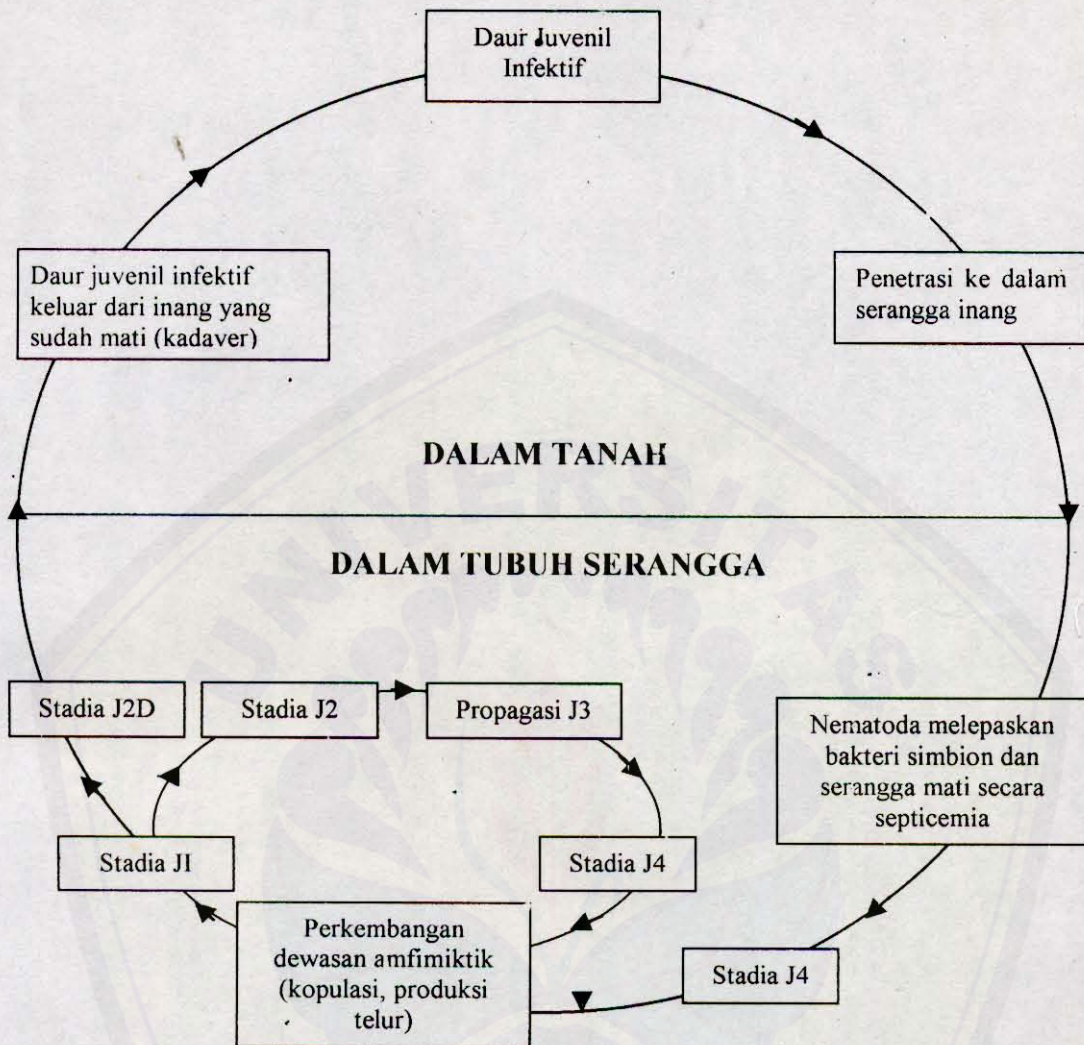
Faktor lingkungan yang mempengaruhi penetrasi nematoda ke dalam tubuh serangga inang adalah suhu dan kelembapan selain itu enzim, pH, suhu dalam tubuh serangga juga mempengaruhi proses evasi nematoda (Downes dan Griffin, 1996; Simoes dan Rosa, 1996; Sulistyanto, 1998). Suhu lingkungan yang kurang menguntungkan akan menggagalkan proses penetrasi nematoda ke dalam tubuh serangga, dan akan menyebabkan nematoda mengalami kematian (Griffin, 1996). pH dalam tubuh serangga yang tidak mendukung perkembangbiakan bakteri simbion nematoda akan menghambat perkembangbiakan bakteri simbion dalam tubuh serangga inang (Schiroki dan Hague, 1994). Perkembangbiakan bakteri simbion yang lambat juga akan memperlambat kematian serangga inang (Strauch dan Ehlers, 1998).

Faktor biotik dan abiotik sangat mempengaruhi efikasi dan persistensi nematoda patogen serangga untuk mengendalikan serangga hama yang

hidup di lingkungan tanah, habitat tersembunyi dan daun. Kemampuan nematoda patogen serangga untuk menyebar, mempertahankan diri, menemukan inang dan bereproduksi di dalam tanah sangat dipengaruhi oleh tipe tanah, kelembapan, suhu tanah, dan akar tanaman (Kaya dan Gaugler, 1993).

2.5 Biologi dan Ekologi NEP

Nematoda *Steinernema* spp. dan *Heterorhabditis* spp. memiliki siklus hidup yang sederhana dan mempunyai stadia utama dari perkembangannya yaitu telur, juvenil, dan dewasa (Gambar 6). Pada umumnya mengalami empat kali pergantian kulit sebelum mencapai dewasa dan pergantian kulit dapat saja terjadi di dalam telur, di lingkungan, dan di dalam tubuh serangga inangnya (Tanada dan Kaya, 1993). Ehler dan Peters (1995) menyatakan bahwa siklus hidup dari *Steinernema* spp. dan *Heterorhabditis* spp. terdiri atas empat stadia juvenil (J1 – J4).



Gambar 6. Siklus hidup nematoda entomopatogen (Poinar, 1970)

Juvenil infektif yang juga disebut *dauer juvenil* adalah juvenil III (Ehler, 1996). Biasanya infektif juvenil mempunyai panjang total 558 μm , lebar terbesar 25 μm , jarak dari kepala ke lubang ekskretori 38 μm , jarak dari kepala ke cincin syaraf 85 μm , dan jarak dari kepala ke faring 120 μm (Poinar, 1990). Secara morfologis *dauer juvenil* teradaptasi untuk tetap hidup dalam jangka waktu lama di lingkungan sambil menunggu serangga inangnya.

Tubuh *dauer juvenil* masih terbungkus dalam kutikula juvenil II yang berfungsi sebagai pelindung dari gangguan mikroorganisme dan invertebrata yang lain.

Steinernematidae betina dewasa berukuran besar (*giant*) dan mampu menghasilkan 10.000 telur yang dan tumbuh menjadi juvenil II dalam tubuh serangga inang (Weiser, 1991). Kaya dan Gaugler (1993) juga menyebutkan bahwa betina Steinernematidae mempunyai tipe ovari *amphidesphic* yang tumbuh ke arah anterior posterior (berlawanan). Vulva terletak di tengah panjang tubuh. Jantan mempunyai testis tunggal, spicula sepasang, terdapat gubernacula tetapi tidak mempunyai bursa copulatrix. Kutikula *Steinernema* halus (annulated) pada bagian lateralnya. Nematoda genus *Steinernema* yang diisolasi dari Pujon, Oro-oro Ombo, Beji dan Cemoro Lawang memiliki panjang tubuh antara 221–676 μm dan lebar 19–28 μm , esophagus dengan tiga bagian metacarpus, menyebabkan warna karamel hingga coklat tua pada uji kutikula serangga inang, dapat melakukan perkawinan silang dan bersimbiose dengan bakteri *Xenorhabdus* spp. Infektif juvenil *Steinernema* yang diisolasi dari Cemoro Lawang memiliki panjang 572–676 μm dan lebar 25–28 μm , daerah Cemoro Lawang memiliki vegetasi tanaman hortikultura (kubis) diantara tanaman naungan hutan pohon cemara dan mempunyai jenis tanaman berpasir (Bahari, 2000).

Nematoda Heterorhabditidae dewasa memiliki sistem reproduksi hermaphrodit betina. Bagian kepala berbentuk seperti kerucut terpotong pipih membulat dengan enam bibir terpisah berbentuk kerucut yang terus berkembang. Bagian posterior dari stoma tertutup, esophagus tanpa metacarpus. Vulva letaknya di tengah tubuh berbentuk lonjong terbelah. Amphimiktik memiliki struktur mirip hermaphrodit betina tetapi ukurannya lebih pendek dengan labial papillae menonjol. Sistem reproduksi amphidelmik, vulva tidak menghasilkan telur tetapi berfungsi untuk perkawinan. Jantan memiliki satu testis, sepasang spicula berbentuk pipih melengkung menyirip.

Gubernaculum ukurannya separuh dari panjang spikula. Tubuh juvenil infeksi selalu diselimuti sarung atau pembalut dengan bentuk panjang menonjol. Kutikula juvenil infeksi maupun nematoda dewasa memiliki garis tepi seperti pita halus dengan dua tonjolan di bidang badan samping (Poinar, 1976). Infeksi juvenil *Heterorhabditis indicus* yang diisolasi dari Ngadas memiliki panjang 468–572 μm dan lebar 16,5–21,5 μm .

2.6 Hipotesis

Nematoda entomopatogen *Steinernema* spp. dan *Heterorhabditis* spp. isolat lokal efektif untuk mengendalikan rayap tanah *C. curvignathus* dan dapat menjadi agens pengendali hayati untuk rayap tanah.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada awal Agustus tahun 2000 sampai dengan awal Januari di laboratorium Perlindungan Tanaman Fakultas Pertanian Universitas Jember.

3.2 Bahan dan Alat Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain, nematoda entomopatogen *Steinernema* spp. (isolat Cemoro Lawang dan Pujon), *H. indicus* (isolat Ngadas) dan *H. bacteriophora*, larva *Tenebrio molitor*, rayap tanah *C. curvignathus*, pasir steril, air steril.

Alat yang digunakan antara lain kotak plastik, plastik penutup, sumbu, ayakan pasir 20 mesh, saringan berdiameter 30 dan 15 μm , pipet ependorf, kertas saring, mikroskop.

3.3 Metode Penelitian

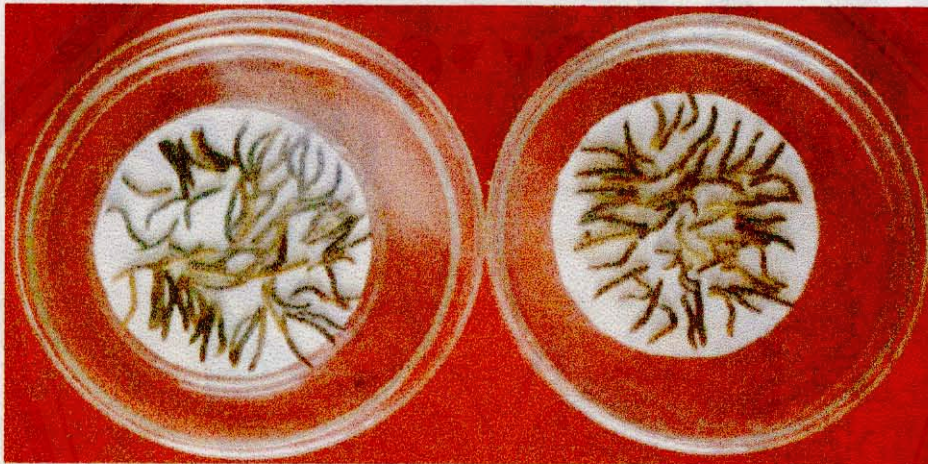
3.3.1 Persiapan Penelitian

a. Perbanyak nematoda entomopatogen secara *in vivo*

Nematoda entomopatogen yang digunakan diperoleh dari isolat yang disimpan di laboratorium Pengendalian Hayati Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Jember. Nematoda entomopatogen tersebut diperbanyak secara *in vivo*.

Perbanyak secara *in vivo* dilakukan dengan cara menginokulasi larva serangga *T. molitor* dengan nematoda entomopatogen isolat Cemoro Lawang, Pujon dan Ngadas. Inokulasi dilakukan dengan meneteskan suspensi nematoda pada larva *T. molitor* di atas kertas filter dalam cawan petri. Setelah 24 – 48 jam kemudian larva inang yang mati

diperlakukan dengan metode *White Trap* (Woodring dan Kaya, 1988) (Gambar 7). Nematoda diperoleh setelah 1 – 2 minggu berikutnya. Hasil perbanyakan disaring dengan menggunakan saringan berdiameter 30 dan 15 μm secara berurutan. Penggunaan kedua saringan tersebut akan menghasilkan nematoda stadium infeksi juvenil ketiga yang tidak terkontaminasi oleh benda maupun organisme lain yang dapat mengganggu pelaksanaan tahapan penelitian selanjutnya. *H. bacteriophora* adalah nematoda entomopatogen yang telah dikemas dalam bentuk tepung siap aplikasi.

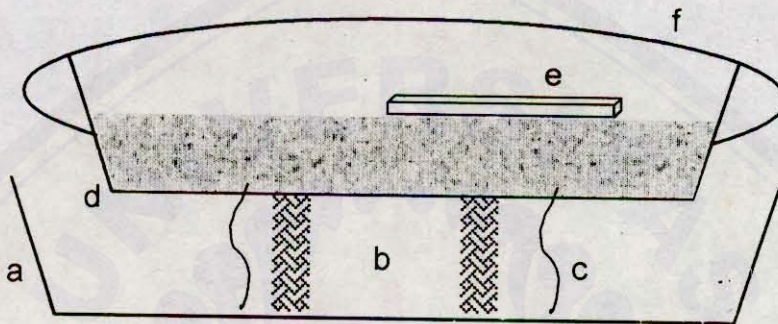


Gambar 7. Pembiakan NEP dengan metode *White Trap*

b. Penyediaan massal rayap tanah *C. curvignathus*

Rayap tanah diperoleh dari pembiakan massal di laboratorium Hama dan Penyakit Hasil Hutan Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor, penyesuaian rayap dilakukan di laboratorium Ilmu Hayat Pusat Antar Universitas IPB. Rayap yang diperoleh diadaptasikan terlebih dahulu pada wadah plastik berukuran 20 x 30 x 10 cm yang diisi dengan media tanah

habitat rayap, di dalam wadah juga diletakkan kayu pinus sebagai makanan rayap. Pada bagian bawah wadah diberi sumbu yang dihubungkan dengan bak berisi air yang dimaksudkan untuk menjaga kelembapan dalam wadah. Wadah tersebut selanjutnya ditutup dengan plastik hitam dan disimpan dalam ruangan gelap dengan suplai oksigen yang cukup baik (Gambar 8).



Gambar 8. Susunan alat untuk penyimpanan rayap.

Keterangan: a. Bak berisi air, b. Balok penyangga, c. Sumbu, d. Bak berisi tanah dan rayap, e. Kayu pinus, f. Plastik hitam

Pengadaptasian rayap dilakukan selama sebulan yang dimaksudkan untuk memberikan lingkungan baru yang sesuai bagi rayap. Rayap yang akan digunakan untuk perlakuan diambil dari kayu yang diumpankan pada rayap. Jika kondisi lingkungan yang diberikan mendukung perkembangan rayap maka secara alami rayap akan berkembang menjadi lebih banyak. Kelembapan dan suhu yang baik serta ketersediaan makanan yang cukup akan mendorong pembentukan kasta reproduktif sekunder sehingga koloni rayap akan berkembang.

3.3.2 Uji Patogenisitas Nematoda Entomopatogen Isolat Lokal

a. Uji Pendahuluan

Uji pendahuluan berupa *screening* patogenisitas nematoda entomopatogen pada rayap tanah yang ditujukan untuk mengetahui spesies nematoda entomopatogen yang paling efektif dalam mengendalikan rayap tanah. Nematoda entomopatogen yang digunakan adalah nematoda entomopatogen isolat lokal Cemoro Lawang dan Pujon (*Steinernema* spp.), Ngadas (*H. indicus*) dan *H. bacteriophora*. Konsentrasi yang digunakan adalah 500 IJ/ml. Rayap yang telah diinokulasi diinkubasikan selama 120 jam. Kematian rayap dikoreksi dengan rumus Abbot.

Rayap *C. curvignathus* yang digunakan adalah rayap dari kasta pekerja dari koloni yang seragam sebanyak 20 ekor dan 2–3 ekor rayap kasta serdadu. Rayap diletakkan pada wadah plastik dengan 75 g pasir steril dengan kelembapan 15% dan diberi potongan kayu pinus untuk suplai makanan. Air steril diinokulasikan pada rayap yang diuji sebagai perlakuan kontrol. Selama masa inkubasi rayap diletakkan pada ruang gelap yang lembab. Setiap perlakuan dilakukan lima kali ulangan.

b. Uji Patogenisitas Nematoda Entomopatogen terhadap Rayap Tanah *C. curvignathus* pada Beberapa Level Konsentrasi yang Berbeda (Uji LC₅₀)

Hasil *screening* menunjukkan dua nematoda entomopatogen isolat lokal yang menyebabkan kematian terbanyak terhadap rayap tanah *C. curvignathus* yaitu *Steinernema* sp. (isolat Cemoro Lawang) dan *H. indicus* (isolat Ngadas). Kedua NEP tersebut diuji LC₅₀ dengan kisaran konsentrasi yang digunakan 0, 50, 150, 250, 350, 450, dan 550 IJ/ml. Uji LC₅₀ bertujuan mengetahui konsentrasi yang dibutuhkan untuk mengendalikan 50 persen populasi rayap yang diujikan. Jumlah individu rayap tanah yang digunakan adalah 15 ekor rayap pekerja dan dua ekor rayap serdadu. Rayap diletakkan

pada wadah plastik dengan 75 g pasir steril dengan kelembapan 15% dan diberi potongan kayu pinus untuk suplai makanan. Untuk konsentrasi 0 IJ/ml menggunakan air steril. Inokulasi dilakukan dengan meneteskan suspensi NEP pada tanah dimana rayap diletakkan dengan menggunakan pipet endorf. Pada saat melakukan inokulasi dan selama masa inkubasi rayap diletakkan pada ruang gelap yang lembab. Setiap perlakuan dilakukan lima kali ulangan dan diinkubasikan selama 120 jam. Pengamatan kematian rayap dilakukan setelah 120 jam dan dikoreksi dengan rumus Abbot.

c. Uji Patogenisitas Nematoda Entomopatogen terhadap Rayap Tanah *C. curvignathus* pada Beberapa Level Waktu Kontak yang Berbeda (Uji LT_{50})

Pengujian LT_{50} dilakukan untuk mengetahui lama waktu kontak yang diperlukan nematoda untuk dapat menyebabkan kematian pada rayap yang diujikan. Pengujian dilakukan dengan cara menginokulasi kertas saring steril dengan nematoda entomopatogen konsentrasi 500 IJ/ml. Kertas saring yang mengandung nematoda tersebut akan didekatkan di sekitar tempat aktivitas rayap sehingga diharapkan nematoda memiliki kesempatan untuk melakukan kontak dengan rayap dan dapat berpenetrasi ke dalam tubuh rayap. Jumlah individu rayap tanah yang digunakan adalah 15 ekor rayap pekerja dan dua ekor rayap serdadu. Rayap tanah yang akan diuji diletakkan pada kertas saring tersebut selama waktu kontak yang berbeda yaitu 30, 60, 90, 120, dan 150 menit. Masing-masing perlakuan dilakukan ulangan lima kali. Setelah masa waktu kontak terlampaui kertas saring diambil agar nematoda yang masih tersisa dalam kertas saring tidak dapat lagi penetrasi ke dalam tubuh nematoda. Rayap tanah dipindahkan ke media pasir steril dengan kelembapan 15% dan diinkubasikan di ruang gelap dan lembab selama 120 jam. Pengamatan dilakukan terhadap jumlah rayap yang mati karena nematoda entomopatogen. Jumlah rayap yang mati dikoreksi dengan rumus Abbot.

3.4 Analisis Data

Jumlah kematian rayap dikoreksi dengan persamaan Abbot:

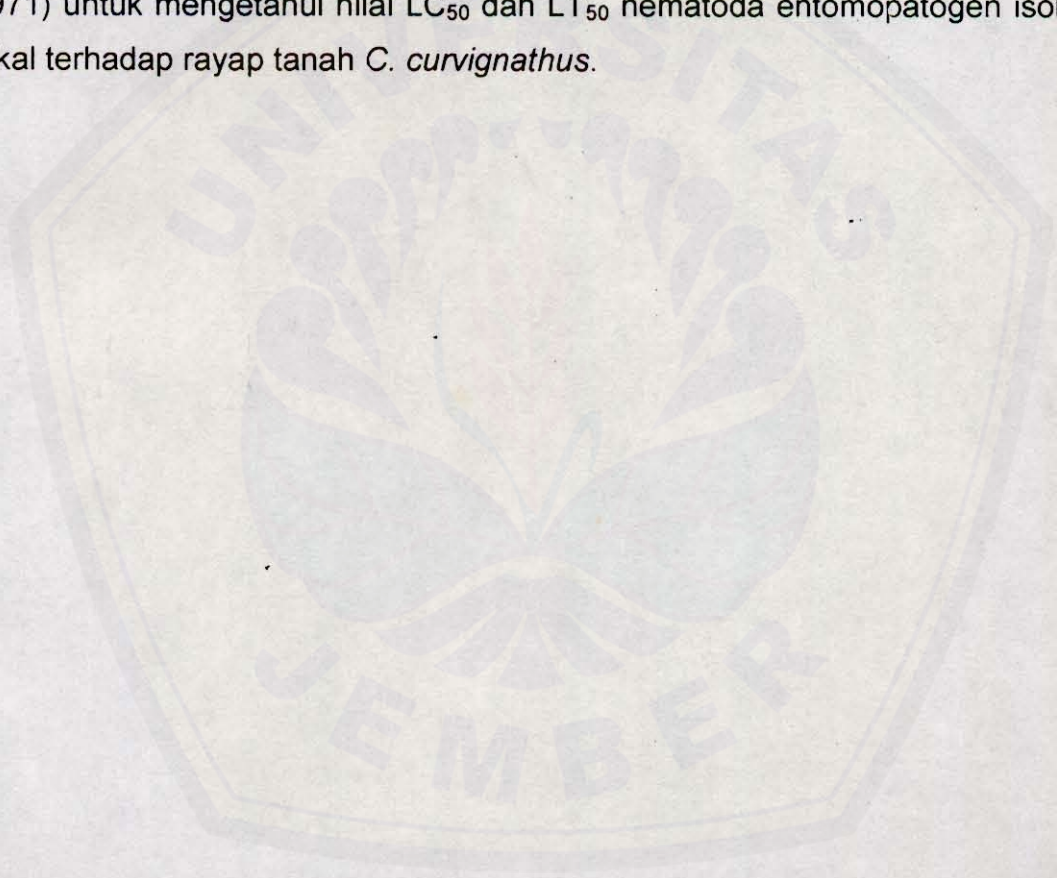
$$K = \frac{A - B}{100 - B} \times 100 \%$$

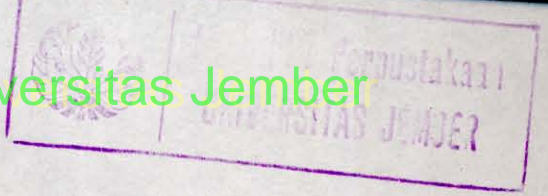
Keterangan: K = Persentase kematian serangga uji

A = Persentase kematian karena pengaruh perlakuan

B = Persentase kematian karena kontrol

Data yang diperoleh dianalisis dengan metode analisis Probit (Finney, 1971) untuk mengetahui nilai LC_{50} dan LT_{50} nematoda entomopatogen isolat lokal terhadap rayap tanah *C. curvignathus*.





V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil percobaan dapat disimpulkan bahwa nematoda entomopatogen *Steinernema* sp. (isolat Cemoro Lawang) dan *H. indicus* (isolat Ngadas) memiliki patogenisitas yang tinggi terhadap rayap tanah *C. curvignathus* serta efektif untuk mengendalikan rayap tanah *C. curvignathus*. Nilai LC_{50} *Steinernema* sp. (isolat Cemoro Lawang) terhadap *C. curvignathus* 159 IJ/ml dan LC_{50} *H. indicus* terhadap *C. curvignathus* 228 IJ/ml, sedangkan nilai LT_{50} *Steinernema* sp. (isolat Cemoro Lawang) terhadap *C. curvignathus* adalah 134 menit dan LT_{50} *H. indicus* (isolat Ngadas) terhadap *C. curvignathus* adalah 85 menit.

5.2 Saran

Disarankan untuk menguji patogenesitas nematoda *Steinernema* sp. (isolat Cemoro Lawang) dan *H. indicus* (isolat Ngadas) pada skala lapang mengingat potensi keduanya pada skala laboratorium menunjukkan hasil yang baik.

DAFTAR PUSTAKA

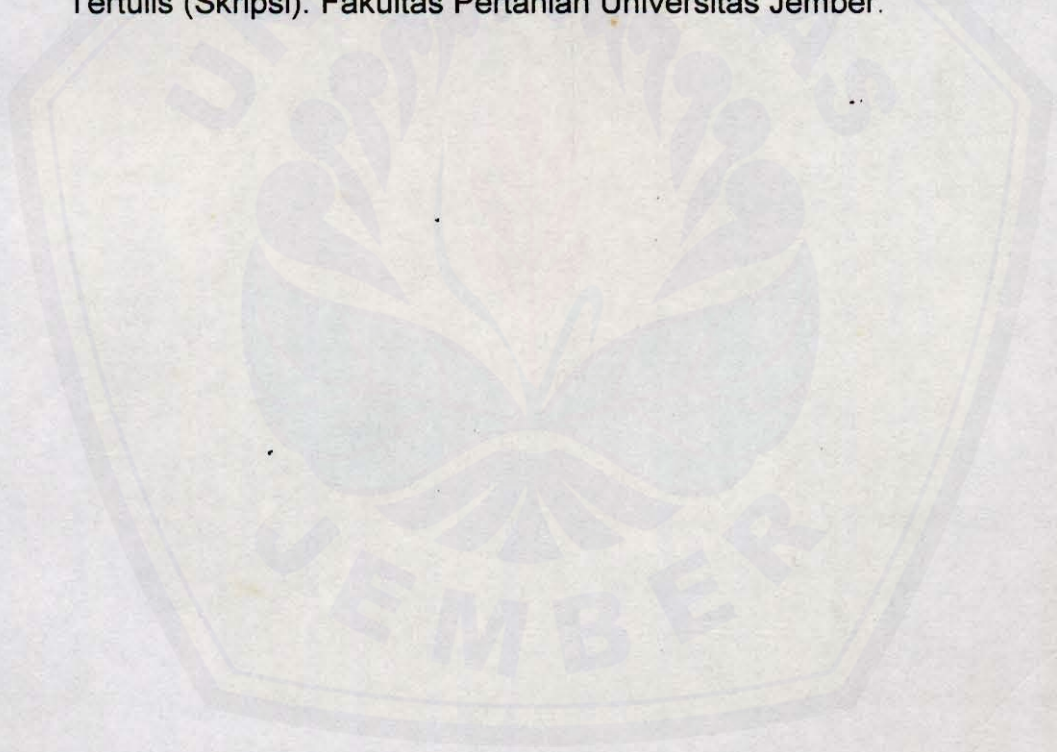
- Bakti, D dan Rosmayati. 1997. Kajian Bioekologi Rayap *Coptotermes curvignathus* Holmgren Sebagai Dasar Pencrapan Penerapan Pengendalian Rayap Tanah Terpadu Pada Pertanaman Kelapa Sawit. Laporan Penelitian. Direktorat Pembinaan, Penelitian dan Pengabdian Masyarakat. Direktorat Jenderal Pendidikan.
- Bahari, R. 2000. Inventarisasi Nematoda Entomopatogen *Steinernema* spp. dan *Heterorhabditis* spp. pada Tanaman Hortikultura di Jawa Timur. Karya Ilmiah Tertulis. Fakultas Pertanian Universitas Jember.
- Downes, M. J. and C. T. Griffin. 1996. Dispersal Behaviour and Transmission Strategies of The Entomopathogenic Nematodes *Heterorhabditis* and *Steinernema*. *Biocontr. Sci. Technol.* **6** : 347-56.
- Eaton, R.A and M. D. C Hale. 1993. *Wood Decay, Pests and Protection*. London: Chapman and Hall.
- Ehler, R. U. and A. Peters. 1995. Entomopathogenic in Biological Control: Feasibility. Perspective and Possible Risk. In H. M. T. Hokkanen and J. M. Lynch (Eds.) *Biological Control: Benefits and Risk*. Cambridge: Cambridge University Press. p : 119-36.
- Finney, D. J. 1971. *Probit Analysis*. 3rd ed. Cambridge: Cambridge University Press.
- Firmanti, A.. 1999. Pengenalan Standart Pengendalian Rayap pada Bangunan Gedung. Dalam D. Nandika, A. Firmanti dan T. Ismail (Eds.). Seminar Nasional Pemantapan Sistem Pengendalian Rayap pada Bangunan Gedung. *Prosiding*. Jakarta.
- Georgis, R. 1992. Present and Future Prospects for Entomopathogenic Nematode Products. *Biocontrol Science and Technology*. **2**: 83-89.
- Griffin, C. T. 1996. Effect of prior storage condition on the infectivity of *Heterorhabditis* sp. (Rhabditida: Heterorhabditidae). *Fundamental and Applied Nematology*. **19**: 95-102.

- Husni, H., R. C. Tarumingkeng, D. Nandika dan S. Surjokusumo. 1999. Pengujian keampuhan umpan hexaflumuron terhadap koloni rayap tanah *Schedorhinotermes javanicus* Kemner (Isoptera: Rhinotermitidae). *Makalah Seminar MAPEKI II*. Yogyakarta. 10 hal.
- Isibashi, N and E. Kondo. 1990. Behavior of Infective juveniles. In Gaugler, R. and H.K Kaya (Eds.) *Entomopathogenic Nematodes in Biological Control*. Florida: CRC Press. Boca Raton. p: 139-50.
- Ismail, T. 1999. Sumberdaya, kinerja, dan jaminan mutu pengendalian rayap. Dalam D. Nandika, A. Firmanti dan T. Ismail (Eds.) *Seminar Nasional Pemantapan Sistem Pengendalian Rayap pada Bangunan Gedung. Prosiding*. Jakarta.
- Kalshoven, L. G. E. 1981. *Pests of Crops in Indonesia*. Revised and translated by P. A. Van Der Laan. Jakarta: PT. Ichtiar Baru – Van Hoeve.
- Kamble, S. T. 2000. Termites. NebGuide. *Website*. University of Nebraska – Lincoln.
- Kaya, H.K and R. Gaugler. 1993. Entomopathogenic Nematodes. *Ann. Rev. Entomol.* **38** : 181-206
- Kaya, H.K and A. M. Koppenhofer. 1996. Effect of Microbial and Other Antagonistic Organism and Competition on Entomopathogenic Nematodes *Biocontr. Sci. Technol.* **6** : 357-371.
- Logan, J. W. M, R. H. Cowie and T. G. Wood. 1990. Non Chemical Control in Crops and Forestry, a review. *Bull. of Entomological Research.* **80**: 309-30.
- Lyon, W. F. 2000. Termites. *Website*. Ohio State University Extension. Ohio.
- Nandika, D., S. Surjokusumo dan Y. Rismayadi. 1999. Status Bahaya Serangan Rayap pada Bangunan Gedung di Indonesia. *Prosiding Seminar Nasional Pemantapan Sistem Pengendalian Rayap pada Bangunan Gedung*. Jakarta 12 Mei 1999.
- Nandika, D dan Y. Rismayadi. 1999. Ancaman Serangan Rayap Tanah pada Tanaman Perkebunan. *Prosiding Seminar Nasional Pemantapan Sistem Pengendalian Rayap pada Bangunan Gedung*. Jakarta 12 Mei 1999.

- Noirot, C. 1970. The Nest of Termites. In Khrisna, K. and F. M. Weesner (Eds.). *Biology of Termites*. 2: p. 73-125.
- Pearce, M. J. 1987. *Antennopsis gayi* Buchli parasitises a termites species in Domoga Bone National Park Sulawesi. *Antenna*. 11(3), 89.
- _____. 1997. *Termite. Biology and Pest Management..* New York: CAB International 173p.
- Poinar, G.O. Jr. 1979. *Nematodes for Biological Control of Insect*. CRC. Boca Raton. Florida.
- Poinar, G.O. Jr. 1990. Biology and Taxonomy of Steinernematidae and Heterorhabditidae. p: 23-61. In Gaugler, R. and H. K Kaya (Eds.) *Entomopathogenic Nematodes in Biological Control*. CRC. Boca Raton. Florida.
- Sasongko, E.D. 1999. Manfaat Nilai Guna Pengendalian Rayap pada Bangunan Gedung. Prosiding Seminar Nasional Pemantapan Sistem Pengendalian Rayap pada Bangunan Gedung. Jakarta 12 Mei 1999.
- Schirocki, A. and N. G. M. Hague. 1994. Infectivity and pathogenicity of two isolates of *Steinernema carpocapsae* and *Steinernema feltiae* after low storage temperature. In Burnell. A. M., R. U. Ehlers and J. P. Masson. *Proceeding*. Belgium: European Commision. p:223.
- Simoes, N and J. S. Rose. 1996. Pathogenicity and host specificity of entomopathogenic nematodes. *Biocontrol Science and Technology*. 6: 403-411.
- Srijono, 1992. Kerugian pada Bangunan Akibat Serangan Rayap. *Pest Control Indonesia*. Edisi 3 April 1992. hal: 12-15.
- Strauch, O and R. U. Ehlers. 1998. Food signal production of *Photorhabdus luminescens* inducing the recovery of entomopathogenic nematodes *Heterorhabditis* spp. in liquid culture. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 50: 369-74.
- Su, N. Y. and R. H. Scheffrahn. 1986. Field comparison of sulfuryl fluoride susceptibility among three termite species (Isoptera: Kalotermitidae and Rhinotermitidae) during structural fumigation. *J. Econ. Entomol.* 79: 903-908.

-
- _____ .1987. Alate production of a field colony of the formosan subterranean termite (Isoptera: Rhinotermitidae). *Sociobiology*. 18: 167-72.
-
- _____ .1992. Penetration of sized particle barriers by field populations of subterranean termites (Isoptera: Rhinotermitidae). *J. Econ. Entomol.* **85**: 2275-78.
- Su, N. Y., M. Tamashiro and M. I. Haverty. 1987. Characterization of slow acting insecticides for the remedial control of the formosan subterranean termite (Isoptera: Rhinotermitidae). *J. Econ. Entomol.* **80**: 1-4.
- Su, N.Y. 1994. Field Evaluation of Hexaflumuron Bait for Population Suppression of Subterranean Termite (Isoptera : Rhinotermitidae). *J. Econ. Entomol.* **87**(2).
- Sulistiyanto, D. 1998. Entomotoksin kompleks nematoda entomopatogen. Makalah Seminar. Universitas Jember. Jember. 10 hal.
- Sya'idah, Z. 1999. Patogenisitas Nematoda Entomopatogen Bakteri Komplek *Steinernema carpocapsae* (All Strain) – *Xenorhabdus nematophilus* terhadap *Helicoverpa* spp. (Lepidoptera: Noctuidae). Karya Ilmiah Tertulis (Skripsi). Fakultas Pertanian Universitas Jember.
- Tamashiro. M., J. R. Yates, R. T. Yamamoto and R. A. Ebesu. 1987. The integrated management of the formosan subterranean termite in Hawaii. In M. Tamashiro and N. Y. Su (Eds.). *Biology and Control of the Formosan Subterranean Termite: Proceeding 67th of the Pacific Branch. Entomology Society. America 1985. Honolulu. Hawaii. Res. Extension Series 032. College of Tropical Agriculture and Human Resources. University of Hawaii. p: 77-84.*
- Tanada, Y. dan H. K. Kaya. 1993. *Insect Pathology*. San Diego: Academic Press. 666 p.
- Tarumingkeng, R. C. 1992. Biologi dan Perilaku Rayap. *Pest Control Indonesia*. Bulletin IPPHMI edisi 3: p. 4-11.
- Thapa, R. S. 1981. *Termites of Sabah*. Entomology Branch. Forest Research Institute and College Dehra Dun. India. 374p.

- Tho, Y. P. 1992. Termite of Peninsular Malaysia. In: Kirton. L. G. (Eds). Malayan Forest Record No. 36. Forest Research Institute Malaysia. Kepong. Kuala Lumpur. 224p.
- Weiser, J. 1991. *Biological Control of Vectors Manual for Collecting, Field Determination and Handling of Biofactors for Control of Vectors*. Chichester, England: John Wiley and Sons.
- Woodring, J. L and H. K Kaya. 1998. Steinernematid and Heterorhabditid Nematodes: A Hand Book of Biology and Techniques. Arkansas Agric. Experiment Station. Arkansas. p. 1-12.
- Zahro'in, E. 1999. Patogenisitas Nematoda Entomopatogen Bakteri Komplek *Steinernema carpocapsae* (All Strain) – *Xenorhabdus nematophilus* terhadap *Spodoptera litura* F. (Lepidoptera: Noctuidae). Karya Ilmiah Tertulis (Skripsi). Fakultas Pertanian Universitas Jember.



Lampiran

1. Analisis Ragam Mortalitas *C. curvignathus* pada Uji Pendahuluan

SK	dB	JK	KT	F-hit	F tabel	
					5%	1%
Perlakuan	4	1013.2	253.3	8.21**	2.87	4.43
Galat	20	616.5	30.84			
	24	1630				

Keterangan: SK = Sumber Keragaman
 dB = derajat bebas
 JK = Jumlah Kuadrat
 KT = Kuadrat Tengah
 ** = Berbeda sangat nyata

2. Analisis Ragam Mortalitas *C. curvignathus* Akibat Infeksi *Steinemema* sp. (Isolat Cemoro Lawang) pada Berbagai Level Konsentrasi yang Berbeda

SK	dB	JK	KT	F-hit	F tabel	
					5%	1%
Perlakuan	5	432.57	86.51	31.08**	2.62	3.90
Galat	24	66.80	2.78			
	29	499.37				

Keterangan: SK = Sumber Keragaman
 dB = derajat bebas
 JK = Jumlah Kuadrat
 KT = Kuadrat Tengah
 ** = Berbeda sangat nyata

3. Analisis Ragam Mortalitas *C. curvignathus* Akibat Infeksi *H. indicus* (Isolat Ngadas) pada Berbagai Level Konsentrasi yang Berbeda

SK	dB	JK	KT	F-hit	F tabel	
					5%	1%
Perlakuan	5	643.37	128.67	35.25**	2.62	3.90
Galat	24	87.60	3.65			
	29	730.97				

Keterangan: SK = Sumber Keragaman
 dB = derajat bebas
 JK = Jumlah Kuadrat
 KT = Kuadrat Tengah
 ** = Berbeda sangat nyata

4. Analisis Ragam Mortalitas *C. curvignathus* Akibat Infeksi *Steinernema* sp. (Isolat Cemoro Lawang) pada Berbagai Level Waktu Kontak yang Berbeda

SK	dB	JK	KT	F-hit	F tabel	
					5%	1%
Perlakuan	4	41.84	10.46	0.5 ^{ns}	2.87	4.43
Galat	20	378.40	18.92			
	24	420.24				

Keterangan: SK = Sumber Keragaman
 dB = derajat bebas
 JK = Jumlah Kuadrat
 KT = Kuadrat Tengah
 ns = Berbeda sangat nyata

5. Analisis Ragam Mortalitas *C. curvignathus* Akibat Infeksi *H. indicus* (Isolat Ngadas) pada Berbagai Level Waktu Kontak yang Berbeda

SK	dB	JK	KT	F-hit	F tabel	
					5%	1%
Perlakuan	4	166.96	41.74	2.99*	2.87	4.43
Galat	20	279.60	13.98			
	24	446.56				

Keterangan: SK = Sumber Keragaman
 dB = derajat bebas
 JK = Jumlah Kuadrat
 KT = Kuadrat Tengah
 * = Berbeda nyata

6. Persamaan Regresi antara Log Konsentrasi (x) dan Nilai Probit (y)

Spesies NEP	Persamaan regresi
<i>Steinernema</i> sp. isolat Cemoro Lawang	$y = 0.6313 + 1.9848x$
<i>H. indicus</i>	$y = -1.6969 + 2.8395x$

7. Persamaan Regresi antara Log Waktu (x) dan Nilai Probit (y)

Spesies NEP	Persamaan regresi
<i>Steinernema</i> sp. Cemoro Lawang	$y = 3.2430 + 0.8262x$
<i>H. indicus</i>	$y = 1.5545 + 1.7863x$

PROBIT ANALISIS LC50 Steinemema sp ISOLAT CEMORO LAWANG

Kon- sentrasi	log kons	Jlh se- rangga uji n	kema- tian r	% ke- matian Po	% kematian terkoreksi Pt	Probit empirik	Probit harapan Y	Probit penghitung y	Koefisien pembobot w	Bobot nw	nwx	nwy	nwx ²	nwy ²	nwx ³	nwy ³	nwx ⁴	nwy ⁴	Yz	Selisih (Yz-Y)
550	2,7434	15	14,20	94,67	94,67	6,64	6,19	6,53	0,37	5,60	15,36	36,58	42,08	238,84	100,26	6,07	-0,12			
550	2,6532	15	13,20	88	88	6,17	6,00	6,15	0,44	6,59	17,47	40,53	46,36	249,42	107,53	5,90	-0,10			
550	2,5441	15	10,60	70,67	70,67	5,55	5,77	5,53	0,51	7,68	19,53	42,47	49,68	235,00	108,05	5,68	-0,09			
550	2,3979	15	3,00	53,33	53,33	5,07	5,46	5,05	0,59	8,83	21,17	44,60	50,77	225,32	106,95	5,39	-0,07			
550	2,1761	15	5,60	37,33	37,33	4,66	4,99	4,68	0,64	9,55	20,78	44,68	45,23	209,01	97,22	4,95	-0,04			
0	1,6990	15	3,80	25,33	25,33	4,32	3,98	4,38	0,43	6,48	11,01	28,42	18,71	124,57	48,28	4,00	0,02			
		15	0	0							44,727	105,324	237,28	252,823	1282,149	568,2866				

rerata x 2,3548189 Persamaan regresi = 0,6313 + 1,9848x
 rerata y 5,3050709

b 1,9847681 LC50 2,201113
 a 0,6313013 Antilog 158,89

PROBIT ANALISIS LC50 Heterohabditis indicus ISOLAT Ngadas

Kons	log kons	Jlh se- rangga uji n	kema- tian r	% ke- matian Po	% kematian terkoreksi Pt	Probit empirik	Probit harapan Y	Probit penghitung y	Koefisien pembobot w	Bobot nw	nwx	nwy	nwx ²	nwy ²	nwx ³	nwy ³	Yz	Selisih (Yz-Y)
550	2,7404	15	13,40	89,33	89,33	6,22	6,09	6,18	0,41	6,12	16,78	37,86	45,97	234,16	103,75	6,08	-0,01	
550	2,6532	15	13,00	86,67	86,67	6,12	5,86	6,09	0,48	7,26	19,25	44,22	51,09	269,44	117,32	5,84	-0,02	
550	2,5441	15	10,00	66,67	66,67	5,43	5,56	5,44	0,57	8,51	21,64	46,23	55,06	251,29	117,62	5,53	-0,03	
550	2,3979	15	7,40	49,33	49,33	4,97	5,17	4,97	0,63	9,44	22,63	46,95	54,27	233,57	112,59	5,11	-0,06	
550	2,1761	15	3,40	22,67	22,67	4,26	4,57	4,28	0,60	8,93	19,42	38,22	42,26	163,64	83,16	4,48	-0,09	
0	1,6990	15	1,00	6,67	6,67	3,52	3,27	3,59	0,20	2,99	5,09	10,75	8,64	38,59	18,26	3,13	-0,14	
		15	0	0							43,242	104,811	224,229	257,287	1190,682	552,7056		

rerata x 2,423817 Persamaan regresi = -1,6969 + 2,8395x
 rerata y 5,1854484

b 2,839478 LC50 2,358506
 a -1,6969267 Antilog 228,3

PROBIT ANALISIS LT50 *Steinernema* sp ISOLAT CEMORO LAWANG

waktu	log waktu	Jlh se-rangga uji	kemantian	% kematian Po	% kematian terkoreksi Pt	Probit empirik	Probit harapan Y	Probit penghitung Y	Koefisien pembobot w	Bobot nw	nwx	nwy	nwxw	nwyw	nwxw	nwyw	nwxw	Yz	Selisih (Yz-Y)
150	2.1761	15	9.20	61.33	55.38	5.13	5.03	5.1387	0.6361	9.5415	20.7632	49.0309	45.1826	251.9551	106.6957	5.04	0.01		
120	2.0792	15	9.00	60	53.85	5.09	4.95	5.0993	0.6335	9.5025	19.7574	48.4564	41.0793	247.0948	100.7496	4.96	0.01		
90	1.9542	15	6.40	42.67	33.85	4.58	4.85	4.5898	0.6305	9.4575	18.4822	43.079	36.1188	199.2333	84.8296	4.86	0.01		
60	1.7782	15	6.60	44	35.39	4.62	4.7	4.6272	0.6160	9.24	16.4301	42.7555	29.2152	197.8390	76.0257	4.71	0.01		
30	1.4771	15	6.40	42.67	33.85	4.58	4.45	4.5884	0.5695	8.5425	12.6183	39.1966	18.6388	179.8504	57.8981	4.46	0.01		
0		15	2.00	13.33						46.284	88.0513	222.8473	170.2346	1075.9726	426.1987				

Persamaan regresi = $3.2430 + 0.8262x$

rerata x 1.9024
 rerata y 4.8148
 b 0.8262
 a 3.2430

LT50 2.12659
 Anilog 133.84

PROBIT ANALISIS LT50 *Heterorhabditis* sp ISOLAT Ngadas

waktu	log waktu	Jlh se-rangga uji	kemantian	% kematian Po	% kematian terkoreksi Pt	Probit empirik	Probit harapan Y	Probit penghitung Y	Koefisien pembobot w	Bobot nw	nwx	nwy	nwxw	nwyw	nwxw	nwyw	nwxw	Yz	Selisih (Yz-Y)
150	2.1761	15	13.00	86.67	84.62	6.01	5.52	5.9123	0.5764	8.6460	18.8145	51.1176	40.9420	302.2221	111.2366	5.44	-0.08		
120	2.0792	15	8.20	54.67	47.7	4.94	5.33	4.9261	0.6115	9.1725	19.0713	45.1842	39.6527	222.5796	93.9461	5.27	-0.06		
90	1.9542	15	7.60	50.67	43.08	4.82	5.09	4.8262	0.6332	9.4980	18.5614	45.8391	36.2735	221.2280	89.5807	5.05	-0.04		
60	1.7782	15	7.20	48	40	4.74	4.75	4.7460	0.6215	9.3225	16.5768	44.2446	29.4761	209.9848	78.6736	4.73	-0.02		
30	1.4771	15	5.20	34.67	24.62	4.31	4.18	4.3297	0.4966	7.4490	11.0031	32.2517	16.2529	139.6392	47.6397	4.19	0.01		
0		15	2.00	13.33						44.0880	84.0271	218.6372	162.5971	1095.6537	421.0767				

Persamaan regresi = $1.55454 + 1.78634x$

rerata x 1.905894
 rerata y 4.95911
 b 1.786337
 a 1.544541

LT50 1.92878
 Anilog 84.89