



**AGENS PENGENDALI HAYATI RAMAH LINGKUNGAN
NEMATODA ENTOMOPATOGEN *Heterorhabditis* sp. DAN
Steinernema sp. SEBAGAI PENGENDALI HAMA RAYAP
TANAH *Coptotermes* sp. DAN *Microtermes* sp.
DI KABUPATEN LUMAJANG**

TESIS

OLEH
QODIRIYAH
121820401005

**PROGRAM STUDI MAGISTER BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2015**



**AGENS PENGENDALI HAYATI RAMAH LINGKUNGAN
NEMATODA ENTOMOPATOGEN *Heterorhabditis* sp. DAN
Steinernema sp. SEBAGAI PENGENDALI HAMA RAYAP
TANAH *Coptotermes* sp. DAN *Microtermes* sp.
DI KABUPATEN LUMAJANG**

TESIS

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Magister Biologi (S2)
dan mencapai gelar Magister Sains (M. Si.)

Oleh
QODIRIYAH
NIM. 121820401005

**PROGRAM STUDI MAGISTER BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2015**

PERSEMBAHAN

Tesis ini saya persembahkan untuk :

Suamiku tercinta *M. Mufthi Arief, SP.*

Anak-anakku:

Ahmad Nafiis Billah Arief (Nabil)
Amira Hasna Syifa Arief (Syifa)
Ahmad Azkaril Zahirul Arief (Azka)

MOTTO

*"Barangsiapa bertakwa kepada Allah niscaya Allah menjadikan baginya kemudahan dalam urusannya."
(QS. Ath-Thalaq : 4)*

Janganlah membenci cobaan & kesedihan yg terjadi pada diri kita saat ini, sebab apa yg kita benci bisa jadi terdapat keberkahan Allah sementara yang kita sukai justru terdapat azab Allah, maka jadikanlah hati selalu ridha & ikhlas apapun yg telah menjadi ketetapan Allah untuk kita

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Qodiriyah

NIM : 121820401005

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Agens Pengendali Hayati Ramah Lingkungan Nematoda Entomopatogen *Heterorhabditis* sp. dan *Steinernema* sp. Sebagai Pengendali Hama Rayap Tanah *Coptotermes* sp. dan *Microtermes* sp. di Kabupaten Lumajang” adalah benar-benar karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggungjawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, April 2015

Yang menyatakan

Qodiriyah

NIM. 121820401005

TESIS

**AGENS PENGENDALI HAYATI RAMAH LINGKUNGAN
NEMATODA ENTOMOPATOGEN *Heterorhabditis* sp. DAN
Steinernema sp. SEBAGAI PENGENDALI HAMA RAYAP
TANAH *Coptotermes* sp. DAN *Microtermes* sp.
DI KABUPATEN LUMAJANG**

Oleh
QODIRIYAH
NIM. 121820401005

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Prof. Dr. Sc. Agr. Ir. Didik Sulistyanto
Dosen Pembimbing Anggota : Purwatiningsih, Ph. D.

PERSETUJUAN

**AGENS PENGENDALI HAYATI RAMAH LINGKUNGAN
NEMATODA ENTOMOPATOGEN *Heterorhabditis* sp. DAN
Steinernema sp. SEBAGAI PENGENDALI HAMA RAYAP
TANAH *Coptotermes* sp. DAN *Microtermes* sp.
DI KABUPATEN LUMAJANG**

TESIS

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
Untuk menyelesaikan Program Studi Biologi
Dan mencapai gelar Magister Biologi (M. Si.)

OLEH

Nama Mahasiswa : Qodiriyah
NIM : 121820401005
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Program Studi : Magister Biologi
Angkatan Tahun : 2012
Daerah Asal : Malang
Tempat, Tanggal Lahir: Malang, 3 Oktober 1978

Disetujui Oleh

Dosen Pembimbing Utama (DPU)

Dosen Pembimbing Anggota (DPA)

Prof. Dr. Sc. Agr. Ir. Didik Sulistyanto
NIP. 19640326 198803 1 001

Purwatiningsih, Ph. D.
NIP. 19750505 200003 2 001

PENGESAHAN

Tesis berjudul “Agens Pengendali Hayati Ramah Lingkungan Nematoda Entomopatogen *Heterorhabditis* sp. dan *Steinernema* sp. Sebagai Pengendali Hama Rayap Tanah *Coptotermes* sp.. dan *Microtermes* sp. Di Kabupaten Lumajang” telah diuji dan dsahkan pada :

Hari : Kamis

Tanggal : 2 April 2015

Tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Tim Penguji :

Ketua,

Sekretaris,

Prof. Dr. Sc. Agr. Ir. Didik Sulistyanto
NIP. 19640326 198803 1 001

Purwatiningsih, Ph. D.
NIP. 19750505 200003 2 001

Anggota I,

Anggota II,

Prof. Dr. Suratno, M. Si.
NIP. 19670625 199203 1 003

Dr. Hidayat Teguh Wiyono, M. Pd.
NIP. 19580528 198802 1 002

Mengesahkan,
Dekan FMIPA Universitas Jember,

Prof. Drs. Kusno, DEA, Ph. D
NIP. 19610108 198602 1 001

RINGKASAN

AGENS PENGENDALI HAYATI RAMAH LINGKUNGAN NEMATODA ENTOMOPATOGEN *Heterorhabditis* sp. DAN *Steinernema* sp. SEBAGAI PENGENDALI HAMA RAYAP TANAH *Coptotermes* sp. DAN *Microtermes* sp. DI KABUPATEN LUMAJANG; Qodiriyah, 121820401005; 2015; 107 halaman; Program Studi Magister Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Saat ini salah satu cara pengendalian rayap di Indonesia banyak menggunakan pestisida kimiawi seperti termitisida yang mahal harganya dan mengakibatkan terjadinya dampak buruk bagi lingkungan. Dikhawatirkan terlalu seringnya menggunakan termitisida dapat memicu terjadinya resistensi hama rayap terhadap termitisida tersebut, bahkan dikhawatirkan dapat memicu ledakan hama dan menyebabkan ledakan hama sekunder dan terbunuhnya musuh alami. Oleh sebab itu, salah satu cara teknologi pengendalian rayap dengan menggunakan agens pengendali hayati berupa nematoda entomopatogen yang ramah lingkungan, murah, dapat diproduksi sendiri dan dapat digunakan lebih lanjut sehingga peningkatan kualitas lingkungan dapat tercapai.

Salah satu alternatif pengendalian hayati adalah dengan memanfaatkan Nematoda Entomopatogen (NEP) dari genus *Steinernema* sp. dan *Heterorhabditis* sp. yang sangat potensial untuk mengendalikan serangga hama. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui konsentrasi paling efektif (LC_{50}) dan waktu paling efektif (LT_{50}) dari nematoda *Steinernema* sp. dan *Heterorhabditis* sp. sebagai agens pengendali hayati ramah lingkungan pada rayap tanah *Coptotermes* sp. dan *Microtermes* sp. di Kabupaten Lumajang, memilih agen hayati nematoda *Steinernema* sp. dan *Heterorhabditis* sp. yang lebih efektif sebagai agent pengendali hayati ramah lingkungan pada rayap tanah *Coptotermes* sp. dan *Microtermes* sp. di Kabupaten Lumajang. Seluruh data persentase kematian rayap dianalisa menggunakan analisa varian. Untuk uji LC_{50} dan LT_{50} dianalisis dengan menggunakan analisis probit. Nilai probit empirik yang didapatkan dari presentase kematian setelah dihitung dengan persamaan Abbot.

Hasil penelitian menunjukkan agen pengendali hayati nematoda entomopatogen *Heterorhabditis* sp. dan *Steinernema* sp. Memiliki nilai patogenitas yang tinggi pada rayap tanah *Coptotermes* sp. dan *Microtermes* sp. Nilai LC_{50} pada rayap tanah *Coptotermes* sp. dari nematoda *Heterorhabditis* sp. adalah 14,94 IJ/ml dan *Steinernema* sp. adalah 15,22 IJ/ml. Nilai LC_{50} pada rayap tanah *Microtermes* sp. dari nematoda *Heterorhabditis* sp. adalah 16,54 IJ/ml dan *Steinernema* sp. adalah 20,39 IJ/ml. Nilai LT_{50} pada rayap tanah *Coptotermes* sp. dari nematoda *Heterorhabditis* sp. adalah 1,29 jam dan *Steinernema* sp. adalah 1,35 jam. Nilai LT_{50} pada rayap tanah *Microtermes* sp. dari nematoda *Heterorhabditis* sp. adalah 2,14 jam dan *Steinernema* sp. adalah 1,82 jam.

Nematoda entomopatogen *Heterorhabditis* sp. melalui uji patogenitas rayap lebih efektif untuk mengendalikan rayap tanah dibandingkan dengan nematoda *Steinernema* sp. Hal tersebut dikarenakan sifat *Heterorhabditis* sp. yang aktif bergerak dan mencari inang sehingga kemungkinan terjadinya kontak

dengan rayap tanah sangat besar. Disarankan untuk penelitian selanjutnya perlu dilakukan pendataan tentang respon masyarakat terhadap produk yang menggunakan agens pengendali hayati nematoda entomopatogen.



PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT. Atas segala rahmat karunia dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul “Agens Pengendali Hayati Ramah Lingkungan Nematoda Entomopatogen *Heterorhabditis* sp. dan *Steinernema* sp. Sebagai Pengendali Hama Rayap Tanah *Coptotermes* sp. dan *Microtermes* sp. di Kabupaten Lumajang”. Tesis ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan program strata dua (S2) pada Program Studi Magister Sains, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Penyusunan tesis ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Sc. Agr. Ir. Didik Sulistyanto selaku Dosen Pembimbing Utama, dan Purwatiningsih, Ph. D., selaku Dosen Pembimbing Anggota, Dr. Hidayat Teguh Wiyono, M. Pd. dan Prof. Dr. Suratno, M. Si., selaku Dosen Penguji yang telah meluangkan waktu, pikiran, tenaga dan perhatian dalam penulisan tesis ini;
2. Prof. Bambang Sugiharto, selaku Dosen Pembimbing Akademik selama menjadi mahasiswa Magister Biologi Universitas Jember;
3. Semua dosen FMIPA Magister Biologi, atas semua ilmu yang diberikan, bimbingan serta didikan selama menjadi mahasiswa;
4. Mbak Khusnul Puspa Ningrum, selaku Teknisi Laboratorium Nematic di Fakultas Pertanian Universitas Jember yang telah sabar menemani dan membimbing selama proses penelitian;
5. Bapakku Qodir Rahman dan Ibuku Siti Djuwarijah, S. Pd., doa dan ridhomu yang selalu menjadikanku tetap tegar;
6. Abi Drs. M. Mansyur Rosjadi dan Ibu Siti Munawarah, doa dan dukunganmu yang membuatku bias melangkah;
7. Suamiku M. Mufthi Arief, S.P., sayang, perhatian, doa dan ridhomu yang membuatku tetap bertahan dan kesabaranmu yang selalu menjadi penyemangat;

8. Anak-anakku Nabil, Syifa, Azka bersamamu semangat dan pelita itu ada;
9. Teman-temanku seangkatan Magister Biologi 2012, yang telah memberi dukungan, motivasi, kenangan yang terindah;
10. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan tesis ini. Akhirnya penulis berharap, semoga tesis ini dapat bermanfaat.

Jember, April 2015

Penulis

DAFTAR ISI

	halaman
COVER	i
PERSEMBAHAN	ii
MOTTO	iii
PERNYATAAN	iv
PERSETUJUAN	vi
PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
PRAKATA	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Rayap Tanah <i>Coptotermes</i> sp.....	5
2.2 Rayap Tanah <i>Microtermes</i> sp.....	7
2.3 Pengendalian Rayap Tanah Secara Kimiawi.....	9
2.4 Pengendalian Rayap Tanah Secara Hayati	11
2.4.1 Agens Pengendali Hayati : Jamur, Bakteri, Virus.....	11
2.4.2 Nematoda Entomopatogen	14
2.5 Biologi dan Ekologi Nematoda Entomopatogen Isolat Lokal <i>Steinernema</i> sp. dan <i>Heterorhabditis</i> sp.	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	19
3.1 Jenis Penelitian	19

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian.....	19
3.3 Alat dan Bahan Penelitian	19
3.4 Prosedur Penelitian	19
3.4.1 Pengambilan Sampel Rayap Tanah <i>Coptotermes</i> sp. dan <i>Microtermes</i> sp.	19
3.4.2 Uji Patogenitas Nematoda <i>Steinernema</i> sp. Dan <i>Heterorhabditis</i> sp. terhadap rayap tanah <i>Coptotermes</i> sp. dan <i>Microtermes</i> sp.	22
3.4.3 Uji Efikasi Terhadap Rayap	24
3.5 Analisis Data.....	26
BAB VI HASIL DAN PEMBAHASAN	27
4.1 Hasil Penelitian.....	27
4.1.1 Patogenesitas Nematoda Terhadap Rayap <i>Coptotermes</i> sp. Dan <i>Microtermes</i> sp.....	27
4.1.2 Uji Efikasi Nematoda Terhadap Rayap Tanah <i>Coptotermes</i> sp. dan <i>Microtermes</i> sp.	38
4.2 Pembahasan	39
4.2.1 Lethal Concentrate ₅₀ (LC ₅₀).....	39
4.2.2 Lethal Time ₅₀ (LT ₅₀).....	43
4.2.3 Uji Efikasi Nematoda Terhadap Rayap Tanah <i>Coptotermes</i> sp. dan <i>Microtermes</i> sp.	45
BAB V PENUTUP.....	47
5.1 Kesimpulan.....	47
5.2 Saran	47
DAFTAR PUSTAKA	48
LAMPIRAN.....	52

DAFTAR TABEL

	halaman
2.1 Kerusakan komponen dan elemen bangunan akibat serangan rayap	6
2.2 Penggunaan <i>Steirnatidae</i> dan <i>Heterorhabditidae</i> sebagai agens pengendali hayati	16
3.1 Konsentrasi Nematoda dan Perlakuan	22
4.1 Pengaruh Berbagai Konsentrasi Nematoda <i>Heterorhabditis</i> sp. dan <i>Steinernema</i> sp Terhadap Mortalitas Rayap Tanah <i>Coptotermes</i> sp. dan <i>Microtermes</i> sp.	27
4.2 Analisa Varian <i>Heterorhabditis</i> sp. dan <i>Steinernema</i> sp. Terhadap Rayap Tanah <i>Coptotermes</i> sp. dan <i>Microtermes</i> sp.	29
4.3 Persamaan Regresi Antara Log Konsentrasi dengan Nilai Probit Rayap Tanah <i>Coptotermes</i> sp. dan <i>Microtermes</i> sp.	34
4.4 Nilai LC ₅₀ Nematode <i>Heterorhabditis</i> sp. dan <i>Steinernema</i> sp. terhadap <i>Coptotermes</i> sp. dan <i>Microtermes</i> sp. (IJ/ml).....	35
4.5 Pengaruh Berbagai Waktu Nematoda <i>Heterorhabditis</i> sp. dan <i>Steinernema</i> sp Terhadap Mortalitas Rayap Tanah <i>Coptotermes</i> sp. dan <i>Microtermes</i> sp. setelah diamati 48 jam setelah aplikasi.....	35
4.6 Persamaan Regresi Antara Log Waktu dengan Nilai Probit Rayap Tanah <i>Coptotermes</i> sp. dan <i>Microtermes</i> sp.	37
4.7 Nilai LT ₅₀ Nematoda <i>Steinernema</i> sp dan <i>Heterorhabditis</i> sp terhadap <i>Coptotermes</i> sp. dan <i>Microtermes</i> sp.	38
4.8 Rata-Rata Mortalitas Terhadap Rayap Tanah <i>Coptotermes</i> sp. dan <i>Microtermes</i> sp. setelah 48 jam (%).....	39

DAFTAR GAMBAR

	halaman
2.1 Kasta prajurit, bentuk kepala dan mandible genus <i>Coptotermes</i> sp..	7
2.2 Bagian kepala rayap	8
2.3 Siklus hidup rayap.....	9
2.4 Nematoda entomopatogen.....	17
2.5 Siklus hidup Nematoda Entomopatogen.....	18
3.1 Peta Kabupaten Lumajang	20
3.2 Denah Pengambilan Sampel Rayap Tanah	21
3.3 Teknik Penyesuaian rayap sebelum diperlakukan	21
3.4 Tempat uji Mortalitas <i>Steirnermema</i> sp. dan <i>Heterorhabditis</i> sp. nematoda terhadap Rayap Tanah di Laboratorium.....	23
3.5 Pengujian Mortalitas (LT ₅₀) Nematoda <i>Steirnermema</i> sp. dan <i>Heterorhabditis</i> sp. terhadap Rayap Tanah di Laboratorium	24
3.6 Tempat Uji Efikasi Nematoda Entomopatogen Terhadap Rayap Tanah	25
4.1. Grafik Persentase (%) kumulatif kematian rayap tanah <i>Coptotermes</i> sp. oleh <i>Heterorhabditis</i> sp. (IJ/ml).....	30
4.2. Grafik Persentase (%) kumulatif kematian rayap tanah <i>Coptotermes</i> sp. oleh <i>Steirnermema</i> sp. (IJ/ml).....	31
4.3. Grafik Persentase (%) kumulatif kematian rayap tanah <i>Microtermes</i> sp. oleh <i>Heterorhabditis</i> sp. (IJ/ml).....	32
4.4. Grafik Persentase (%) kumulatif kematian rayap tanah <i>Microtermes</i> sp. oleh <i>Steirnermema</i> sp. (IJ/ml).....	33
4.5 Grafik Laju Kematian Rayap <i>Coptotermes</i> sp. dan <i>Microtermes</i> sp. pada beberapa waktu kontak yang bervariasi	36

DAFTAR LAMPIRAN

	halaman
A. Identifikasi Rayap	52
B. Persentase mortalitas	59
C. Hasil Analisis LC ₅₀	65
D. Hasil Analisis LT ₅₀	81
E. Uji Efikasi	97
F. Foto Penelitian.....	99

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Rayap merupakan serangga sosial pemakan selulosa yang relatif hanya merupakan kelompok kecil dari ribuan jenis serangga di seluruh dunia. Keberadaan rayap sangat merusak karena aktifitas makannya dapat menghancurkan struktur atau bahan yang dipergunakan manusia. Berdasarkan habitatnya rayap dibagi menjadi rayap tanah dan rayap kayu kering (Muhibuddin, 2001).

Menurut Nandika, *et. al.*, 1999, *Coptotermes* sp. dan *Microtermes* sp. merupakan jenis rayap yang bersarang dalam tanah, membangun liang untuk hidup di dalamnya, dan menyerang tanaman dan bangunan di sekitarnya. Berbeda dengan rayap kayu kering, rayap tanah biasanya memiliki koloni yang lebih besar dan memiliki umur yang lebih panjang. Sampai saat ini kerugian akibat kedua jenis rayap ini diperkirakan mencapai milyaran rupiah setiap tahunnya.

Serangan rayap dari waktu ke waktu diindikasikan tidak ada penurunan yang signifikan, tetapi sebaliknya justru ada gejala peningkatan yang cukup mengkhawatirkan bahayanya. Kondisi ini dapat dilihat dari semakin seringnya didengar keluhan tentang serangan rayap, munculnya banyak promosi maupun penawaran pengendalian serangan rayap dan banyaknya perusahaan *Pest Control Operator (PCO)* serta semakin seringnya diadakan diskusi, seminar ataupun pelatihan bagi upaya pengenalan kehidupan rayap beserta cara pengendaliannya. Disamping itu belum terhitung pula gigihnya para peneliti di dalam melaksanakan penelitian bagi upaya membongkar segala misteri tentang rayap (Prayoga, 2007).

Fakta di lapangan telah memberikan penjelasan yang sangat baik bagi kita semua, dimana bangunan gedung yang lantai terbawahnya terbuat dari konstruksi beton bertulang, berada pada ketinggian 1,5m di atas permukaan tanah tetap terserang rayap setelah mencapai umur bangunan antara 15 – 20 tahun, dengan bentuk kerusakan yang sangat fatal, yaitu memerlukan penggantian komponen bangunan yang terbuat dari kayu, meskipun berada pada ketinggian > 7m. Seperti yang ditunjukkan pada contoh seperti pada gambar 3,4 dan 5. Bentuk keteledoran,

kesalahan pelaksanaan dan kelengahan yang menjadi peluang besar bagi serangan rayap (Prayoga, 2007).

Rayap subteran yang hidupnya mutlak tergantung dari adanya air, dan tanah merupakan sumber air utama bagi kehidupan darat. Itu sebabnya rayap subteran sering disebut rayap tanah karena memang ia terutama bersarang dalam tanah, tapi lebih banyak mencari makan di atas tanah. Namun rayap subteran mampu membuat sarang pada obyek di atas tanah. Tanpa berhubungan dengan tanah asalkan kebutuhan mutlaknya yaitu air tersedia.

Saat ini salah satu cara pengendalian rayap di Indonesia masih banyak menggunakan pestisida kimiawi seperti termitisida yang mahal harganya dan mengakibatkan terjadinya dampak buruk bagi di lingkungan. Dikhawatirkan terlalu seringnya menggunakan termitisida dapat memicu resistensi hama rayap terhadap termitisida tersebut, bahkan dikhawatirkan dapat memicu ledakan hama dan menyebabkan ledakan hama dan terbunuhnya musuh-musuh alami. Oleh sebab itu, salah satu cara pengendalian rayap dengan menggunakan agens hayati yang ramah lingkungan, murah, dapat diproduksi sendiri dan dapat digunakan lebih lanjut sehingga peningkatan kualitas lingkungan dapat tercapai.

Salah satu alternatif pengendalian hayati adalah dengan memanfaatkan Nematoda Entomopatogen (NEP) dari genus *Steinernema* sp. dan *Heterorhabditis* sp. yang sangat potensial untuk mengendalikan serangga hama dari ordo Lepidoptera, Coleoptera dan Diptera (Poinar, 1979). Kaya dan Gaugler (1993) mengatakan bahwa nematode entomopatogen mempunyai beberapa kelebihan yaitu bersifat virulen terhadap inangnya, membunuh serangga inang dengan cepat, mempunyai kisaran inang yang luas, tidak berbahaya bagi serangga bukan sasaran dan mudah dibiakkan secara *in vivo* maupun *in vitro* (Sulistyanto, D., 2013).

Beberapa agens hayati yang ada seperti nematoda, bakteri, virus, maupun jamur entomopatogen dapat digunakan sebagai alternatif pengendali rayap. Di antara beberapa agens hayati tersebut, nematoda entomopatogen tergolong masih baru digunakan. Penggunaannya secara luas baru diawali sejak tahun 80-an.

Meskipun demikian, nematoda entomopatogen sudah banyak dipergunakan di beberapa negara untuk dapat mengendalikan populasi rayap tanah (Lyon, 2000).

Keunggulan nematoda entomopatogen dibandingkan agens hayati lain adalah tidak berdampak buruk terhadap hama bukan sasaran, tidak menimbulkan residu, sinergis dengan beberapa agens hayati lain, mudah didapatkan, murah, mampu bertahan lama dalam tanah dan dapat berkembang biak dalam tubuh serangga serta dapat digunakan kembali untuk mengendalikan hama (Sulistyanto, D., 1999). Sehingga nematoda entomopatogen merupakan salah satu alternatif pengendali rayap tanah yang ramah lingkungan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

- a. Berapakah nilai LC_{50} dan LT_{50} dari netamoda *Steinernema* sp. dan *Heterorhabditis* sp. sebagai agen pengendali hayati ramah lingkungan pada rayap tanah *Coptotermes* sp. dan *Microtermes* sp. di Kabupaten Lumajang
- b. Manakah yang lebih efektif antara netamoda *Steinernema* sp. dan *Heterorhabditis* sp. sebagai agen pengendali hayati ramah lingkungan pada rayap tanah *Coptotermes* sp. dan *Microtermes* sp. di Kabupaten Lumajang

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Mengetahui konsentrasi paling efektif (LC_{50}) dan waktu paling efektif (LT_{50}) dari netamoda *Steinernema* sp. dan *Heterorhabditis* sp. sebagai agen pengendali hayati ramah lingkungan pada rayap tanah *Coptotermes* sp. dan *Microtermes* sp. di Kabupaten Lumajang
- b. Memilih agen hayati netamoda *Steinernema* sp. dan *Heterorhabditis* sp. yang lebih efektif sebagai agent pengendali hayati ramah lingkungan

pada rayap tanah *Coptotermes* sp. dan *Microtermes* sp. di Kabupaten Lumajang

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini, antara lain:

- a. Bagi peneliti, diharapkan dapat mengetahui konsep nematoda entomopatogen dalam pengendalian rayap tanah *Coptotermes* sp. dan *Microtermes* sp. di Kabupaten Lumajang
- b. Bagi peneliti ini diharapkan dapat memberikan informasi dan manfaat pengendalian secara ramah lingkungan dengan memanfaatkan NEP pada rayap tanah *Coptotermes* sp. dan *Microtermes* sp. di Kabupaten Lumajang.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Rayap Tanah *Coptotermes* sp.

Rayap adalah serangga kecil, sepinas lalu mirip dengan semut, dijumpai di banyak tempat, di hutan, pekarangan, kebun, dan bahkan di dalam rumah. Sarang rayap terdapat di tempat lembab di dalam tanah dan batang kayu basah, tetapi ada juga yang hidup di dalam kayu kering. Makanan utamanya adalah kayu dan bahan-bahan dari selulosa lain serta jamur (Amir, 2003 dalam Handru, *et. al*, 2012).

Di Indonesia rayap subteran yang paling banyak merusak adalah jenis-jenis dari famili Rhinotermitidae. Terutama dari genus *Coptotermes* (*Coptotermes* spp.) dan *Schedorhinotermes*. Perilaku rayap ini mirip rayap tanah seperti *Macrotermes* namun perbedaan utama adalah kemampuan *Coptotermes* untuk bersarang di dalam kayu yang diserangnya, walaupun tidak ada hubungan dengan tanah, asal saja sarang tersebut sekali-sekali memperoleh lembab, misalnya tetesan air hujan dari atap bangunan yang bocor. *Coptotermes* pernah diamati menyerang bagian-bagian kayu dari kapal minyak yang melayani pelayaran Palembang-Jakarta. *Coptotermes* sp. sering kali diamati menyerang pohon *Pinus merkusii* dan banyak menyebabkan kerugian pada bangunan (Handru, *et. al.*, 2012).

Kerusakan dan kerugian bangunan disebabkan oleh rayap tanah. Ada beberapa rayap tanah yang dapat menimbulkan kerugian pada lingkungan dan bangunan sekitar. Rayap (*Coptotermes* sp.) merupakan spesies asli yang banyak terdapat di daerah Indonesia Dan Malaysia, terutama di dataran rendah serta daerah dengan penyebaran curah hujan merata sepanjang tahun. Kondisi iklim dan tanah serta keragaman jenis tumbuhan di Indonesia yang tinggi sangat mendukung kehidupan rayap, 80% dataran Indonesia merupakan habitat yang baik bagi kehidupan berbagai jenis rayap (Nandika, *et. al.*, 2003).

Fakta di lapangan telah memberikan penjelasan yang sangat baik bagi kita semua, dimana bangunan gedung yang lantai terbawahnya terbuat dari konstruksi beton bertulang, berada pada ketinggian 1,5m di atas permukaan tanah

tetap terserang rayap setelah mencapai umur bangunan antara 15 – 20 tahun, dengan bentuk kerusakan yang sangat fatal, yaitu memerlukan penggantian komponen bangunan yang terbuat dari kayu, meskipun berada pada ketinggian > 7m. Seperti yang ditunjukkan pada contoh seperti pada gambar 3,4 dan 5. Bentuk keteledoran, kesalahan pelaksanaan dan kelengahan yang menjadi peluang besar bagi serangan rayap (Prayoga, 2007).

Tabel 2.1 Kerusakan komponen dan elemen bangunan akibat serangan rayap

No	Komponen/Elemen Bangunan	Bahan	Posisi	Kerusakan
1	Struktur atap (kuda-kuda)	Kayu	10,5 - 1,5 m	Perlemahan dan titik simpul/batang kehancuran
2	Rangka plafon	Kayu	2,8 - 11,5 m	Perlemahan dan titik simpul/batang kehancuran
3	Rangka partisi/pembatas ruang	Kayu	1,5 - 2,8 m	Kerusakan batang
4	Kusen jendela dan daun	Kayu	1,5 – 0,80 m	Keropos – hancur
5	Dinding	Batu bata	1,5 – 2,8 m	Terisi liang kembara
6	Pipa kabel listrik dan stop kontak	Besi & plastik	1,3 – 4,0 m	Terisi liang kembara

Sumber : Survey dan Pengendalian rayap di kampus ITS, 1996-2000. (Prayoga, 2007)

Menurut Thapa R. S. (1981), klasifikasi serangga rayap tanah *Coptotermes* sp. adalah sebagai berikut :

Ordo : Isoptera

Family : Rhinotermitidae

Subfamili : Coptotermitinae

Genus : Coptotermes

Spesies : *Coptotermes* sp.

Karakter morfologi yang diamati dari beberapa sampel rayap Genus *Coptotermes* yang ditemukan terdiri dari panjang kepala, lebar kepala, panjang mandibel, jumlah ruas tubuh, jumlah ruas antena, jumlah bulu pada kepala, bentuk

mandibel, dan bentuk pronotum. Genus *Coptotermes* memiliki kepala berwarna kuning, antena, lambrum, dan pronotum kuning pucat. Bentuk kepala bulat ukuran panjang sedikit lebih besar daripada lebarnya, memiliki fontanel yang lebar. Antena terdiri dari 9-15 segmen; segmen kedua dan segmen keempat sama panjangnya. Mandibel berbentuk seperti arit dan melengkung diujungnya; batas antara sebelah dalam dari mandible kanan sama sekali rata. Rata-rata panjang kepala tanpa mandibel pada seluruh sampel rayap berkisar antara 0.92-1.3 mm. Lebar kepala 0.97-1.14 mm. Bagian abdomen ditutupi dengan rambut yang menyerupai duri. Abdomen berwarna putih kekuning-kuningan dengan jumlah ruas antara 8-10 ruas (Tho , 1992).

Gambar 2.1. Kasta prajurit, Bentuk kepala dan Mandibel genus *Coptotermes* sp. (Subekti, 2010)

2.2 Rayap Tanah *Microtermes* sp.

Menurut Tho (1992), klasifikasi serangga rayap tanah *Microtermes* sp. adalah sebagai berikut :

Ordo : Isoptera

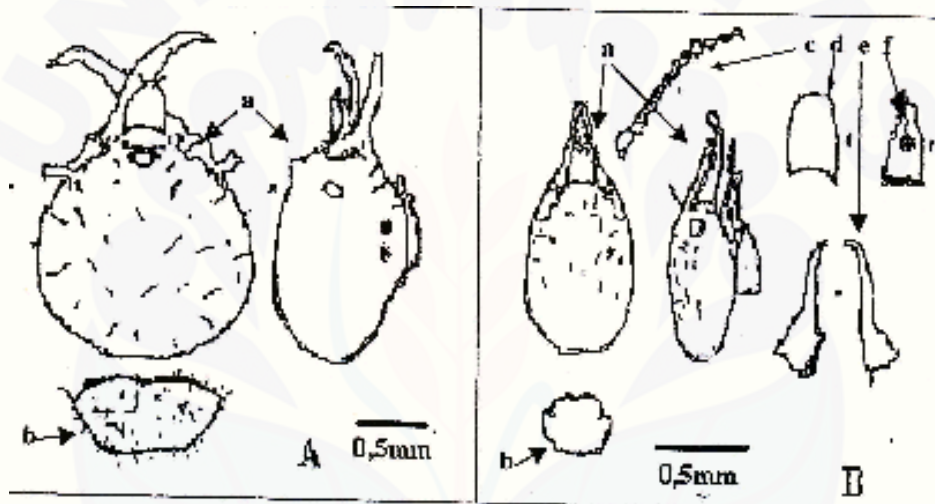
Family : Rhinotermitidae

Subfamili : Macrotermitinae

Genus : Microtermes

Spesies : *Microtermes* sp.

Hanya sebagian kecil saja spesies dalam genus *Microtermes* yang berperan sebagai hama tanaman pertanian. Namun sebagian spesies tersebut dapat menyebabkan kerusakan yang sangat besar. Genus *Microtermes* sulit dibedakan dengan genus *Odontermes* dan *Hypotermes* (Tho, 1992). Biasanya para peneliti membedakannya berdasarkan panjang sayap dan jumlah ruas antenna. Sayap *Microtermes* sp. lebih panjang dari dua genus lainnya dan ruas antenanya berjumlah 15-18 ruas. Selain itu, kasta prajurit pada *Microtermes* sp. memiliki mandibula yang berbentuk kurva, bersifat monomorfisme, dan kasta pekerja *Microtermes* sp. bersifat dimorfise. Rayap pekerja utama biasanya berukuran lebih besar dibandingkan rayap prajurit (Tho, 1992)



Gambar 2.2 Bagian Kepala rayap (Tho, 1992)

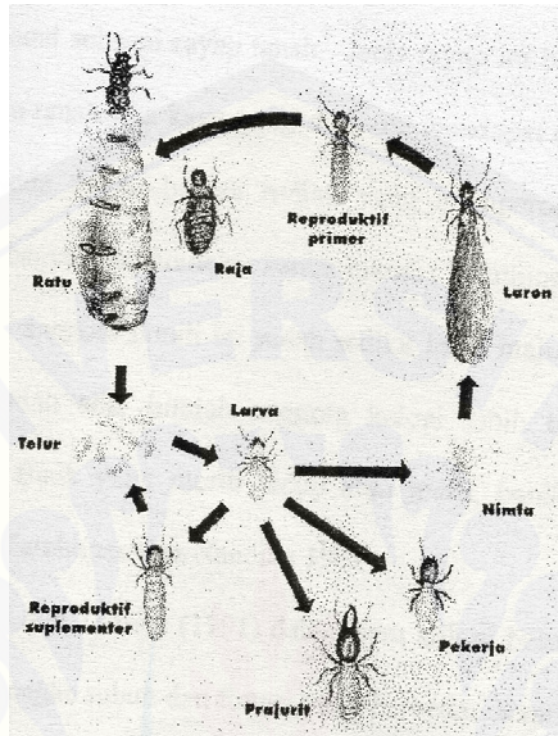
A. *Coptotermes* sp.; dan B. *Microtermes* sp.

Bagian-bagian: a. Kepala tampak samping dan tampak depan;

b. Protonum; c. Antenna; d. Postmentum; e. Labrum; f. Mandibula

Rayap merupakan serangga berukuran kecil yang hidup berkelompok dengan sistem kasta yang berkembang sempurna. Serangga ini masuk dalam ordo isoptera (dari bahasa Yunani, iso = sama dan ptera = sayap) (Borror,1992). Rayap merupakan serangga dengan makanan utama berupa kayu atau bahan lain yang mengandung selulosa seperti sabuk kelapa, rumput, kertas, karton, tekstil dan

kulit-kulit tanaman. Selulosa merupakan polisakarida penyusun utama dinding sel tumbuhan dengan rumus kimia $(C_6H_{10}O_5)_n$ (Evert, 2006).



Gambar 2.3. Siklus Hidup Rayap (Nandika, *et al.*, 1996)

Spesies rayap dari genus *Coptotermes* (Famili Rhinotermitidae) disebutkan sebagai hama isopteran yang sangat destruktif menyerang kayu dan bahan ber kayu di dunia (Takematsu *et al.*, 2005) dan berbagai spesies rayap ini ditemukan di Indonesia, seperti di Pulau Jawa, Sulawesi, Kalimantan, dan Sumatera (Astuti, 2013).

2.3 Pengendalian Rayap Tanah Secara Kimiawi

Pengendalian rayap tanah hingga saat ini masih banyak menggunakan bahan kimia. Beberapa pestisida kimiawi yang sering digunakan memiliki peran yang aktif terhadap lingkungan, sehingga perlu dilakukan pengendalian dengan menggunakan agens hayati yang ramah lingkungan.

Beberapa pestisida kimiawi yang sering digunakan untuk pengendalian rayap antara lain: bifenthrin (Biflex), cypermethrin (Demon TC), permethrin (Dragnet FT), chlorpyrifos (Dursban TC), chlorpyrifos (Equity), cypermethrin (Prevail), chlorpyrifos (tenure), permethrin (Prelude), fenvalerate (Tribute). Pestisida kimiawi lain yang sering digunakan di Indonesia adalah dari golongan Hexaflumuron (Husni *et al*, 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). Insektisida pengendalian rayap dapat diaplikasikan dalam beberapa cara. Biasanya umum dilakukan adalah melalui penyemprotan (*spraying*) pada permukaan tanah atau mencampurkan termitisida dalam bentuk serbuk atau granula dengan tanah. Beberapa teknik lain yang dapat digunakan adalah melalui teknik penyuntikan (*injection*) pada bagian pohon atau sistem perakaran tanaman yang terserang atau dengan cara penyiraman (*drenching*) di sekitar perakaran tanaman. Termitisida dapat pula diaplikasikan secara lokal atau hanya pada lubang tanam. Cara ini biasanya digunakan pada tanaman yang disemai di persemaian atau dipelihara terlebih dahulu di dalam polybag sebelum ditanam ke lapangan. Teknik lain penggunaan termitisida adalah dengan mengaplikasikan secara langsung pada sarang rayap yang berada di dalam tanah. Untuk cara ini umumnya digunakan senyawa kimia yang mudah menguap (*fumigant*) (Arinana, 2002).

Penggunaan insektisida organoclorine aldrin untuk melindungi tanaman, pada tingkat semai atau pohon telah diketahui luas. Namun demikian, penggunaan senyawa kimia ini untuk memberikan perlindungan kepada tanaman dilakukan sebelum larangan penggunaan organoclorine. Saat ini senyawa kimia komersial yang dapat digunakan adalah permethrin, oftanol, chlorpyrifos, endosulfan, carbofuran, dan tablet fumigant aluminium fosfida. Chlorpyrifos telah digunakan secara luas untuk perlindungan tanaman, dan memiliki keandalan yang cukup baik (Arinana, 2002).

Penggunaan agens hayati dari golongan bakteri, virus, nematoda, dan jamur entomopatogen merupakan alternatif lain pengendali rayap tanah (Lyon,

2000). Kebanyakan pengendalian rayap tanah di Indonesia masih menggunakan pestisida kimiawi (Muhibuddin, 2001). Maka pengendalian rayap tanah dengan menggunakan nematoda entomopatogen merupakan alternatif baru yang tepat untuk digunakan di Indonesia (Nandika *et al*, 1999).

2.4 Pengendalian Rayap Tanah Secara Hayati

2.4.1 Agens Pengendali Hayati : Jamur, Bakteri, Virus

Bacillus thuringiensis merupakan salah satu bakteri patogen pada serangga. Bakteri ini tergolong ke dalam kelas Schizomycetes, ordo Eubacteriales, famili Bacillaceae . *B. thuringiensis* adalah bakteri yang mempunyai sel vegetatif berbentuk batang dengan ukuran panjang 3 – 5 μm dan lebar 1,0 – 1,2 μm , mempunyai flagella dan membentuk spora. Sel-sel vegetatif dapat membentuk suatu rantai yang terdiri dari lima sampai enam sel. Sifat-sifat bakteri ini adalah gram positif, aerob tetapi umumnya anaerob fakultatif, dapat tumbuh pada media buatan dan suhu untuk pertumbuhan berkisar antara 15°-40°C (Sulistyanto, 2013).

Ciri khas yang terdapat pada *B. thuringiensis* adalah kemampuannya membentuk kristal (tubuh paraspora) bersamaan dengan pembentukan spora, yaitu pada waktu sel mengalami sporulasi. Kristal tersebut merupakan komplek protein yang mengandung toksin (δ - endotoksin) yang terbentuk di dalam sel 2-3 jam setelah akhir fase eksponensial dan baru keluar dari sel pada waktu sel mengalami autolisis setelah sporulasi sempurna. Sembilan puluh lima persen kristal terdiri dari protein dengan asam amino terbanyak terdiri dari asam glutamat, asam aspartat dan arginin, sedangkan lima persen terdiri dari karbohidrat yaitu mannanosa dan glukosa (Sulistyanto, 2013).

Agens hayati *B. thuringiensis* (*Bt*) var. kurstaki merupakan pathogen serangga yang paling banyak digunakan untuk mengendalikan serangga hama dibandingkan dengan *Bt*. var. lainnya. Pengendalian dengan menggunakan *Bt* merupakan alternative pengendalian yang sangat tepat dalam konsep Pengelolaan Hama Terpadu (PHT). Sampai saat ini kebanyakan *Bt* digunakan untuk

mengendalikan hama-hama tanaman sayuran, pangan, dan perkebunan (Muhibuddin, 2001).

Bakteri *Bt* merupakan bakteri pembentuk spora yang dapat meracuni serangga apabila melepaskan kristalin tubuh parasporal ke dalam tubuh serangga. Kristalin tubuh parasporal ini mengandung satu atau lebih toksin insektisidal dan akan dilepaskan *Bt* pada saat sporulasi. Di dalam pencernaan serangga, kristalin tubuh parasporal ini akan diaktifkan oleh enzim protease pencernaan yang selanjutnya akan bersifat toksik dan dapat membunuh serangga karena pH dalam tubuh serangga > 8 (Muhibuddin, 2001).

Bakteri *Bt* memiliki 150 sub spesies yang masing-masing dibedakan berdasarkan karakteristik imunologi protein flagella permukaan selnya. Gen pengkode kristalin tubuh parasporal *Bt*. dinamakan dengan *Cry*. Biasanya peneliti mengelompokkan target serangga sasaran berdasarkan gen pengkode kristalin tubuh parasporal, misalnya *Cry I* digunakan untuk mengendalikan serangga dari ordo Lepidoptera dan *Cry II* untuk mengendalikan Coleoptera (Muhibuddin, 2001).

Penggunaan *Bt* untuk mengendalikan rayap sudah dimulai sejak tahun 1980-an. Sampai sekarang masih banyak penelitian yang dilakukan berkaitan dengan penggunaan *Bt* sebagai pengendali rayap (Lyon, 2000). Thuricide merupakan nama dagang pestisida berbahan aktif *Bt* yang banyak digunakan di beberapa Negara sebagai agens pengendali serangga hama tanaman pertanian dan perkebunan (Muhibuddin, 2001).

Agens pengendali hayati lain yang sering digunakan untuk mengendalikan serangga hama tanaman pertanian dan perkebunan adalah Nephro Polyhedral Virus (NPV). NPV merupakan agens hayati yang sudah banyak digunakan di beberapa Negara untuk mengendalikan hama tanaman pertanian dan perkebunan (Muhibuddin, 2001).

Kemampuan NPV dalam membunuh serangga sasaran melalui infeksi dalam alat pencernaan merupakan suatu keunggulan yang jarang dimiliki oleh agens hayati lain. Komponen NPV yang paling infektif adalah nukleokapsid yang tertelak dalam virion. Virion biasanya terbungkus dalam tubuh pembawa yang

terbuat dari matriks protein berbentuk segi banyak. Matriks protein ini biasanya disebut dengan Polyhedral Inclusion Bodies (PIB) merupakan komponen paling penting untuk menjaga stabilitas NPV (Yaman *et al.*, 2000).

Penggunaan NPV sebagai agens pengendali hayati rayap tanah merupakan suatu hal yang masih baru dilaksanakan di dunia. Kebanyakan NPV digunakan untuk mengendalikan serangga-serangga hama dari ordo Lepidoptera. Serangga lain yang juga sering dikendalikan dengan menggunakan NPV adalah dari ordo Hymenoptera dan Coleoptera (Yaman *et al.*, 2000).

Jamur *Trichoderma harzianum* merupakan agens pengendali hayati yang sudah banyak digunakan untuk mengendalikan penyakit-penyakit tanaman pertanian dan tanaman perkebunan. Penggunaan *T. harzianum* sebagai agens pengendali hayati merupakan alternatif yang tepat karena *T. harzianum* tidak mengganggu terhadap lingkungan hidup maupun terhadap manusia (Muhibuddin, 2001). Selain sebagai agens hayati pengendali penyakit tanaman, jamur *T. harzianum* merupakan jamur yang bersifat sellulolitik karena dapat menghasilkan enzim hemicellulolytik yang diduga dapat berfungsi sebagai decomposer bahan-bahan selulosa (Rashti, 2000).

Penggunaan *T. harzianum* sebagai agens pengendali hayati serangga hama merupakan alternative baru pengendalian hama di dunia. Meskipun demikian, cukup besar peluang penggunaan *T. harzianum* sebagai agens pengendali serangga hama mengingat kemampuan *T. harzianum* dalam membunuh serangga hama (Lyon, 2000).

Selain itu teknik pengendalian hayati juga dapat menggunakan teknik pengendalian dengan teknik budidaya. Pengendalian dengan teknik budidaya dilakukan sejak persiapan lahan, pengolahan tanah, pemilihan jenis, sampai pemeliharaan tanaman. Persiapan lahan bekas hutan untuk perkebunan bahwa lahan tersebut bukan habitat yang baik untuk rayap, maka hal-hal yang perlu diperhatikan adalah kayu-kayu dari sisa penebangan sebaiknya dikumpulkan, kemudian dikeringkan dan dibakar sampai kayu habis, dan kemudian dilakukan pengolahan tanah. Pengendalian rayap melalui teknik budidaya dapat juga dilakukan dengan memanipulasi kelembaban tanah melalui teknik irigasi.

Intensitas hujan dan irigasi berhubungan dengan serangan rayap pada tanaman, karena; (1) tingkat aktivitas jelajah rayap berhubungan dengan tingkat kelembaban tanah; (2) kekurangan dan kelebihan air akan mempengaruhi tingkat kesehatan tanaman. Di India, rayap menyerang perkebunan teh terutama selama musim hujan, demikian juga dari hasil penelitian lapangan ditunjukkan bahwa serangan rayap tertinggi di areal perkebunan kacang tanah dan gandum terjadi pada saat tingkat kelembaban tanah tinggi dimana aktivitas jelajah rayap juga sangat tinggi (Arinana, 2002).

Pengendalian hayati meliputi penggunaan musuh-musuh alami, yang biasanya berhubungan dengan rayap tetapi tidak memberikan pengaruh yang berbahaya kecuali apabila berada pada jumlah yang besar. Pengendalian ini diarahkan untuk memanipulasi musuh-musuh alami tersebut sehingga dapat mengurangi populasi rayap sampai tingkat yang dapat diterima secara ekonomis (Arinana, 2002).

2.4.2 Nematoda Entomopatogen

Nematoda Entomopatogen (NEP) adalah agens pengendali hayati yang ada di sekitar kita, karena berada di dalam tanah sebagai parasit serangga tanah. Nematoda entomopatogen (NEP) memiliki virulensi yang tinggi terhadap inangnya, membunuh inangnya yang cepat (24-48), dapat diproduksi secara masal baik di media *in vitro* atau *in vivo* dengan biaya yang relatif murah, diaplikasikan dengan mudah dan kompatibel dengan insektisida yang lain (Sulistyanto, 2013).

Nematoda entomo patogen merupakan salah satu agens pengendali hayati hama tanaman yang sangat potensial, karena secara aktif mencari serangga inang sasaran sehingga dapat digunakan untuk mengendalikan hama-hama yang berada dalam jaringan tanaman seperti hama pengorok daun (leafminer) dan penggerek batang (stemborer). Di samping itu pemanfaatan NEP untuk mengendalikan hama tanaman dapat mengurangi dampak negatif dari penggunaan pestisida sintetik, karena bersifat spesifik menyerang serangga-serangga yang menjadi hama tanaman.

Nematoda entomopatogen sebagai salah satu pengendali hayati serangga hama telah banyak diteliti efektivitasnya terhadap hama hortikultura, pangan, dan perkebunan yang dapat menyebabkan mortalitas yang tinggi, sehingga mempunyai peluang untuk dijadikan agens hayati serta dapat diproduksi dalam skala kecil ditingkat petani maupun skala industry untuk diperdagangkan sebagaimana bioinsektisida yang lain (Sulistyanto, 2013).

Nematoda entomopatogen mempunyai habitat di dalam tanah. Hampir di seluruh tempat di Indonesia mengandung jenis nematoda tersebut. Setiap tempat memberikan karakteristik sendiri bagi nematoda, tergantung kondisi iklim suatu daerah. Kedua jenis nematoda tersebut dapat dibedakan dengan gejala yang ditimbulkannya pada serangga. Jenis *Steinernema* menunjukkan gejala berwarna coklat, sedangkan *Heterorhabditis* menunjukkan warna kemerahan (Nugrohorini, 2012).

Alternatif pengendalian hama yang aman bagi lingkungan dan dapat menekan residu kimia pada produk pertanian adalah dengan memanfaatkan agens hayati seperti nematoda dan jamur entomopatogen. Nematoda entomopatogen sangat berpotensi sebagai agens hayati karena bergerak secara aktif mencari inang dan persisten. Efektivitas pengendalian yang cukup lama dapat terjadi karena nematoda entomopatogen melangsungkan siklus hidup di dalam tubuh inang. Nematoda entomopatogen melakukan penetrasi masuk ke dalam tubuh serangga hama melalui lubang alami seperti mulut, anus, lubang trachea atau menembus langsung kutikula (Ehlers, 2001).

Pengembangan pengendalian hama utama tomat dengan nematoda dan jamur entomopatogen yang efektif dan efisien sangat penting untuk dilaksanakan agar dapat meningkatkan produktivitas tanaman tomat dengan tetap memperhatikan kualitas lingkungan hidup yang aman (Dyah *et al*, 2007).

Nematoda entomopatogen sangat efektif dalam mengendalikan serangga terutama yang hidup di tanah, ditempat tersembunyi dan juga pada serangga daun. NEP memiliki sifat aktif sampai mampu menyerang pada larva serangga. Sehingga NEP memiliki kisaran serangga inang yang sangat luas (tabel 2.2).

Tabel 2.2. Penggunaan *Steinernematidae* dan *Heterorhabditidae* sebagai agen pengendali hayati (Ehler, 2001)

FAMILI DAN SPESIES	SERANGGA TARGET	REFERENSI
<i>Heterorhabditidae</i>		
<i>Heterorhaditis bacteriophora</i>	Lepidoptera, Coleoptera	Begley (1990). Klein (1990)
<i>H. megidis</i>	Coleoptera	Klein (1990)
<i>H. marelatus</i>	Coleoptera, Lepidoptera	Liu dan Berry (1996), Berry <i>et al.</i> (1997)
<i>Steinernematidae</i>		
<i>Steinernema carpocapsae</i>	Lepidoptera, Coleoptera, Siphonoptera	Begley (1990), Klein (1990), Georgia dan Manwailer (1994)
<i>S. feltiae</i>	Diptera (Sciaridae)	Begley (1990), Klein (1990)
<i>S. glaseri</i>	Coleoptera (Scarabaeidae)	Klein (1990)
<i>S. kushidai</i>	Coleoptera (Scarabaeidae)	Ogura (1993)
<i>S. riobrave</i>	Lepidoptera, Orthoptera	Cabanillas <i>et al.</i> (1994)
	Coleoptera (Curculionidae)	Cabanillas dan Raulston (1994)
<i>S. scapterisci</i>	Orthoptera (mole crickets)	Parkman <i>et al.</i> (1993)

Sebagai agens pengendali hayati, NEP mempunyai beberapa keunggulan dibandingkan pestisida kimia, yaitu pada kemampuannya mencari inang dan membunuh dengan cepat (24-48 jam) dan kemampuan untuk *survive* dan *recycling* di dalam tanah (Kaya & Gaugler, 1993). Pengembangan nematoda untuk pengendalian hayati terkonsentrasi pada penggunaan nematoda untuk mengendalikan moluska dan serangga hama yang hidup di tanah. NEP mudah diaplikasikan dengan menggunakan alat sprayer standar, dan kompatibel dengan cara pengendalian kimia yang lain, dengan konsentrasi $0,5 \times 10^6$ /m² NEP *Heterorhabditis bacteriophora* dapat membunuh *Phyllopertha horticola* sebesar 89% (Sulistyanto, 1999).

2.5 Biologi dan Ekologi Nematoda Entomopatogen Isolat Lokal *Steinernema* sp. dan *Heterorhabditis* sp.

Klasifikasi *Heterorhabditis indicus* menurut Poinar (1990) sebagai berikut:

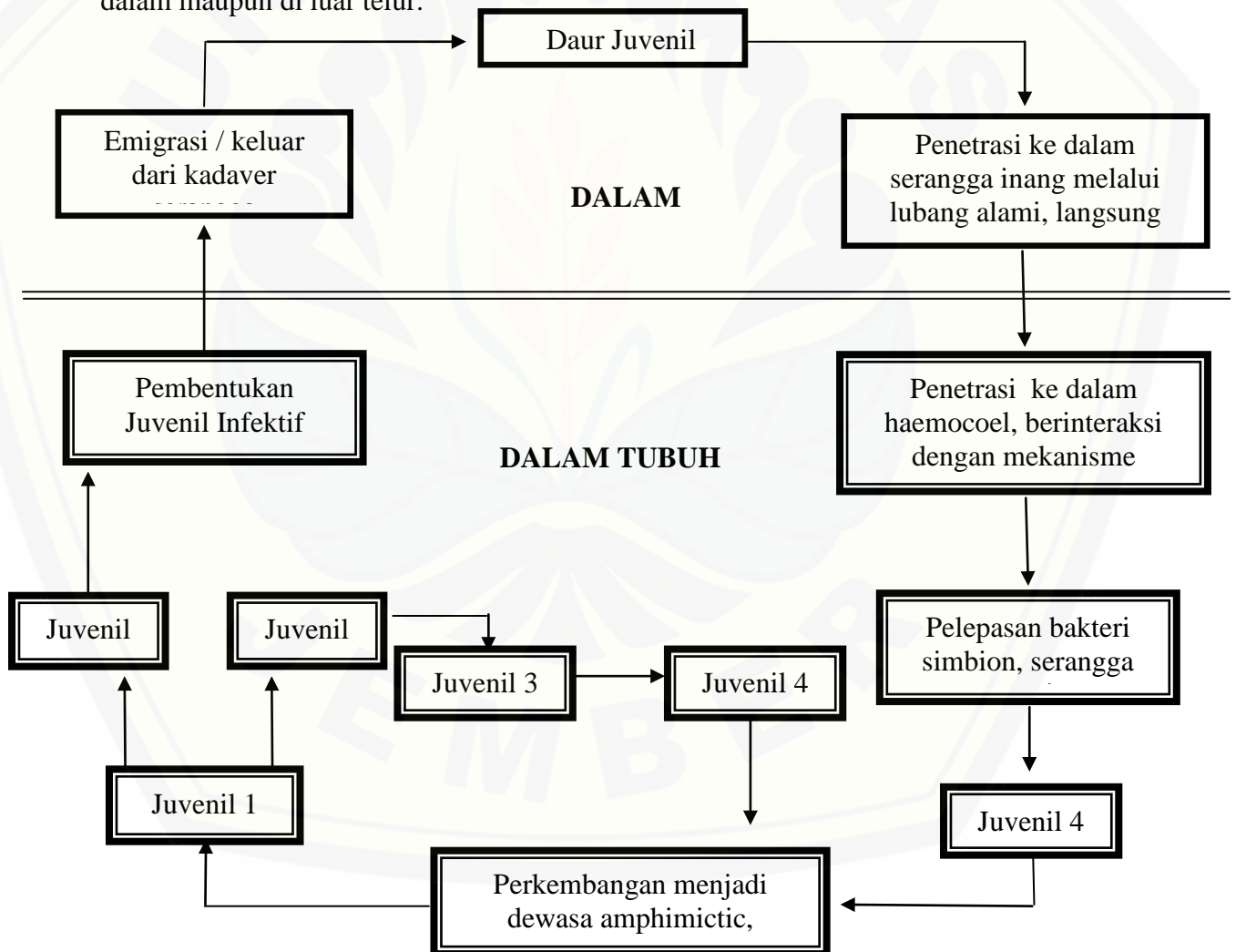
Kingdom	: Animalia
Filum	: Nematoda
Kelas	: Secermentae
Ordo	: Rhabditida
Famili	: Rhabditidae
Genus	: Heterorhabditis
Species	: <i>Heterorhabditis indicus</i>

Gambar 2.4 Infektif juvenil *Steinernema carpocapsae* All strain (Glazer dan Lewis, 2003: 230)

Nematoda *Steinernema* sp. dan *Heterorhabditis* sp. dapat diproduksi massal sebagai biopestisida, karena mereka dapat berkembang dengan mudah dalam jumlah yang besar dengan media padat yang murah. Nematoda *Steinernema* sp. dan *Heterorhabditis* sp. merupakan isolat lokal sebagai pengendali hayati hama (Sulistyanto, 2013).

Nematoda *Steinernema* sp. dan *Heterorhabditis* sp. berturut-turut memiliki simbiose yang khas dengan bakteri *Xenorhabdus* sp. dan *Photorhabdus* sp. Kedua jenis bakteri inilah yang sangat berperan sebagai agens pengendali serangga karena kemampuannya untuk memproduksi toksin insektisidal sehingga mampu membunuh serangga sasaran (Bowen & Ensign, 1998).

Menurut Glazer *et al* (1994), nematoda *Steinernema* sp. dan *Heterorhabditis* sp. memiliki siklus yang sederhana dan memiliki stadia utama perkembangan terdiri dari telur, jufenile dan dewasa. Seperti nematoda pada umumnya, nematoda *Steinernema* sp. dan *Heterorhabditis* sp. mengalami empat kali pergantian kulit sebelum mencapai dewasa. Keempat-empatnya terjadi baik di dalam maupun di luar telur.



Gambar 2.5 Siklus Hidup Nematoda Entomopatogen (Ehlers dan Peters, 1996)

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini termasuk jenis penelitian eksperimental laboratorium dengan pendekatan deskriptif kuantitatif, yaitu untuk mendeskripsikan efektifitas netamoda *Steinernema* sp. dan *Heterorhabditis* sp. sebagai agen pengendali hayati ramah lingkungan pada rayap tanah *Coptotermes* sp. dan *Microtermes* sp. di Kabupaten Lumajang.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Kabupaten Lumajang yaitu Kecamatan Sukodono, Kunir, Pasirian dan Klakah sebagai tempat pengambilan sampel rayap tanah. Penelitian laboratorium dilakukan di Laboratorium Perlindungan Tanaman Hayati Jurusan Hama dan Penyakit Fakultas Pertanian Universitas Jember. Penelitian dilaksanakan pada bulan Januari - Juli 2014.

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut. Tahap awal (a) pengambilan sampel rayap tanah, alat dan bahan yang dibutuhkan adalah cetok, plastik, kertas label, tanah, nampan, tanah, rayap, kayu; (b) uji patogenitas nematoda entomopatogen pada rayap, alat dan bahan yang digunakan adalah rayap, wadah plastik kecil, nematoda *Steinernema* sp. dan *Heterorhabditis* sp., cawan petri, pinset, pipet, kertas saring, potongan kayu sebagai suplai makanan, bak kecil, pengaduk tanah, plastik, kapas penutup, botol uji, termitarium, nampan, rayap tanah *Coptotermes* sp. dan *Microtermes* sp.,

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Pengambilan Sampel Rayap Tanah *Coptotermes* sp. dan *Microtermes* sp.

Pengambilan sampel rayap tanah *Coptotermes* sp. dan *Microtermes* sp. akan dilakukan di lahan pertanian di wilayah kabupaten Lumajang sampel tanah dan rayap tanah *Coptotermes* sp. dan *Microtermes* sp. diambil dari beberapa

wilayah di kecamatan Sukodono, Kunir, Pasirian dan Klakah (Gambar 3.1). Pengambilan sampel dilakukan di empat kecamatan dengan satu desa per kecamatan, antara lain :

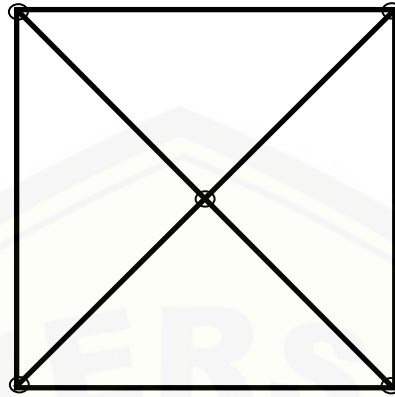
- a. Kecamatan Sukodono, desa Kutorenon : 5 titik dalam 1 petak luas 0,2 Ha
- b. Kecamatan Kunir, desa Kedungmoro : 5 titik dalam 1 petak luas 0,2 Ha
- c. Kecamatan Pasirian, desa Nguter : 5 titik dalam 1 petak luas 0,2 Ha
- d. Kecamatan Klakah, desa Kudus : 5 titik dalam 1 petak luas 0,2 Ha



■ Kunir ■ Pasirian ■ Sukodono ■ Klakah

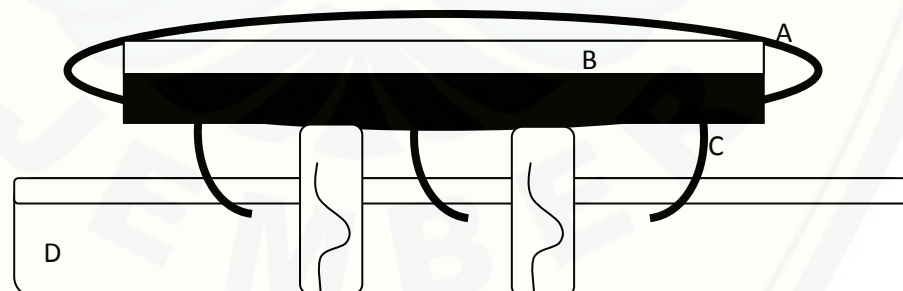
Gambar 3.1 Peta Kabupaten Lumajang
(<http://www.lumajang.go.id/petakab2011.php>)

Pengambilan sampel rayap tanah *Coptotermes* sp. dan *Microtermes* sp. dilakukan pada setiap petak lahan dengan denah pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Denah Pengambilan Sampel Rayap Tanah

Penyesuaian kondisi rayap dilakukan pada wadah plastik berukuran 20 cm x 30 cm x 10 cm yang diisi dengan media tanah habitat rayap, di dalam wadah juga diletakkan kayu sebagai makanan rayap. Pada bagian bawah diberi sumbu yang dihubungkan dengan bak berisi air yang dimaksudkan untuk menjaga kelembaban dalam wadah. Wadah tersebut selanjutnya ditutup dengan plastik hitam dan disimpan di dalam ruangan gelap dengan suplai oksigen yang baik. Penyesuaian kondisi rayap dengan lingkungan baru dilakukan selama sebulan atau lebih yang dimaksudkan untuk memberi lingkungan baru yang kondusif bagi rayap (Muhibuddin, 2001).



Gambar 3.3 Teknik penyesuaian rayap sebelum diperlakukan.
 a. Plastik penutup, b. Termitarium, c. Sumbu dan
 d. kotak air (Muhibuddin, 2001)

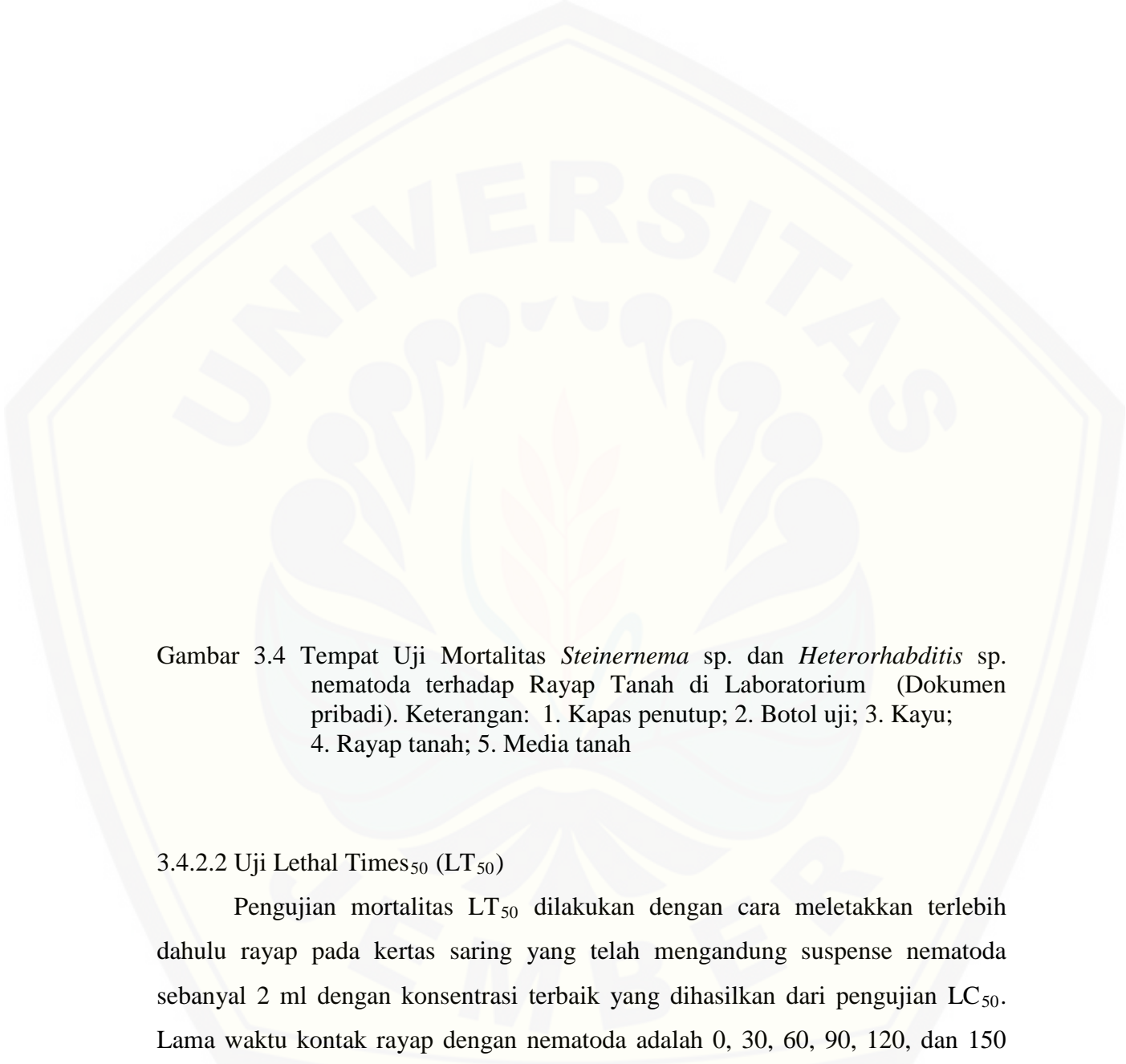
3.4.2 Uji Patogenitas Nematoda *Steinernema* sp. dan *Heterorhabditis* sp. terhadap rayap tanah *Coptotermes* sp. dan *Microtermes* sp.

3.4.2.1 Uji Lethal Concentrate₅₀ (LC₅₀)

Imago yang digunakan sejumlah 10 ekor rayap tanah *Coptotermes* sp. atau *Microtermes* sp. kasta prajurit yang diletakkan dalam wadah plastik kecil yang dapat menampung volume tanah seberat 75g dan kondusif dengan kondisi perlakuan. Selama pengujian kotak-kotak pengujian diletakkan dalam ruang gelap dan dijaga dari stress lingkungan. Suplai makanan rayap berupa potongan kayu seberat 10g. Perlakuan kontrol dengan pemberian air steril sebagai pengganti nematoda digunakan sebagai pembanding. Berdasarkan penelitian sebelumnya (Arinana. 2002), konsentrasi nematoda yang digunakan adalah 0 IJ/ml, 50 IJ/ml, 150 IJ/ml, 250 IJ/ml, 350 IJ/ml, 450 IJ/ml, 550 IJ/ml. Kemudian botol uji disimpan dalam ruang gelap selama 24, 48, 72, 96, 120 jam. Pengamatan dilakukan terhadap jumlah rayap yang mati akibat nematoda. Presentase mortalitas rayap dianalisis dengan menggunakan Uji ANAVA. Analisis LC₅₀, nematoda terhadap rayap dilakukan dengan menghitung rata-rata mortalitas rayap terlebih dahulu dengan menggunakan persamaan Abbot dan selanjutnya dianalisis menggunakan Analisis Probit.

Tabel 3.1. Konsentrasi Nematoda dalam Perlakuan

Jenis Nematoda	Konsentrasi (IJ/ml)
<i>Steinernema</i> sp.	50
<i>Steinernema</i> sp.	150
<i>Steinernema</i> sp.	250
<i>Steinernema</i> sp.	350
<i>Steinernema</i> sp.	450
<i>Steinernema</i> sp.	550
<i>Heterorhabditis</i> sp.	50
<i>Heterorhabditis</i> sp.	150
<i>Heterorhabditis</i> sp.	250
<i>Heterorhabditis</i> sp.	350
<i>Heterorhabditis</i> sp.	450
<i>Heterorhabditis</i> sp.	550



Gambar 3.4 Tempat Uji Mortalitas *Steinernema* sp. dan *Heterorhabditis* sp. nematoda terhadap Rayap Tanah di Laboratorium (Dokumen pribadi). Keterangan: 1. Kapas penutup; 2. Botol uji; 3. Kayu; 4. Rayap tanah; 5. Media tanah

3.4.2.2 Uji Lethal Times₅₀ (LT₅₀)

Pengujian mortalitas LT₅₀ dilakukan dengan cara meletakkan terlebih dahulu rayap pada kertas saring yang telah mengandung suspense nematoda sebanyak 2 ml dengan konsentrasi terbaik yang dihasilkan dari pengujian LC₅₀. Lama waktu kontak rayap dengan nematoda adalah 0, 30, 60, 90, 120, dan 150 menit. Masing-masing perlakuan dilakukan pengulangan sebanyak lima kali. Setelah terjadi kontak selama waktu yang telah ditentukan selanjutnya rayap dipindahkan dalam botol uji yang bentuk dan ukurannya sama dengan pengujian yang digunakan untuk LC₅₀. Kemudian botol uji disimpan dalam ruang gelap

selama 48 jam. Pengamatan dilakukan terhadap jumlah rayap yang mati akibat nematoda. Persentase mortalitas rayap dianalisis dengan menggunakan Uji ANAVA. Analisis LT_{50} dilakukan dengan menghitung rata-rata mortalitas rayap terlebih dahulu dengan menggunakan Persamaan Abbot dan selanjutnya dianalisis menggunakan Analisis Probit.

Gambar 3.5 Pengujian Mortalitas (LT_{50}) Nematoda *Steinernema* sp. dan *Heterorhabditis* sp. terhadap Rayap Tanah di Laboratorium (Dokumen Pribadi). Keterangan: 1. Cawan petri; 2. Kertas saring; 3. Rayap tanah

3.4.3 Uji Efikasi Terhadap Rayap

Pengujian dilakukan di dalam termitarium berisi media dan diletakkan pada ruang kultur rayap ($28 \pm 1^\circ\text{C}$). Termitarium diletakkan di atas nampan yang di atasnya telah diberi ganjal berupa kayu melintang kemudian didalam nampan tersebut diberi air. Media berupa campuran dari tanah sebanyak 1000 gram dan serpihan kayu sebanyak 75 gram. Tanah dan serpihan kayu sebelum digunakan

harus dalam kondisi steril. Pada setiap termitarium disemprotkan larutan (air + nematoda) yang telah mengandung nematoda konsentrasi disesuaikan dengan hasil terbaik dari uji LC₅₀ dan juga termitarium yang hanya disemprotkan air tanpa mengandung nematoda sebagai kontrol. Air berfungsi sebagai penjaga kelembaban bagi kebutuhan rayap dan media bagi nematoda. Kemudian, dalam 1 unit termitarium dimasukkan sebanyak 50 ekor rayap tanah. Bagian bawah termitarium diberi lubang dengan diameter ± 1 cm dan serpihan kayu di atasnya, sehingga kelembaban media selalu terjaga.

Lama waktu kontak rayap dengan nematode adalah 48 jam. Pada hari kedua dilakukan pembongkaran dan dilakukan perhitungan mortalitas rayap. Persentase mortalitas rayap dihitung pada saat pembongkaran (Arinana, 2002).

Gambar 3.6 Tempat Uji Efikasi Nematoda Entomopatogen Terhadap Rayap Tanah (Dokumen pribadi). Keterangan: 1. Termitarium; 2. Tanah; 3. Serpihan kayu; 4. Rayap

3.5 Analisis Data

Seluruh data persentase kematian rayap dianalisis menggunakan analisis varian ANAVA. Untuk uji LC_{50} dan LT_{50} dianalisis dengan menggunakan analisis probit. Nilai LC_{50} diperoleh dengan cara membuat persamaan regresi antara nilai logaritma₁₀ konsentrasi dengan nilai probit empirik yang didapatkan dari persentase kematian setelah dihitung dengan persamaan Abbot. Nilai LT_{50} diperoleh dengan cara membuat persamaan regresi antara nilai logaritma₁₀ waktu dengan nilai probit empirik yang didapatkan dari persentase kematian setelah dihitung dengan persamaan Abbot (Arinana, 2002).

Persamaan Abbot tersebut adalah:

$$A = \frac{a - b}{100 - b} \times 100\%$$

Dimana :

A : Persentase mortalitas rayap setelah dihitung dengan persamaan Abbot

a : Persentase mortalitas masing-masing perlakuan

b : Persentase mortalitas kontrol pada masing-masing perlakuan

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Penelitian tesis tentang “Agens Pengendali Hayati Ramah Lingkungan Nematoda Entomopatogen *Steinernema* Sp. dan *Heterorhabditis* Sp. Sebagai Pengendali Hama Rayap Tanah *Coptotermes* Sp. dan *Microtermes* Sp. di Kabupaten Lumajang” dilakukan di Kabupaten Lumajang yaitu Kecamatan Sukodono, Kunir, Pasirian dan Klakah sebagai tempat pengambilan sampel rayap tanah. Penelitian laboratorium dilaksanakan pada bulan Januari - Juli 2014 di Laboratorium Perlindungan Tanaman Hayati Jurusan Hama dan Penyakit Fakultas Pertanian Universitas Jember.

4.1.1 Patogenesitas Nematoda Terhadap Rayap *Coptotermes* sp. Dan *Microtermes* sp.

4.1.1.1 Lethal Concentrate₅₀ (LC₅₀)

Uji LC₅₀ dilakukan untuk mengetahui konsentrasi yang diperlukan untuk dapat membunuh atau menyebabkan kematian optimal pada rayap tanah. Nematoda yang digunakan adalah *Heterorhabditis* sp. dan *Steinernema* sp. Dengan rayap tanah *Coptotermes* sp. dan *Microtermes* sp. sebagai serangga inang sasarannya.

Tabel 4.1. Pengaruh Berbagai Konsentrasi Nematoda *Heterorhabditis* sp. dan *Steinernema* sp Terhadap Mortalitas Rayap Tanah *Coptotermes* sp. dan *Microtermes* sp.

Konsentrasi (IJ/10ml)	Persentase Mortalitas Rayap (%)			
	<i>Coptotermes</i> sp.		<i>Microtermes</i> sp.	
	<i>Heterorhabditis</i> sp.	<i>Steinernema</i> sp.	<i>Heterorhabditis</i> sp.	<i>Steinernema</i> sp.
0 (kontrol)	4,00±0,0a	2,00±0,0a	6,00±0,0a	6,00±0,0a
50	42,00±3,9b	30,00±7,9b	56,00±9,4b	46,00±2,4b
150	54,00±5,9b	44,00±10,2b	64,00±10,5b	54,00±6,9b
250	62,00±9,2b	50,00±2,5b	64,00±5,3b	68,00±3,7b
350	66,00±10,5b	56,00±7,3b	72,00±8,9b	72,00±4,5b
450	70,00±1,8b	60,00±9,2b	76,00±4,5b	74,00±6,3b
550	82,00±11,1b	80,00±1,0b	78,00±11,1b	78,00±5,6b

Keterangan : Angka yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata pada uji Duncan taraf kepercayaan 95%. IJ : Infektif Juvenil

Rata-rata persentase mortalitas rayap *Coptotermes* sp. dari kontrol hingga konsentrasi tertinggi (550 IJ/ml) akibat nematoda *Heterorhabditis* sp. berkisar antara 4% sampai 82%, yaitu untuk kontrol memiliki rata-rata mortalitas 4%, konsentrasi 50 IJ/ml memiliki rata-rata mortalitas 42%, konsentrasi 150 IJ/ml memiliki rata-rata mortalitas 54%, konsentrasi 250 IJ/ml memiliki rata-rata mortalitas 62%, konsentrasi 350 IJ/ml memiliki rata-rata mortalitas 66%, konsentrasi 450 IJ/ml memiliki rata-rata mortalitas 70%, konsentrasi 550 IJ/ml memiliki rata-rata mortalitas 82%. Rata-rata persentase mortalitas rayap *Coptotermes* sp akibat dari nematoda *Steinernema* sp. berkisar 2% sampai 80%, yaitu untuk kontrol memiliki rata-rata mortalitas 2%, konsentrasi 50 IJ/ml memiliki rata-rata mortalitas 30%, konsentrasi 150 IJ/ml memiliki rata-rata mortalitas 44%, konsentrasi 250 IJ/ml memiliki rata-rata mortalitas 50%, konsentrasi 350 IJ/ml memiliki rata-rata mortalitas 56%, konsentrasi 450 IJ/ml memiliki rata-rata mortalitas 60%, konsentrasi 550 IJ/ml memiliki rata-rata mortalitas 80%.

Rata-rata persentase mortalitas rayap *Microtermes* sp. akibat nematoda *Heterorhabditis* sp. berkisar antara 6% sampai 78%, yaitu untuk kontrol memiliki rata-rata mortalitas 6%, konsentrasi 50 IJ/ml memiliki rata-rata mortalitas 56%, konsentrasi 150 IJ/ml memiliki rata-rata mortalitas 64%, konsentrasi 250 IJ/ml memiliki rata-rata mortalitas 64%, konsentrasi 350 IJ/ml memiliki rata-rata mortalitas 72%, konsentrasi 450 IJ/ml memiliki rata-rata mortalitas 76%, konsentrasi 550 IJ/ml memiliki rata-rata mortalitas 78%. Rata-rata persentase mortalitas rayap *Microtermes* sp. akibat dari nematoda *Steinernema* sp. berkisar 6% sampai 78%, yaitu untuk kontrol memiliki rata-rata mortalitas 6%, konsentrasi 50 IJ/ml memiliki rata-rata mortalitas 46%, konsentrasi 150 IJ/ml memiliki rata-rata mortalitas 54%, konsentrasi 250 IJ/ml memiliki rata-rata mortalitas 68%, konsentrasi 350 IJ/ml memiliki rata-rata mortalitas 72%, konsentrasi 450 IJ/ml memiliki rata-rata mortalitas 74%, konsentrasi 550 IJ/ml memiliki rata-rata mortalitas 78%. Hasil Pengamatan menunjukkan bahwa rayap tanah *Coptotermes* sp. terus meningkat seiring dengan bertambahnya konsentrasi nematoda seperti Tabel 4. 1.

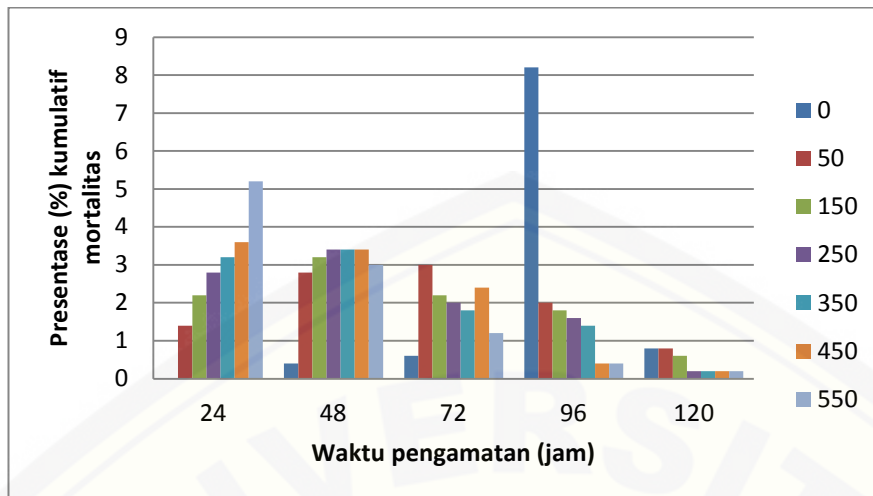
Analisa keragaman menunjukkan adanya perbedaan nyata antara kontrol dan perlakuan konsentrasi. Namun, antar perlakuan konsentrasi tidak berbeda nyata.

Tabel 4.2 Analisis Varian *Heterorhabditis* sp. dan *Steinernema* sp. Terhadap Rayap Tanah *Coptotermes* sp. dan *Microtermes* sp.

Parameter	F hitung	Sig.	Keterangan
<i>Coptotermes</i> sp. - <i>Heterorhabditis</i> sp.	56,750	0,000	Signifikan
<i>Coptotermes</i> sp. - <i>Steinernema</i> sp.	118,741	0,000	Signifikan
<i>Microtermes</i> sp. - <i>Heterorhabditis</i> sp.	55,128	0,000	Signifikan
<i>Microtermes</i> sp. - <i>Steinernema</i> sp.	123,370	0,000	Signifikan

Analisis keragaman menunjukkan bahwa pengaruh konsentrasi memberikan pengaruh yang nyata terhadap mortalitas rayap tanah *Coptotermes* sp. akibat *Heterorhabditis* sp. sebesar 56,750 dan p value 0,000, mortalitas rayap tanah *Coptotermes* sp. akibat *Steinernema* sp. sebesar 118,741 dan p value 0,000. Pengaruh konsentrasi memberikan pengaruh yang nyata terhadap mortalitas rayap tanah *Microtermes* sp. akibat *Heterorhabditis* sp. sebesar 55,128 dan p value 0,000, mortalitas rayap tanah *Microtermes* sp. akibat *Steinernema* sp. sebesar 123,370 dan p value 0,000. Perbedaan konsentrasi optimal ini diduga karena adanya mekanisme kompetisi nematoda yang terjadi pada aplikasi.

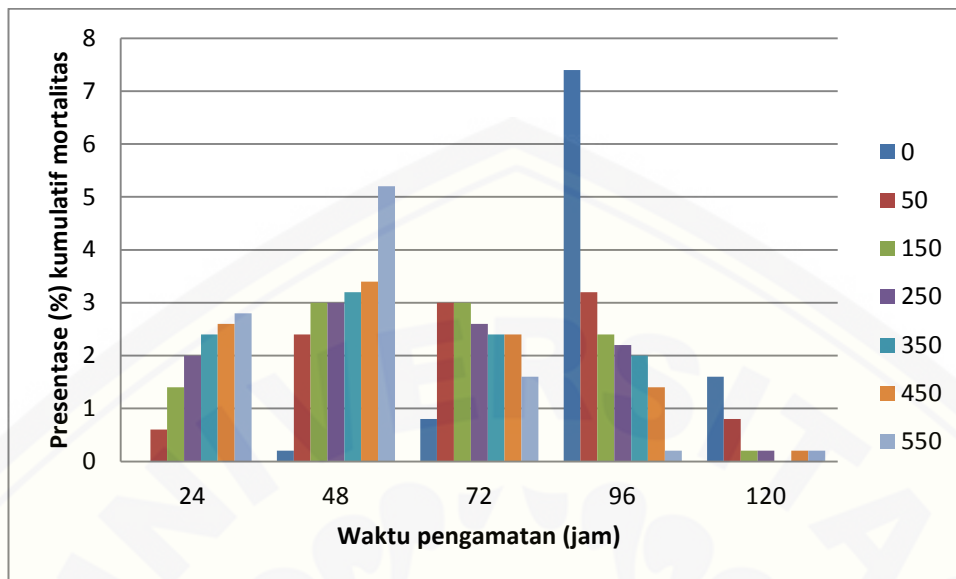
Analisis keragaman dari uji lanjut menunjukkan adanya perbedaan nyata antara kontrol dan perlakuan konsentrasi. Namun, antar perlakuan konsentrasi tidak berbeda nyata dengan nilai signifikansi 0,000 yang ditunjukkan pada tabel 4.2.



Gambar 4.1. Grafik Persentase (%) kumulatif kematian rayap tanah *Coptotermes* sp. oleh *Heterorhabditis* sp. (IJ/ml) (IJ ; Infektif juvenile)

Grafik laju kematian rayap tanah *Coptotermes* sp. oleh *Heterorhabditis* sp. mengalami peningkatan dengan diikutinya peningkatan konsentrasi nematoda pada setiap perlakuan. Prosentase mortalitas mengalami peningkatan yang tinggi pada konsentrasi 550 IJ/ml dan 450 IJ/ml. Pada konsentrasi 550 IJ/ml dan 450 IJ/ml laju kematian sudah tinggi sejak pengamatan 24 jam. Sehingga pada jam berikutnya jumlah rayap tinggal sedikit. Untuk konsentrasi 50 IJ/ml kematian tertinggi terjadi pada jam ke 72. Konsentrasi 150 IJ/ml kematian tertinggi pada waktu pengamatan 48 jam, begitu pula untuk konsentrasi 250 IJ/ml dan 350 IJ/ml. Konsentrasi 450 IJ/ml kematian tertinggi sejak waktu pengamatan 24 jam.

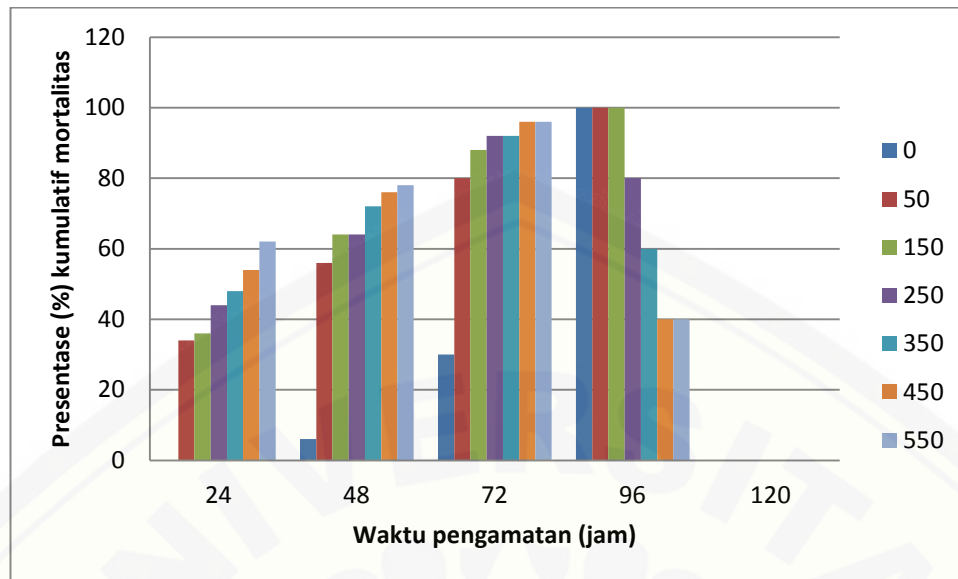
Sedangkan kontrol mulai mengalami kematian pada waktu pengamatan 96 jam. Kematian rayap tanah pada perlakuan kontrol bias disebabkan karena adanya perlakuan pembongkaran rayap tanah pada saat pengamatan. Sehingga rayap tanah mengalami stress dan kondisi lingkungan sudah tidak sesuai dengan habitat rayap tanah itu untuk hidup. Rayap tanah memiliki sifat mobilitas yang tinggi.



Gambar 4.2. Grafik Persentase (%) kumulatif kematian rayap tanah *Coptotermes* sp. oleh *Steirnerinema* sp. (IJ/ml) (IJ ; Infektif juvenile)

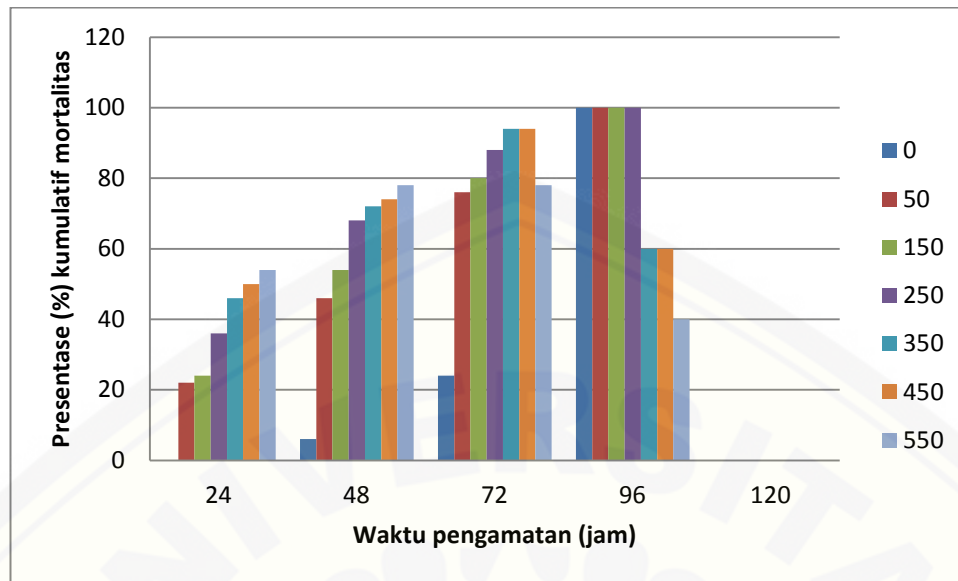
Kematiap rayap tanah *Coptotermes* sp. oleh *Steirnerinema* sp. secara kumulatif yaitu 150 IJ/ml, 250 IJ/ml, 350 IJ/ml, 450 IJ/ml dan 550 IJ/ml mengalami peningkatan kematian pada waktu pengamatan 48 jam setelah aplikasi. Untuk konsentrasi 50 IJ/ml mengalami peningkatan kematian pada waktu pengamatan 72 jam setelah aplikasi. Pada waktu pengamatan 96 jam setelah aplikasi rata-rata kontrol ada yang mengalami kematian. Kematian ini bisa disebabkan karena pengaruh pembongkaran pada saat pengamatan.

Kematian rayap tanah pada perlakuan kontrol bias disebabkan karena adanya perlakuan pembongkaran rayap tanah pada saat pengamatan. Sehingga rayap tanah mengalami stress dan kondisi lingkungan sudah tidak sesuai dengan habitat rayap tanah itu untuk hidup. Rayap tanah memiliki sifat mobilitas yang tinggi.



Gambar 4.3. Grafik Persentase (%) kumulatif kematian rayap tanah *Microtermes* sp. oleh *Heterorhabditis* sp. (IJ/ml) (IJ ; Infektif juvenile)

Laju kematian rayap tanah *Microtermes* sp. oleh *Heterorhabditis* sp. diawal 24 jam setelah aplikasi sudah mengalami kematian yang tinggi pada konsentrasi 50 IJ/ml, 150 IJ/ml, 250 IJ/ml, 350 IJ/ml, 450 IJ/ml, 550 IJ/ml. Mortalitas tertinggi pada konsentrasi 250 IJ/ml, 350 IJ/ml, 450 IJ/ml, 550 IJ/ml terjadi pada 72 jam setelah aplikasi. Sedangkan pada konsentrasi 50 IJ/ml dan 150 IJ/ml terjadi pada 92 jam setelah aplikasi. Tingginya kematian rayap tanah *Microtermes* sp. oleh *Heterorhabditis* sp. disertai dengan kematian *Microtermes* sp. yang cepat dapat dilihat dari kematian kontrol. Menurut Downes & Griffin (1996), *Heterorhabditis* sp. dapat dengan cepat membunuh inang karena memiliki mobilitas yang tinggi dalam hal mencari dan mendapatkan inang. Berdasarkan penelitian Wang, *et. al.* (1995), bahwa setelah berada ditubuh inang, bakteri simbiosis *Heterorhabditis* sp. akan cepat mengeluarkan racun yang dapat segera membunuh inang. Dilain pihak, aktifitas *Microtermes* sp. yang lambat akan lebih mudah *Heterorhabditis* sp. untuk menemukan dan sekaligus mempenetrasinya sehingga kematian *Microtermes* sp. akibat nematoda *Heterorhabditis* sp. akan lebih cepat terjadi.



Gambar 4.4. Grafik Persentase (%) kumulatif kematian rayap tanah *Microtermes* sp. oleh *Steirnerinema* sp. (IJ/ml) (IJ ; Infektif juvenile)

Kematian rayap tanah *Microtermes* sp. oleh *Steirnerinema* sp. diawal 24 jam setelah aplikasi sudah mengalami kematian yang tinggi pada konsentrasi 50 IJ/ml, 150 IJ/ml, 250 IJ/ml, 350 IJ/ml, 450 IJ/ml, 550 IJ/ml. Rata-rata kematian tertinggi pada konsentrasi 50 IJ/ml, 150 IJ/ml, 250 IJ/ml terjadi pada 96 jam setelah aplikasi. Sedangkan rata-rata kematian tertinggi pada konsentrasi 350 IJ/ml, 450 IJ/ml, 550 IJ/m terjadi pada 72 jam setelah aplikasi. Tingginya kematian rayap tanah *Microtermes* sp. oleh *Steirnerinema* sp. disertai dengan kematian *Microtermes* sp. yang cepat dapat dilihat dari kematian kontrol. Laju kematian pada rayap tanah *Microtermes* sp. oleh *Steirnerinema* sp. lebih tinggi kematiannya akibat nematoda *Heterorhabditis* sp.

Berdasarkan hasil perhitungan persentase mortalitas selanjutnya dilakukan analisis, untuk mengetahui nilai LC_{50} dari masing-masing jenis nematoda terhadap rayap tanah *Coptotermes* sp. dan *Microtermes* sp. Persamaan regresi antara log konsentrasi dengan nilai probit nematoda *Heterorhabditis* sp. dan *Steirnerinema* sp. terhadap mortalitas *Coptotermes* sp. dan *Microtermes* sp. masing-masing ditunjukkan pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Persamaan Regresi Antara Log Konsentrasi dengan Nilai Probit Rayap Tanah *Coptotermes* sp. dan *Microtermes* sp.

Perlakuan	Persamaan Regresi
<i>Coptotermes</i> sp.	
- <i>Heterorhabditis</i> sp.	$Y = -2,898 + 3,403X$
- <i>Steinernema</i> sp.	$Y = -1,068 + 2,018X$
<i>Microtermes</i> sp.	
- <i>Heterorhabditis</i> sp.	$Y = -2,988 + 3,641X$
- <i>Steinernema</i> sp.	$Y = -3,582 + 4,691X$

Nilai regresi dari rayap tanah *Coptotermes* sp. akibat *Heterorhabditis* sp. jika konsentrasi nematoda (X) nilainya 0, maka mortalitas (Y) nilainya -2,898. Apabila konsentrasi mengalami peningkatan 1 IJ/ml maka akan mengalami peningkatan mortalitas sebesar 3,403. Nilai regresi dari rayap tanah *Coptotermes* sp. akibat *Steinernema* sp. jika konsentrasi nematoda (X) nilainya 0, maka mortalitas (Y) nilainya -1,068. Apabila konsentrasi mengalami peningkatan 1 IJ/ml maka akan mengalami peningkatan mortalitas sebesar 2,018. Nilai regresi dari rayap tanah *Microtermes* sp. akibat *Heterorhabditis* sp. jika konsentrasi nematoda (X) nilainya 0, maka mortalitas (Y) nilainya -2,988. Apabila konsentrasi mengalami peningkatan 1 IJ/ml maka akan mengalami peningkatan mortalitas sebesar 3,641. Nilai regresi dari rayap tanah *Microtermes* sp. akibat *Steinernema* sp. jika konsentrasi nematoda (X) nilainya 0, maka mortalitas (Y) nilainya -3,582. Apabila konsentrasi mengalami peningkatan 1 IJ/ml maka akan mengalami peningkatan mortalitas sebesar 4,691. Koefisien bernilai positif artinya terjadi hubungan positif antara konsentrasi dengan mortalitas rayap.

Berdasarkan hasil perhitungan presentase mortalitas dengan dilakukan analisis dengan menggunakan analisis probit, maka dapat diketahui nilai Lethal Concentrate₅₀ (LC₅₀) dari masing-masing spesies nematoda terhadap rayap *Coptotermes* sp. dan *Microtermes* sp. ditunjukkan pada tabel 4.4. Nilai LC 50 *Heterorhabditis* sp. dan *Steinernema* sp. Terhadap Rayap Tanah *Coptotermes* sp. dan *Microtermes* sp.

Tabel 4.4 Nilai LC₅₀ Nematoda *Heterorhabditis* sp. dan *Steinernema* sp. terhadap *Coptotermes* sp. dan *Microtermes* sp. (IJ/ml)

Jenis Nematoda	<i>Coptotermes</i> sp.	<i>Microtermes</i> sp.
<i>Heterorhabditis</i> sp.	14,94	16,54
<i>Steinernema</i> sp.	15,22	20,39

Berdasarkan data tersebut dapat dijelaskan bahwa untuk membunuh 50% populasi rayap tanah *Coptotermes* sp. diperlukan nematoda *Heterorhabditis* sp. dengan konsentrasi 14,94 IJ/ml dan nematoda *Steinernema* sp. dengan konsentrasi 15,22 IJ/ml. *Microtermes* sp. diperlukan nematoda *Heterorhabditis* sp. dengan konsentrasi 16,54 IJ/ml dan nematoda *Steinernema* sp. dengan konsentrasi 20,39 IJ/ml.

4.1.1.2 Lethal Time₅₀ (LT₅₀)

Konsentrasi nematoda yang digunakan untuk uji LT₅₀ adalah 550 IJ/ml, yang ditetapkan berdasarkan hasil terbaik dari uji LC₅₀.

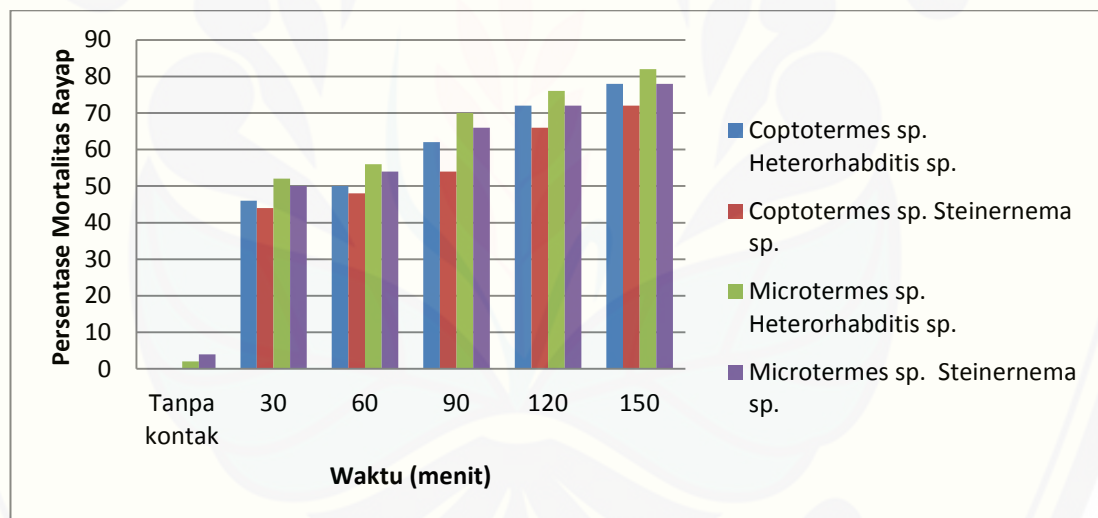
Tabel 4.5. Pengaruh Berbagai Waktu Nematoda *Heterorhabditis* sp. dan *Steinernema* sp Terhadap Mortalitas Rayap Tanah *Coptotermes* sp. dan *Microtermes* sp. setelah diamati 48 jam Setelah Aplikasi

Waktu kontak (menit)	Persentase Mortalitas Rayap(%)			
	<i>Coptotermes</i> sp.		<i>Microtermes</i> sp.	
	<i>Heterorhabditis</i> sp.	<i>Steinernema</i> sp.	<i>Heterorhabditis</i> sp.	<i>Steinernema</i> sp.
Tanpa kontak	0±0,0a	0±0,0a	2±0,4a	4±0,5a
30	46±1,1b	44±0,9b	52±1,1b	50±1,0b
60	50±1,6b	48±1,3b	56±1,1b	54±1,1b
90	62±1,3b	54±1,1b	70±1,2b	66±1,5b
120	72±0,8b	66±1,3b	76±1,1b	72±1,3b
150	78±1,3b	72±0,8b	82±0,8b	78±0,8b

Keterangan : Angka yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata pada uji Duncan taraf kepercayaan 95%.

Rata-rata prosentase mortalitas rayap tanah *Coptotermes* sp. akibat *Heterorhabditis* sp. berkisar antara 0% sampai 78% dan rayap tanah *Coptotermes* sp. akibat *Steinernema* sp. berkisar antara 0% sampai 72%. Sedangkan rata-rata mortalitas terhadap rayap tanah *Microtermes* sp. akibat *Heterorhabditis* sp. berkisar antara 2% sampai 82% dan rayap tanah *Microtermes* sp. akibat *Steinernema* sp. berkisar antara 4% sampai 78%. Berdasarkan tabel 4.5. rata-rata mortalitas terhadap Rayap Tanah *Coptotermes* sp. dan *Microtermes* sp. pada beberapa waktu kontak yang bervariasi (LT_{50}) yang diamati setelah 48 jam setelah aplikasi.

Pengujian Lethal Time₅₀ yang bervariasi waktunya ini dimaksudkan untuk mengetahui waktu kontak yang optimal yang dibutuhkan oleh nematoda untuk kontak dengan rayap tanah hingga nematoda dapat menyebabkan kematian secara optimal pada rayap tanah.



Gambar 4.5 Grafik Laju Kematian Rayap *Coptotermes* sp. dan *Microtermes* sp. pada beberapa waktu kontak yang bervariasi.

Laju kematian rayap tanah *Microtermes* sp. mengalami mortalitas yang tinggi terutama pada nematoda *Heterorhabditis* sp. ini terjadi pada beberapa perbedaan waktu yang dilakukan. Pada rayap tanah *Coptotermes* sp. kematian tertinggi pada nematoda *Heterorhabditis* sp. terjadi pada perbedaan kontak dengan nematoda, baik pada waktu 30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit, dan

150 menit. Laju kematian rayap tanah *Microtermes* sp. mengalami mortalitas yang tinggi terutama pada nematoda *Heterorhabditis* sp. ini terjadi pada beberapa perbedaan waktu yang dilakukan, baik pada waktu 30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit, dan 150 menit. Mortalitas tertinggi terjadi pada rayap tanah *Microtermes* sp., karena pada rayap tanah *Microtermes* sp. memiliki resistensi yang sangat rendah. Sehingga mudah sekali mengalami kematian pada saat kondisi lingkungan sekitarnya tidak memungkinkan.

Berdasarkan hasil perhitungan persentase mortalitas tersebut selanjutnya dianalisis dengan analisis probit, untuk mengetahui nilai LT_{50} untuk masing-masing jenis nematoda terhadap rayap tanah *Coptotermes* sp. dan *Microtermes* sp.

Tabel 4.6 Persamaan Regresi Antara Log Waktu dengan Nilai Probit Rayap Tanah *Coptotermes* sp. dan *Microtermes* sp.

Perlakuan	Persamaan Regresi
<i>Coptotermes</i> sp.	
- <i>Heterorhabditis</i> sp.	$Y = -1,772 + 0,198X$
- <i>Steinernema</i> sp.	$Y = -1,922 + 0,250X$
<i>Microtermes</i> sp.	
- <i>Heterorhabditis</i> sp.	$Y = -2,391 + 0,788X$
- <i>Steinernema</i> sp.	$Y = -2,191 + 0,569X$

Nilai regresi dari rayap tanah *Coptotermes* sp. akibat *Heterorhabditis* sp. jika lama waktu kontak nematoda (X) nilainya 0, maka mortalitas (Y) nilainya -1,772. Apabila lama waktu kontak mengalami peningkatan 1 jam maka akan mengalami peningkatan mortalitas sebesar 0,198. Nilai regresi dari rayap tanah *Coptotermes* sp. akibat *Steinernema* sp. jika lama waktu kontak nematoda (X) nilainya 0, maka mortalitas (Y) nilainya -1,922. Apabila lama waktu kontak mengalami peningkatan 1 jam maka akan mengalami peningkatan mortalitas sebesar 0,250. Nilai regresi dari rayap tanah *Microtermes* sp. akibat *Heterorhabditis* sp jika lama waktu kontak nematoda (X) nilainya 0, maka mortalitas (Y) nilainya -2,391. Apabila lama waktu kontak mengalami

peningkatan 1 jam maka akan mengalami peningkatan mortalitas sebesar 0,788. Nilai regresi dari rayap tanah *Microtermes* sp. akibat *Steinernema* sp. jika lama waktu kontak nematoda (X) nilainya 0, maka mortalitas (Y) nilainya -2,191. Apabila lama waktu kontak mengalami peningkatan 1 jam maka akan mengalami peningkatan mortalitas sebesar 0,569. Koefisien bernilai positif artinya terjadi hubungan positif antara lama waktu kontak rayap dengan mortalitas rayap.

Tabel 4.7 Nilai LT_{50} Nematoda *Steinernema* sp dan *Heterorhabditis* sp terhadap *Coptotermes* sp. dan *Microtermes* sp.

Jenis Nematoda	Waktu (jam)	
	<i>Coptotermes</i> sp.	<i>Microtermes</i> sp.
<i>Heterorhabditis</i> sp.	1,29	2,14
<i>Steinernema</i> sp.	1,35	1,82

Nilai LT_{50} berarti untuk menyebabkan kematian 50% dari seluruh populasi rayap dibutuhkan waktu sebesar nilai LT_{50} itu sendiri. Berdasarkan data tersebut dapat dijelaskan bahwa untuk membunuh 50% populasi rayap tanah *Coptotermes* sp. diperlukan nematoda *Heterorhabditis* sp dengan waktu 1,29 jam dan nematoda *Steinernema* sp. dengan waktu 1,35 jam. Untuk membunuh 50% populasi rayap tanah *Microtermes* sp. diperlukan nematoda *Heterorhabditis* sp. dengan waktu 2,14 jam dan nematoda *Steinernema* sp. dengan waktu 1,82 jam.

4.1.2 Uji Efikasi Nematoda Terhadap Rayap Tanah *Coptotermes* sp. dan *Microtermes* sp.

Dalam uji efikasi konsentrasi yang digunakan adalah 550 IJ/ml yang merupakan hasil terbaik dari LC_{50} dengan lama pengamatan adalah 48 jam (2 hari). Uji efikasi berguna untuk mengetahui patogenitas nematoda apabila diaplikasikan pada lapang. Hasil percobaan uji Efikasi pada Tabel rata-rata persentase mortalitas Terhadap Rayap Tanah *Coptotermes* sp. dan *Microtermes* sp.

Tabel 4.8 Rata-Rata Mortalitas Terhadap Rayap Tanah *Coptotermes* sp. dan *Microtermes* sp. setelah 48 jam (%)

Konsentrasi (IJ/ml)	Persentase Mortalitas Rayap (%)			
	<i>Coptotermes</i> sp.		<i>Microtermes</i> sp.	
	<i>Heterorhabditis</i> sp.	<i>Steinernema</i> sp.	<i>Heterorhabditis</i> sp.	<i>Steinernema</i> sp.
0	0,8	1,2	2	2,4
550	85,2	81,2	88,8	83,2

Laju kematian tertinggi pada rayap tanah *Coptotermes* sp. akibat nematoda *Heterorhabditis* sp. dan *Steinernema* sp. adalah 85,2% dan 81,2%. Pada rayap tanah *Microtermes* sp. tingkat kematian semakin besar akibat *Heterorhabditis* sp. dikarenakan laju pertumbuhan nematoda semakin meningkat, ini ditunjukkan dengan semakin banyaknya nematoda yang tumbuh. Pengamatan menunjukkan bahwa kematian tertinggi pada rayap tanah *Coptotermes* sp. akibat nematoda *Heterorhabditis* sp. dan *Steinernema* sp. adalah 88,8% dan 83,2%.

4.2 Pembahasan

4.2.1 Lethal Concentrate₅₀ (LC₅₀)

Uji LC₅₀ dilakukan untuk mengetahui konsentrasi yang diperlukan untuk dapat membunuh atau menyebabkan kematian optimal pada rayap tanah. Nematoda yang digunakan adalah *Heterorhabditis* sp. dan *Steinernema* sp. Dengan rayap tanah *Coptotermes* sp. dan *Microtermes* sp. sebagai serangga inang sasarannya.

Rata-rata persentase mortalitas rayap *Coptotermes* sp. akibat nematoda *Heterorhabditis* sp. berkisar antara 4% sampai 82% dan akibat dari nematoda *Steinernema* sp. berkisar 2% sampai 80%. Sedangkan rata-rata persentase mortalitas rayap *Microtermes* sp. akibat nematoda *Heterorhabditis* sp. berkisar antara 6% sampai 78% dan akibat dari nematoda *Steinernema* sp. berkisar 6% sampai 78%. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa rayap tanah *Coptotermes* sp. terus meningkat seiring dengan bertambahnya konsentrasi nematoda seperti Tabel 4. 1.

Nematoda entomopatogen memiliki karakteristik ekologi yang mirip dengan rayap tanah. Rayap tanah dan nematoda entomopatogen memerlukan tanah untuk habitatnya. Rayap memerlukan air untuk menjaga kelembapan sarang dan liang kembara sedangkan nematoda memerlukan air untuk pergerakan dan aktivitasnya. Aplikasi nematoda entomopatogen akan memberikan prospek pengendalian yang baik karena sarang rayap tanah tersusun dari tanah yang lembab, sehingga nematoda dapat mencari dan menemukan sarang inangnya (rayap). Aktivitas rayap tanah selalu menghindari sinar matahari. Aktivitas rayap dilakukan melalui liang-liang kembara dan sarangnya memiliki lubang ventilasi yang kecil, sehingga cahaya sedikit sekali yang masuk ke dalam sarang nematoda.

Tingginya kematian rayap *Coptotermes* sp. dan *Microtermes* sp. akibat aplikasi nematoda *Heterorhabditis* sp. dan *Steinernema* sp. berbeda nyata dengan kontrol dan tidak ada perbedaan nyata antar konsentrasi perlakuan.

Berdasarkan analisis keragaman menunjukkan bahwa konsentrasi memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap mortalitas rayap tanah baik karena nematoda *Heterorhabditis* sp. dan *Steinernema* sp. yang ditunjukkan dengan nilai p value atau signifikansi uji sebesar 0,000. Hasil ini menunjukkan bahwa konsentrasi nematoda *Heterorhabditis* sp. dan *Steinernema* sp. sebesar 550 IJ/ml mampu memberikan pengaruh nyata terhadap mortalitas rayap. Hasil ini berarti konsentrasi nematoda sebesar 550 IJ/ml masih belum melebihi kapasitas kompetisi nematoda pada suatu aplikasi. Perbandingan nilai mortalitas rayap tanah *Coptotermes* sp. dan *Microtermes* sp. antar konsentrasi memiliki nilai yang bervariasi dan semakin meningkat dengan diikuti peningkatan konsentrasi.

Berdasarkan uji Duncan, pada kematian *Coptotermes* sp. akibat *Heterorhabditis* sp. tertinggi pada selisih mean dari konsentrasi 250 IJ/ml dan 350 IJ/ml. Kematian *Coptotermes* sp. akibat dan *Steinernema* sp. tertinggi pada selisih mean dari konsentrasi 150 IJ/ml dan 250 IJ/ml.

Kematian *Coptotermes* sp. akibat *Heterorhabditis* sp. telah mencapai prosentase yang tinggi sejak pengamatan 24 jam setelah dilakukan aplikasi. Setelah berada dalam tubuh inang, bakteri simbiosis *H. bacteriophora* akan cepat mengeluarkan racun yang dapat segera membunuh

inang (Wang, *et al.*, 1995). Menurut Downes dan Griffin (1996), *H. bacteriophora* mampu membunuh inang dengan cepat karena dapat bergerak aktif mencari serangga dan dapat mempenetrasinya dengan segera setelah aplikasi. Berdasarkan hal tersebut yang menyebabkan kematian *Coptotermes* sp. akibat *Heterorhabditis* sp. dapat terjadi sejak 24 jam setelah aplikasi nematoda dengan persentase kematian yang tinggi dibandingkan akibat dari nematoda *Steinernema* sp. Kematian tertinggi pada rayap tanah *Coptotermes* sp. akibat *Heterorhabditis* sp. terjadi pada hari ke dua, dan kematian tertinggi pada rayap tanah *Coptotermes* sp. akibat *Steinernema* sp. terjadi pada hari ke tiga. Ini disebabkan karena gerak aktif nematode *Heterorhabditis* sp. dalam mencari serangga. Kematian rayap *Coptotermes* sp. pada konsentrasi 550 IJ/ml nematoda *Heterorhabditis* sp. berbeda nyata 56,750 dengan p value sebesar 0,000.

Analisis keragaman menunjukkan bahwa pengaruh konsentrasi memberikan pengaruh yang nyata terhadap mortalitas rayap tanah *Coptotermes* sp. akibat *Heterorhabditis* sp. sebesar 56,750 dan p value 0,000, mortalitas rayap tanah *Coptotermes* sp. akibat *Steinernema* sp. sebesar 118,741 dan p value 0,000. Pengaruh konsentrasi memberikan pengaruh yang nyata terhadap mortalitas rayap tanah *Microtermes* sp. akibat *Heterorhabditis* sp. sebesar 55,128 dan p value 0,000, mortalitas rayap tanah *Microtermes* sp. akibat *Steinernema* sp. sebesar 123,370 dan p value 0,000. Perbedaan konsentrasi optimal ini diduga karena adanya mekanisme kompetisi nematoda yang terjadi pada aplikasi.

Kematian *Microtermes* sp. akibat *Heterorhabditis* sp. dan *Steinernema* sp. telah mencapai prosentase yang tinggi sejak pengamatan 24 jam setelah dilakukan aplikasi. Menurut Downes dan Griffin (1996), *H. bacteriophora* mampu membunuh inang dengan cepat karena dapat bergerak aktif mencari serangga dan dapat mempenetrasinya dengan segera setelah aplikasi. Berdasarkan penelitian Wang *et al.* (1995) bahwa setelah berada dalam tubuh inang, bakteri simbiosis *H. bacteriophora* akan cepat mengeluarkan racun yang dapat segera membunuh inang. Selain itu, berdasarkan hasil penelitian Kaya dan Koppenhofer (1996), diketahui bahwa *Steinernema* sp. mampu membunuh serangga inang karena

bakteri simbiotiknya memiliki senyawa racun yang efektif. Di lain pihak, aktifitas *Microtermes* sp. yang lambat akan lebih memudahkan *Heterorhabditis* sp. untuk menemukan dan sekaligus mempenetrasinya sehingga kematian *Microtermes* sp. akibat *Heterorhabditis* sp. lebih cepat terjadi. Kematian rayap *Microtermes* sp. pada konsentrasi 550 IJ/ml nematoda *Heterorhabditis* sp. berbeda nyata 55,128 dengan p value sebesar 0,000.

Berdasarkan uji Duncan, pada kematian *Microtermes* sp. akibat *Heterorhabditis* sp. tertinggi pada selisih mean dari konsentrasi 250 IJ/ml dan 350 IJ/ml. Kematian *Microtermes* sp. akibat dan *Steinernema* sp. tertinggi pada selisih mean dari konsentrasi 150 IJ/ml dan 250 IJ/ml.

Analisa keragaman menunjukkan bahwa pengaruh konsentrasi memberikan pengaruh yang nyata terhadap mortalitas rayap tanah *Microtermes* sp. akibat *Steinernema* sp. sebesar 123,370 dan p value 0,000. Perbedaan konsentrasi optimal ini diduga karena adanya mekanisme kompetisi nematoda yang terjadi pada aplikasi. Perbandingan nilai mortalitas rayap tanah *Microtermes* sp. antar konsentrasi memberikan nilai yang bervariasi. Kompetisi inilah yang menjadikan nematoda kurang efektif.

Berdasarkan hasil perhitungan prosentase mortalitas dengan dilakukan analisa dengan menggunakan analisa probit, maka dapat diketahui nilai Lethal Concentrate₅₀ (LC₅₀) dari masing-masing spesies nematode terhadap rayap *Coptotermes* sp. dan *Microtermes* sp. ditunjukkan pada tabel 4.2. Nilai LC 50 *Heterorhabditis* sp. dan *Steinernema* sp. Terhadap Rayap Tanah *Coptotermes* sp. dan *Microtermes* sp.

Berdasarkan hasil perhitungan persentase mortalitas selanjutnya dilakukan analisis dengan analisis probit, untuk mengetahui nilai LC₅₀ dari masing-masing jenis nematoda terhadap rayap tanah *Coptotermes* sp. dan *Microtermes* sp. Persamaan regresi antara log konsentrasi dengan nilai probit nematoda *Heterorhabditis* sp. dan *Steinernema* sp. terhadap mortalitas *Coptotermes* sp. dan *Microtermes* sp. masing-masing ditunjukkan pada tabel 4.3.

Nilai LC₅₀ berarti untuk menyebabkan kematian 50% dari seluruh populasi rayap dibutuhkan konsentrasi sebesar nilai LC₅₀ itu sendiri. Berdasarkan data

tersebut dapat dijelaskan bahwa untuk membunuh 50% populasi rayap tanah *Coptotermes* sp. diperlukan nematoda *Heterorhabditis* sp. dengan konsentrasi 14,94 IJ dan nematoda *Steinernema* sp. dengan konsentrasi 15,22 IJ. *Microtermes* sp. diperlukan nematoda *Heterorhabditis* sp. dengan konsentrasi 16,54 IJ dan nematoda *Steinernema* sp. dengan konsentrasi 20,39 IJ. Hal ini berarti untuk membunuh *Coptotermes* sp. membutuhkan lebih banyak nematoda *Steinernema* sp. dibandingkan nematoda *Heterorhabditis* sp. Tingginya nilai LC_{50} nematoda *Heterorhabditis* sp. disebabkan oleh patogenitas yang lebih rendah dibandingkan nematoda *Steinernema* sp.

4.2.2 Lethal Time₅₀ (LT₅₀)

Konsentrasi nematoda yang digunakan untuk uji LT₅₀ adalah 550 IJ/ml, yang ditetapkan berdasarkan hasil terbaik dari uji LC₅₀. Rata-rata prosentase mortalitas rayap tanah *Coptotermes* sp. akibat *Heterorhabditis* sp. berkisar antara 0% sampai 78% dan rayap tanah *Coptotermes* sp. akibat *Steinernema* sp. berkisar antara 0% sampai 72%. Sedangkan rata-rata mortalitas terhadap rayap tanah *Microtermes* sp. akibat *Heterorhabditis* sp. berkisar antara 2% sampai 82% dan rayap tanah *Microtermes* sp. akibat *Steinernema* sp. berkisar antara 4% sampai 78%. Berdasarkan tabel 4.5. rata-rata mortalitas terhadap Rayap Tanah *Coptotermes* sp. dan *Microtermes* sp. pada beberapa waktu kontak yang bervariasi (LT₅₀).

Pengujian Lethal Time₅₀ yang bervariasi waktunya ini dimaksudkan untuk mengetahui waktu kontak yang optimal yang dibutuhkan oleh nematoda untuk kontak dengan rayap tanah hingga nematoda dapat menyebabkan kematian secara optimal pada rayap tanah.

Nematoda *Steinernema* sp. memiliki sifat cenderung diam dan menunggu inang mendatangnya sehingga relative lebih lambat dalam penetrasi rayap tanah dibandingkan nematoda *Heterorhabditis* sp. yang aktif mencari inang. Sebaliknya, rayap *Coptotermes* sp. cenderung memiliki ketahanan kutikula yang baik dan dapat menahan penetrasi organisme asing ke dalam tubuhnya (Pearce, 1997). Berdasarkan hal tersebut, maka pada rayap tanah *Coptotermes* sp. nematoda yang

masuk membutuhkan waktu kontak yang lama, karena sulitnya penetrasi pada tubuhnya.

Berdasarkan uji Duncan, pada kematian *Coptotermes* sp. akibat *Heterorhabditis* sp. tertinggi pada selisih mean dari waktu kontak rayap dengan nematoda 30 menit dan 60 menit. Kematian *Coptotermes* sp. akibat dan *Steinernema* sp. tertinggi pada selisih mean dari waktu kontak rayap dengan nematoda 90 menit dan 120 menit. Pada kematian *Microtermes* sp. akibat *Heterorhabditis* sp. tertinggi pada selisih mean dari waktu kontak rayap dengan nematoda 60 menit dan 90 menit. Kematian *Microtermes* sp. akibat dan *Steinernema* sp. tertinggi pada selisih mean dari waktu kontak rayap dengan nematoda 60 menit dan 90 menit.

Hasil analisis tersebut menunjukkan bahwa waktu kontak optimal *Steinernema* sp. dan *Heterorhabditis* sp. untuk dapat menyebabkan kematian tertinggi pada rayap *Coptotermes* sp. dan *Microtermes* sp. dengan 48 jam sudah optimal. Tinggi rendahnya kematian rayap berdasarkan waktu kontak nematoda dengan rayap dipengaruhi beberapa hal seperti mobilitas nematoda yang digunakan, ketahanan rayap, mobilitas rayap dan media yang digunakan pengujian.

Nilai LT_{50} memiliki arti menunjukkan waktu yang dibutuhkan oleh nematoda untuk kontak dengan rayap sehingga nematoda dapat membunuh 50 persen dari seluruh populasi rayap. Semakin cepat waktu kontak maka semakin dibutuhkan kecepatan dan kemampuan nematoda untuk menemukan rayap dan penetrasinya.

Nilai LT_{50} berarti untuk menyebabkan kematian 50% dari seluruh populasi rayap dibutuhkan waktu sebesar nilai LT_{50} itu sendiri. Berdasarkan data tersebut dapat dijelaskan bahwa untuk membunuh 50% populasi rayap tanah *Coptotermes* sp. diperlukan nematoda *Heterorhabditis* sp dengan waktu 1,29 jam dan nematoda *Steinernema* sp dengan waktu 1,35 jam. Hal ini berarti untuk membunuh *Coptotermes* sp. membutuhkan waktu lebih banyak nematoda *Steinernema* sp dibandingkan nematoda *Heterorhabditis* sp. Untuk membunuh 50% populasi rayap tanah *Microtermes* sp. diperlukan nematoda

Heterorhabditis sp dengan waktu 2,14 jam dan nematoda *Steinernema* sp dengan waktu 1,82 jam. Hal ini berarti untuk membunuh *Microtermes* sp. membutuhkan waktu lebih banyak nematoda *Steinernema* sp dibandingkan nematoda *Heterorhabditis* sp.

4.2.3 Uji Efikasi Nematoda Terhadap Rayap Tanah *Coptotermes* sp. dan *Microtermes* sp.

Dalam uji efikasi konsentrasi yang digunakan adalah 550 IJ/ml yang merupakan hasil terbaik dari LC₅₀ dengan lama pengamatan adalah 48 jam (2 hari). Uji efikasi berguna untuk mengetahui patogenitas nematoda apabila diaplikasikan pada lapang. Hasil percobaan uji efikasi pada tabel rata-rata persentase mortalitas terhadap rayap tanah *Coptotermes* sp. dan *Microtermes* sp.

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa kematian tertinggi pada rayap tanah *Coptotermes* sp. akibat nematoda *Heterorhabditis* sp. dan *Steinernema* sp. adalah 85,2% dan 81,2%. Dikarenakan *Heterorhabditis* sp. dan *Steinernema* sp. mempengaruhi patogenitas rayap tanah, jika *Heterorhabditis* sp. segera mendapatkan inang untuk melangsungkan perkembangbiakannya karena sifat *Heterorhabditis* sp. yang aktif bergerak dan mencari inang sehingga kemungkinan terjadinya kontak dengan rayap tanah sangat besar.

Pada rayap tanah *Microtermes* sp. tingkat kematian semakin besar akibat *heterorhabditis* sp. dikarenakan laju pertumbuhan nematoda semakin meningkat, ini ditunjukkan dengan semakin banyaknya nematoda yang tumbuh. Pengamatan menunjukkan bahwa kematian tertinggi pada rayap tanah *Coptotermes* sp. akibat nematoda *Heterorhabditis* sp. dan *Steinernema* sp. adalah 88,8% dan 83,2%. Dikarenakan *Heterorhabditis* sp. dan *Steinernema* sp. mempengaruhi patogenitas rayap tanah, jika *Heterorhabditis* sp. segera mendapatkan inang untuk melangsungkan perkembangbiakannya karena sifat *Heterorhabditis* sp. yang aktif bergerak dan mencari inang sehingga kemungkinan terjadinya kontak dengan rayap tanah sangat besar.

Kematian rayap tanah *Coptotermes* sp. dan *Microtermes* sp. ditunjukkan dengan gejala tubuh rayap tanah yang mengejang dan kemudian mati. Menurut

Tarumingkeng (1992), secara khas racun syaraf menimbulkan empat tahap symptom yaitu; (1) eksitasi; (2) konvulsi/kekejangan; (3) paralisis/kelumpuhan; dan (4) kematian. Dengan demikian nematode menyerang rayap tanah dengan cara menyerang sistem syarafnya melalui bakteri simbion yang dikeluarkan oleh nematoda yang berefek racun bagi rayap.



BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Agen pengendali hayati nematoda entomopatogen *Heterorhabditis* sp. dan *Steinernema* sp. Memiliki nilai patogenitas yang tinggi pada rayap tanah *Coptotermes* sp. dan *Microtermes* sp. Nilai LC₅₀ pada rayap tanah *Coptotermes* sp. dari nematoda *Heterorhabditis* sp. 14,94 IJ/ml dan *Steinernema* sp. 15,22 IJ/ml. Nilai LC₅₀ pada rayap tanah *Microtermes* sp. dari nematoda *Heterorhabditis* sp. 16,54 IJ/ml dan *Steinernema* sp. 20,39 IJ/ml. Nilai LT₅₀ pada rayap tanah *Coptotermes* sp. dari nematoda *Heterorhabditis* sp. 1,29 jam dan *Steinernema* sp. 1,35 jam. Nilai LT₅₀ pada rayap tanah *Microtermes* sp. dari nematoda *Heterorhabditis* sp. 2,14 jam dan *Steinernema* sp. 1,82 jam.
2. Nematoda entomopatogen *Heterorhabditis* sp. melalui uji patogenitas rayap lebih efektif untuk mengendalikan rayap tanah dibandingkan dengan nematoda *Steinernema* sp.

5.2 Saran

Disarankan untuk penelitian selanjutnya perlu dilakukan pendataan tentang respon masyarakat terhadap produk yang menggunakan agens pengendali hayati nematoda entomopatogen.

DAFTAR PUSTAKA

- Arinana. 2002. *Keefektifan Nematoda Entomopatogen Steirnema sp. dan Heterorhabditis indica Sebagai Agen hayati Pengendalian Rayap Tanah Coptotermes curvignathus Holmgren (Isoptera: Rhinotermitidae)*. Bogor: Program Pascasarjana IPB.
- Astuti. 2013. *Identifikasi, Sebaran Dan Derajat Kerusakan Kayu Oleh Serangan Rayap Coptotermes (Isoptera: Rhinotermitidae) Di Sulawesi Selatan*. Disertasi. Makassar: Universitas Hasanudin.
- Bowen. D. J. Ensign. 1998. *Purification and Characterization of High Molecular Weight Insecticidal Protein complex Produced by The Entomopathogenic Bacterium Photorhabdus luminescens*. Applied and Environmental Microbiology. 64 (8): 3029-3035.
- Downes. M. J. & C. T. Griffin, 1996, *Dispersal behavior and Transmission Strategies of the entomopathogenic nematodes heterorhabditis and steirnerma*, Biocontrol Science & Technology, 347-356.
- Dyah. Sulistyanto. D. 2007. *PENGENDALIAN HAYATI Helicoverpa armigera DENGAN NEMATODA DAN JAMUR ENTOMOPATOGEN UNTUK MENINGKATKAN PRODUKTIVITAS TANAMAN TOMAT (Lycopersicon esculentum)*. Jurnal Pertanian Mapeta Vol 10 No 1 Desember 2007 : 51-59.
- Ehlers. R.U. Peter. 1996. Current and future use of nematodes in biocontrol : practice and commercial aspects with regard to regulatory policy issues. *Biocontrol Science and Technology* 6 : 303-316.
- Ehlers. R. U. 2001. Mass Production of Entomopathogenic Nematodes for Plant Protection. *Applied Microbiology Biotechnology*. 56 : 623-633.
- Glazer. I. H. Kotai. S. Zioni & D. Segal. 1994. *Life cycle and Reproduction in Heterorhanditis* In Burnell. A. M. R. U. Ehlers & J. P. masson (Eds.) *Genetic of Entomopathogenic Nematode – Bacterium Complexes*, Proceeding. European Commision. Belgium. 80-89.
- Glazer. I dan Lewis. E.E. 2003. *Bioassays for Entomophatogenic Nematodes*. CABI publishing.
- Handru. Alan. Henny Herwina dan Dahelmi. 2012. *Jenis-jenis Rayap (Isoptera) di Kawasan Hutan Bukit Tengah Pulau dan Areal Perkebunan Kelapa Sawit, Solok Selatan*, Jurnal Biologi Universitas Andalas (J. Bio. UA.) 1(1) – September 2012 : 69-77.

- Husni. H. R. C. Tarumingkeng. D. Nandika. & S. Surjokusumo. 1999. *Pengujian Keampuhan Umpan Hexaflumuron Terhadap Koloni Rayap Tanah Schedorhinotermes javanicus Kemner (Isoptera: Rhinotermitidae)*, Makalah Seminar mapeli II. Yogyakarta.
- Kaya. H. K., A. M. Koppenhofer. 1996. *Effect of Microbial and other Antagonistic Organism and Competition on Entomopathogenic nematodes*. Biocontrol Science & Technology. 357-371.
- Lyon. W. F. 2000. *Termites*. Web site; Ohio State University Extension. Ohio.
- Muhibuddin. Anton. 2001. *Otensi Nematoda Steirnama sp. dan Heterorhabditis sp. Sebagai Pengendali Serangga Rayap Tanah Coptotermes curvignathus Dan Microtermes sp. Dan Sinergimenya Dengan Agens Hayati Lain*. Malang: Program Pasca Sarjana Universitas Brawijaya.
- Mullin. P. 2000. *Web site*. Peter Mullin Gallery Photo.
- Nandika. D. Soenaryo. Saragih A. 1996. *Kayu dan Pengawetan Kayu*. Dinas Kehutan DKI Jakarta.
- Nandika. D. S. Surjokusumo & Y. Rismayadi. 1999. *Status Bahaya Serangan Rayap Pada Bangunan Gedung di Indonesia* Dalam Nandika, D., A. Firmanti & T. Ismail (Eds) Seminar nasional pemantapan sistem pengendalian rayap pada bangunan gedung. *Prosiding*. Jakarta: Hal 1-14.
- Nandika D. Y. Rismayadi. dan F. Diba. 2003. *Rayap, Biologi dan Pengendaliaannya*. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Nugrohorini. 2012. *Nematoda Entomopatogen Sebagai Bio Kontrol Hama Tanaman*. UPN Press, Surabaya. ISBN 978-979-3100-98-2.
- Nruyen and Smart. 1994. *Family Steinernematidae*. [on line], <http://entnemdept.utl.edu/nguyen/morph/STEINFAM.HTM> [14 Nopember 2013].
- Pearce. M. J. 1997. *Termites, Biology and Pest Management*. New York: CAB International. 173.
- Prayogo. Imam. 2007, *Beberapa Pengalaman Menghadapi Serangan Rayap Dan Upaya Pencegahannya pada Saat Pra dan Pasca Konstruksi*. Jurnal APLIKASI: Media Informasi & Komunikasi Aplikasi Teknik Sipil Terkini Volume 2. Nomor 1. Pebruari 2007.

- Rashti. S. 2000. *Production of Hemicellulolytic Enzymes by Trichoderma harzianum rifai, web site*. Technisch – Naturwissensschaftliche fak. Ins. F. Biotechnologie.
- Subekti. Niken. 2010. *Karakteristik Populasi Rayap Tanah Coptotermes spp (Blattodea: Rhinotermitidae) dan Dampak Serangannya*. Biosaintifika Vol. 2 No.2. September 2010.
- Sulistiyanto. D. 1999. *Biopestisida Nematoda Entomopatogen Steinernema sp. Dan Heterorhabditis sp. Sebagai Alternatif Pengendalian Serangga Hama Yang Berwawasan Lingkungan*. Makalah Seminar Interdisipliner Universitas Jember. Bulan Mei 1999.
- Sulistiyanto. D. 1999. *Nematoda Entomopatogen, Steinernema spp. dan Heterorhabditis spp. Isolat Lokal sebagai Pengendali Hayati Serangga Hama Perkebunan*. Makalah Lustrum Universitas Jember. 2 Desember 1999.
- Sulistiyanto. D. 2013. *Orasi Ilmiah: Pengembangan Wilayah Sentra Produksi Pangan Organik Yang murah Dengan Pengelolaan Hama Terpadu Agens Pengendali Hayati Untuk Menompang Masterplan Pangan Organik Nasional*, Jember: Disampaikan pada Rapat Senat Terbuka Dies natalis ke 49 Universitas Jember. tanggal 10 Nopember 2013.
- Takematsu T. *et al.* 2005. *Termite assemblages in urban of South East Asia: diversity and economic impact*.
- Tamashiro, M. J. R. Ytes, R. T. Yamamoto, & R. H. Ebesu. 1987. *The integrated management of the formoson subterranean termite in Hawaii In* Tamashiro. M. & N. Y. Su (Eds), *Biology and Control of The Formosom Subterranean Termite: Proceedings 67 th of The Pasific Branch. Series 032. College of Tropical Agriculture and Human Resources. University of Hawaii. Hal 77-84.*
- Thapa RS. 1981. *Termites of Sabah*. India:Entomology Branch Forest Research Institute and Colleges Dehradun.
- Tho YP. 1992. *Termites of Peninsular Malaysia in Kirton*, L.G (Eds). Malayan Forest ecord no 36. Forest Reasearch Institute Malaysia. Kepong. Kualalumpur. 224 hal.
- Wang. Y. J. F. Campbell & R. Gaugler. 1995. *Infection of Entomopathogenic Nematodes Steinernema glaseri & heterorhabditis bacteriophora Against Popillia Japonica (Coleoptera: Scarabaeidae) larvae*. Journal of Invertebrate Pathology. 66: 178-184.

Yaman. M. K. Sezen. & Z. Demirbag. 1998. *Insecticidal Effect of Some Biological Agent on Larvae of Balaninus nucum (Coeoptera: Curculionidae) and Euproctis chrysorrhoea (Lepidoptera: Lymantriidae)*. Pakistan journal of Some Biological Sciences. (3): 617-618.



LAMPIRAN A. IDENTIFIKASI RAYAP

1. Kunci Determinasi Rayap

Manajemen Deteriorasi Hasil Hutan

Hak cipta penulis dilindungi Undang-undang

© 2004 Rudy C Tarumingkeng

PENGENALAN RAYAP PERUSAK KAYU YANG PENTING DI INDONESIA

(Identification of wood destroying termites in Indonesia)

Oleh: Rudy C Tarumingkeng

(dari: Rudy C Tarumingkeng: 1971. Biologi dan Pengenalan Rayap Perusak Kayu Indonesia' Laporan L.P.H. No. 138, 28 p.)

Pengantar

Jenis-jenis rayap (Ordo Isoptera) merupakan satu golongan serangga yang paling banyak menyebabkan kerusakan pada kayu yang digunakan sebagai bahan bangunan, terutama di daerah tropis. Jenis-jenis rayap yang telah dikenal di Indonesia berjumlah kurang lebih 200 dan mungkin masih banyak lagi yang belum ditemukan. Taksonomi dan pengenalan rayap seringkali membingungkan karena di samping jenisnya banyak, perbedaan morfologi antara species pada tiap-tiap genus sangat kecil. Tulisan ini disusun berdasarkan pengamatan penulis terhadap beberapa sifat-sifat ekologi dan morfologi yang penting dari 120 koleksi berbagai jenis rayap penyerang kayu dan tanaman di Jawa, Sumatera, Kalimantan dan Sulawesi selang tahun 1965 sampai dengan 1971 dan keterangan-keterangan yang diperoleh dari pustaka Ahmad, 1958; Roonwal dan Maiti, 1966; Roonwal, 1970).

Dalam kunci pengenalan ini dikemukakan semua famili dan genera rayap yang sampai saat ini diketahui menyerang kayu, tanaman dan bahanbahan kayu lainnya. Spesies yang dikemukakan hanyalah rayap yang sangat umum terdapat dan penting arti ekonominya. Maksud tulisan ini ialah untuk membantu peneliti dan mahasiswa yang ingin mendalami manajemen deteriorasi hasil hutan khususnya aspek-aspek Ilmu Hama Hasil Hutan dan Pengawetan Kayu di mana perlu diketahui jenis atau tipe rayap pengganggu. Tanpa mengenal jenis-jenis rayap penyebab kerusakan kayu, akan sulit diperoleh cara pemecahan

yang dapat diandalkan bagi pencegahan dan pengelolaan deteriorasi hasil hutan yang disebabkan rayap.

Kunci Pengenalan Genus dan Spesies

1.
 - a. Menyerang dan bersarang dalam pohon yang masih hidup, atau kayu, cabang dan batang mati, tunggak dan kayu lembab lainnya (Rayap pohon dan rayap kayu lembab, -- - fam. Kalotermitidae) (2)
 - b. Hidup dan bersarang dalam kayu mati yang kering hawa, tidak berhubungan dengan tanah. Bahan-bahan tanah tak terdapat dalam sarang. Menyebabkan kerusakan dalam kayu, berbentuk rongga-rongga tak teratur, agak memanjang searah serat. (rayap kayu kering, fam. Kalotermitidae,) --- *Cryptotermes* spp. (10)
 - c. Bersarang dalam tanah atau dalam kayu yang berhubungan dengan tanah. Untuk jalan pekerja dan prajurit yang mengumpulkan makanan (kayu), membuat jalan-jalan yang tertutup (*sheltertubes*) dengan bahan humus atau tanah. Keadaan habitat lembab merupakan syarat mutlak bagi kehidupannya (jenis rayap subteran dan rayap tanah, -- famili Rhinotermitidae dan Termitidae) (3)
2.
 - a. Menyerang pohon yang masih hidup, menyebabkan pembengkakan pada batang dan cabang (“gembol”) dan lobang-lobang dalam kayu, *Neotermes* spp. ---- (11)
 - b. Menyerang tunggak, dan kayu mati yang lembab, terutama dalam habitat hutan. --- *Glyptotermes* spp.
3.
 - a. Pronotum (keping sklerit di atas ruas teraks pertama) agak datar. Koloni bersarang dalam kayu atau bahan lain yang mengandung selulosa, yang terdapat di dalam atau permukaan tanah.(rayap subteran ---- famili Rhinotermitidae). (4)
 - b. Pronotum berbentuk pelana. Pusat sarang berada dalam tanah; membuat kueh-kueh cendawan berbentuk bunga karang, dan bangunan-bangunan liat dalam tanah, kadang-kadang menyebabkan terbentuknya gundukan-gundukan tanah. (rayap tanah dan rayap pohon ----- famili Termitidae). (5)

4.
 - a. Prajurit dengan dua ukuran (dimorfis); jumlah ruas antena 15-17 ---
Schedorhinotermes spp. (12)
 - b. Prajurit, hanya satu macam (monomorfis); jumlah ruas antena 13 - 16. Apabila diganggu, prajurit mengeluarkan cairan serupa susu ---- -- -- *Coptotermes* spp. (13)
5.
 - a. Perbedaan bentuk kedua mandibel prajurit terlihat tanpa bantuan kaca pembesar. --- (subfamili Amitermitinae). (6)
 - b. Mandibel prajurit memanjang ke depan, agak simetris. --- (subfamili Termitidae). (7)
 - c. Mandibel prajurit sangat kecil atau hampir tak terlihat; dahi (*frons*) menonjol ke depan berbentuk alat penusuk (*nasus*). (subfamili --- -- --- -- --- Nasutitermitinae (8)
6.
 - a. Mandibel prajurit halus, panjang dan berbentuk arit. Prajurit beberapa ukuran (*polymorphic*). Sarang koloni terdapat di atas tanah, pada pohon-pohon atau bangunan-bangunan. --- *Microcerotermes* spp.
 - b. Bentuk mandibel prajurit sangat simetris. Mandibel kanan lurus dan tajam. Mandibel kiri lengkung. --- *Capritermes* spp.
7.
 - a. Jenis-jenis berukuran besar. Prajurit dan pekerja dimorfis (*dimorphic*). Panjang tubuh prajurit - besar (termasuk mandibel), 8- 15 mm, prajurit - kecil 6,5-10 mm. --- *Macrotermes* spp. (14)
 - b. Jenis-jenis berukuran sedang. Prajurit dan pekerja monomorfis. Panjang tubuh prajurit 5-7,5 mm. --- -- -- *Odontotermes* spp. (15)
 - c. Jenis berukuran kecil. Prajurit dan pekerja, dimorfis. Panjang prajurit - besar 3,5 - 4,75 mm, prajurit kecil 2,5 - 3,75 mm. --- -- -- -- -- -- -- -- -- *Microtermes* spp. (19)
8.
 - a. *Nasus* prajurit berbentuk krucut, bagian pangkal menebal dan agak lengkung.--- (“rangas cepor”, “pua”) *Nasutitermes* spp.
 - b. *Nasus* pada umumnya panjang dan sempit. Anggota koloni berwarna gelap, coklat tua sampai hitam, dengan tungkai dan antena yang panjang; mirip semut. Pekerja dan prajurit keluar mengumpulkan makanan tanpa membuat jalan-jalan tertutup (9)

9.

- a. Nasus prajurit agak pendek dan sempit. Pekerja dan prajurit mengumpulkan makanan pada malam hari -- *Hospitalitermes* spp.
- b. Nasus prajurit agak panjang, bagian pangkal tebal. Pekerja dan prajurit keluar dari sarang pada siang hari -- *Lecessitermes* spp.
- c. Tungkai-tungkai relatif tidak panjang --- *Bulbitermes* spp.

10.

- a. Panjang prajurit 3,8 - 4,4 mm, jumlah ruas antena 11 - 12, terdapat di seluruh Indonesia -
- *Cryptotermes cynocephalus* Light.
- b. Panjang prajurit 4,6 - 5,6 mm, jumlah ruas antena 12 - 13, terdapat di seluruh Indonesia.
-- *Cryptotermes domesticus* (Haviland).
- c. Panjang prajurit 5,0 - 6,2 mm, jumlah ruas antena 12 - 14 terdapat di seluruh Indonesia. -
-- *Cryptotermes dudleyi* Banks
- d. Panjang prajurit 4,5 - 5,5 mm jumlah ruas antena 11 - 12. Terdapat di Sumatera, di tempat yang agak tinggi (di atas 700 d.m.l) ---- -- -- -- *Cryptotermes sumatrensis*
Kemner

11.

- a. Terutama menyerang pohon jati. Panjang prajurit 7,5 - 12,0 mm, banyak menyerang tanaman jati di Jawa Tengah dan Jawa Timur --- -- -- *Neotermes tectonae*
Dammerman
- b. Terutama menyerang pohon sonokeling. Panjang prajurit 12 - 12,5 mm -- - *Neotermes dalbergiae* Kalshoven

12.

- a. Jumlah ruas antena, prajurit-besar 16 - 17; panjang tubuh 5,5 - 6,0 mm. Terdapat di seluruh Indonesia -- -- *Schedorhinotermes translucens* Haviland
- b. Jumlah ruas antena prajurit-besar 16; panjang tubuh 5,3 - 5,6 mm. Terutama di Jawa Barat.-- *Schedorhinotermes javanicus* Kemner
- c. Jumlah ruas antena prajurit-besar 15. Panjang tubuh 4,9 - 5,2 mm. Terutama di Kalimantan. --- *Schedorhinotermes tarakensis* (Oshima)

13.

- a. Jumlah ruas antena prajurit 14 - 16 panjang kepala prajurit (termasuk mandibel) 2,4 - 2,6 mm. Jenis yang terbesar --- *Coptotermes curvignathus* Holmgren
- b. Jumlah ruas antena prajurit 13 - 15; panjang kepala prajurit 1,8 - 2,1 mm mandibel relatif pendek, kira-kira sepanjang setengah panjang kepala --- *Coptotermes travians* Holmgren
- c. Jumlah ruas antena prajurit 15 - 18; panjang kepala prajurit 2,0 - 2,2. Mandibel lebih panjang dari pada *C.travians* --- *Coptotermes havilandi* Holmgren (*C. javanicus* Kemner)
- d. Jumlah ruas antena prajurit 13 - 14 panjang kepala prajurit 1,6 - 1,7 mm. Jenis terkecil di antara *Coptotermes* --- *Coptotermes kalshoveni* Kemner

14.

- a. Panjang kepala prajurit besar (dengan mandibel), 6,5 - 7,1 mm, prajurit kecil 4,4 - 4,6 mm. Kepala berwarna coklat muda kemerahmerahan. Di Indonesia terdapat di Sumatera. --- *Macrotermes malaccensis* (Haviland)
- b. Kepala prajurit berwarna coklat tua, kehitam-hitaman. Panjang kepala prajurit besar 8,0 mm, prajurit kecil 5,0 - 5,2 mm. Terdapat di Sumatera. --- *Macrotermes carbonarius* (Hagen)
- c. Warna kepala prajurit berwarna coklat merah. Panjang kepala prajurit besar, 4-8 - 5,5 mm, prajurit kecil 3,0 - 3,4 mm. Terdapat di seluruh Indonesia. --- *Macrotermes gilvus* (Hagen)

15.

- a. Antena prajurit, 17 ruas. Jenis besar, sedang dan kecil, dengan lebar kepala 1,0 - 1,5 mm --- (16)
- b. Antena prajurit 16 ruas, lebar kepala \pm 0,8 mm, jenis kecil. --- *Odontotermes indrapurensis* Holmgren
- c. Antena prajurit 15 ruas, lebar kepala \pm 1,0 mm, jenis kecil. --- *Odontotermes sarawakensis* (Holmgren)

16.

- a. Jenis besar; panjang kepala (dengan mandibel) prajurit, 3,7 - 4,2 mm, lebar 1,9 - 2,4 mm. --- (17)

b. Jenis sedang; panjang kepala prajurit 3,1 - 3,5 mm, lebar 1,5 - 1,7 mm. ---
Odontotermes makassarensis Kemner

17.

a. Mandibel kiri prajurit, bergigi besar, terletak di tengah. --- *Odontotermes bogoriensis*
(Kemner)

b. Mandibel kiri prajurit, bergigi kecil, tumpul dan terletak lebih pada pihak pangkal. ---
Odontotermes grandiceps Holmgren

18.

a. Labrum (bibir atas) prajurit memanjang sampai ke gigi mandibel kiri; gigi mandibel
runcing. --- *Odontotermes javanicus* Holmgren

b. Panjang labrum prajurit melewati gigi mandibel gigi mandibel kecil. ----
Odontotermes sundaicus Kemner

19.

Ruas antena prajurit, 15 prajurit makro, panjang 4,0 - 4,5 mm; prajurit mikrol 3,3 - 3,8
mm. ---- *Microtermes insperatus* Kemner

2. Foto Pengukuran Rayap



LAMPIRAN B. PERSENTASE MORTALITAS

1. Persentase mortalitas rayap *Coptotermes* sp. pada berbagai konsentrasi nematoda *Heterorhabditis* sp.

Ulangan	Konsentrasi (IJ/ml)						
	0 (kontrol)	50	150	250	350	450	550
1	10	50	60	60	80	70	80
2	0	40	50	70	70	70	80
3	0	40	50	50	50	70	70
4	0	40	60	70	60	70	80
5	10	40	50	60	70	70	100
RERATA	4	42	54	62	66	70	82

2. Persentase mortalitas rayap *Coptotermes* sp. pada berbagai konsentrasi nematoda *Steinernema* sp.

Ulangan	Konsentrasi (IJ/ml)						
	0 (kontrol)	50	150	250	350	450	550
1	0	40	50	50	60	60	80
2	0	30	40	50	60	60	80
3	0	20	50	50	60	60	80
4	10	30	40	50	50	50	80
5	0	30	40	50	50	70	80
RERATA	2	30	44	50	56	60	80

3. Persentase mortalitas rayap *Microtermes* sp. pada berbagai konsentrasi nematoda *Heterorhabditis* sp.

Ulangan	Konsentrasi (IJ/ml)						
	0 (kontrol)	50	150	250	350	450	550
1	10	60	50	60	80	80	70
2	0	60	70	70	60	70	90
3	20	50	70	70	70	80	70
4	0	60	70	60	80	70	80
5	0	50	60	60	70	80	80
RERATA	6	56	64	64	72	76	78

4. Persentase mortalitas rayap *Microtermes* sp. pada berbagai konsentrasi nematoda *Steinernema* sp.

Ulangan	Konsentrasi (IJ/ml)						
	0 (kontrol)	50	150	250	350	450	550
1	0	40	60	60	70	70	80
2	10	50	60	70	70	70	80
3	10	50	50	70	80	80	70
4	0	40	50	70	70	80	80
5	10	50	50	70	70	70	80
RERATA	6	46	54	68	72	74	78

5. Persentase mortalitas rayap *Coptotermes* sp. pada berbagai waktu kontak antara nematoda *Heterorhabditis* sp.

ULANGAN	WAKTU (MENIT)					
	0	30	60	90	120	150
1	0	30	70	50	80	70
2	0	60	30	80	60	60
3	0	40	40	50	70	90
4	0	50	50	70	70	90
5	0	50	60	60	80	80
RERATA	0	46	50	62	72	78

6. Persentase mortalitas rayap *Coptotermes* sp. pada berbagai waktu kontak antara nematoda *Steirnernema* sp.

ULANGAN	WAKTU (MENIT)					
	0	30	60	90	120	150
1	0	30	70	50	60	60
2	0	50	40	70	60	80
3	0	40	40	50	80	70
4	0	50	40	40	50	80
5	0	50	50	60	80	70
RERATA	0	44	48	54	66	72

7. Persentase mortalitas rayap *Microtermes* sp. pada berbagai waktu kontak antara nematoda *Heterorhabditis* sp.

ULANGAN	WAKTU (MENIT)					
	0	30	60	90	120	150
1	0	50	60	90	60	80
2	0	70	50	70	80	70
3	0	40	40	70	90	90
4	10	50	60	60	70	90
5	0	50	70	60	80	80
RERATA	2	52	56	70	76	82

8. Persentase mortalitas rayap *Microtermes* sp. pada berbagai waktu kontak antara nematoda *Steinernema* sp.

ULANGAN	WAKTU (MENIT)					
	0	30	60	90	120	150
1	0	50	70	60	90	90
2	0	60	60	90	60	70
3	0	40	50	70	80	80
4	10	40	40	50	60	80
5	10	60	50	60	70	70
RERATA	4	50	54	66	72	78

9. Persentase mortalitas rayap *Coptotermes* sp. pada berbagai konsentrasi nematoda *Heterorhabditis* sp. setelah dikoreksi dengan Persamaan Abbot

Ulangan	Konsentrasi (IJ/ml)					
	50	150	250	350	450	550
1	44	56	56	78	67	78
2	40	50	70	70	70	80
3	40	50	50	50	70	70
4	40	60	70	60	70	80
5	33	44	56	67	67	100
RERATA	40	52	60	65	69	82

10. Persentase mortalitas rayap *Coptotermes* sp. pada berbagai konsentrasi nematoda *Steinernema* sp. setelah dikoreksi dengan Persamaan Abbot

Ulangan	Konsentrasi (IJ/ml)					
	50	150	250	350	450	550
1	40	17	50	60	60	80
2	30	14	50	60	60	80
3	20	38	50	60	60	80
4	22	14	44	44	44	78
5	30	14	50	50	70	80
RERATA	28	19	49	55	59	80

11. Persentase mortalitas rayap *Microtermes* sp. pada berbagai konsentrasi nematoda *Heterorhabditis* sp. setelah dikoreksi dengan Persamaan Abbot

Ulangan	Konsentrasi (IJ/ml)					
	50	150	250	350	450	550
1	56	44	56	78	78	67
2	60	70	70	60	70	90
3	38	63	63	63	75	63
4	60	70	60	80	70	80
5	50	60	60	70	80	80
RERATA	53	61	62	70	75	76

12. Persentase mortalitas rayap *Microtermes* sp. pada berbagai konsentrasi nematoda *Steinernema* sp. setelah dikoreksi dengan Persamaan Abbot

Ulangan	Konsentrasi (IJ/ml)					
	50	150	250	350	450	550
1	40	60	60	70	70	80
2	44	56	67	67	67	78
3	44	44	67	78	78	67
4	40	50	70	70	80	80
5	44	44	67	67	67	78
RERATA	43	51	66	70	72	76

LAMPIRAN C. HASIL ANALISIS LC₅₀

1. Hasil Analisis Varian Konsentrasi pada rayap tanah *Coptotermes* sp terhadap *Heterorhabditis* sp.

ANOVA

Coptotermes Akibat Heterorhabditis

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	19457,143	6	3242,857	56,750	,000
Within Groups	1600,000	28	57,143		
Total	21057,143	34			

2. Hasil Uji Duncan Konsentrasi pada rayap tanah *Coptotermes* sp terhadap *Heterorhabditis* sp.

Nematoda Heterorhabditis

Konsentrasi	N	Subset for alpha = 0.05						
		1	2	3	4	5		
Tukey HSD ^a	0	5	4,00					
	50	5		42,00				
	150	5		54,00	54,00			
	250	5			62,00	62,00		
	350	5			66,00	66,00		
	450	5				70,00	70,00	
	550	5						82,00
	Sig.		1,000	,194	,194	,638		,194
Duncan ^a	0	5	4,00					
	50	5		42,00				
	150	5			54,00			
	250	5			62,00	62,00		
	350	5				66,00	66,00	
	450	5					70,00	70,00
	550	5						82,00
	Sig.		1,000	1,000	,105	,124		1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
 a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 5,000.

3. Hasil Analisis Varian Konsentrasi pada rayap tanah *Coptotermes* sp terhadap *Steirnerma* sp.

ANOVA

Coptotermes Akibat Steirnerma

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	18320,000	6	3053,333	118,741	,000
Within Groups	720,000	28	25,714		
Total	19040,000	34			

4. Hasil Uji Duncan Konsentrasi pada rayap tanah *Coptotermes* sp terhadap *Steirnerma* sp.

Nematoda Steirnerma

Konsentrasi	N	Subset for alpha = 0.05						
		1	2	3	4	5	6	
Tukey HSD ^a	0	5	2,00					
	50	5		30,00				
	150	5			44,00			
	250	5			50,00	50,00		
	350	5				56,00		
	450	5				60,00		
	550	5					80,00	
	Sig.		1,000	1,000	,515	,056	1,000	
Duncan ^a	0	5	2,00					
	50	5		30,00				
	150	5			44,00			
	250	5			50,00	50,00		
	350	5				56,00	56,00	
	450	5					60,00	
	550	5						80,00
	Sig.		1,000	1,000	,072	,072	,223	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 5,000.

5. Hasil Analisis Varian Konsentrasi pada rayap tanah *Microtermes* sp terhadap *Heterorhabditis* sp.

ANOVA

Mikrotermes Akibat Heterorhabditis

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	18428,571	6	3071,429	55,128	,000
Within Groups	1560,000	28	55,714		
Total	19988,571	34			

6. Hasil Uji Duncan Konsentrasi pada rayap tanah *Microtermes* sp terhadap *Heterorhabditis* sp.

Heterorhabditis

Konsentrasi	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
Tukey HSD ^a					
0	5	6,00			
50	5		56,00		
150	5		64,00	64,00	
250	5		64,00	64,00	
350	5			72,00	
450	5			76,00	
550	5			78,00	
Sig.		1,000	,625	,079	
Duncan ^a					
0	5	6,00			
50	5		56,00		
150	5		64,00	64,00	
250	5		64,00	64,00	
350	5			72,00	72,00
450	5				76,00
550	5				78,00
Sig.		1,000	,120	,120	,240

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 5,000.

7. Hasil Analisis Varian Konsentrasi pada rayap tanah *Microtermes* sp terhadap *Steirernema* sp.

ANOVA

Mikrostermes Akibat Steirernema

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	19034,286	6	3172,381	123,370	,000
Within Groups	720,000	28	25,714		
Total	19754,286	34			

8. Hasil Uji Duncan Konsentrasi pada rayap tanah *Microtermes* sp terhadap *Steirernema* sp

Steirernema

Konsentrasi	N	Subset for alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
Tukey HSD ^a						
0	5	6,00				
50	5		46,00			
150	5		54,00			
250	5			68,00		
350	5			72,00		
450	5			74,00		
550	5			78,00		
Sig.		1,000	,200	,056		
Duncan ^a						
0	5	6,00				
50	5		46,00			
150	5			54,00		
250	5				68,00	
350	5				72,00	72,00
450	5				74,00	74,00
550	5					78,00
Sig.		1,000	1,000	1,000	,087	,087

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 5,000.

9. Hasil Analisa PROBIT LC₅₀ pada *Coptotermes sp.* Akibat nematoda *Heterorhabditis sp.*

Probit Analysis

Data Information

		N of Cases
Valid		30
Rejected	Missing	2
	LOG Transform Cannot be Done	0
	Number of Responses > Number of Subjects	0
Control Group		0

Convergence Information

	Number of Iterations	Optimal Solution Found
PROBIT	20	No ^a

a. Parameter estimates did not converge.

Parameter Estimates

Parameter	Estimate	Std. Error	Z	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
PROBIT ^a Nematode Heterorhabditis	-2,898	,278	-10,429	,000	-3,443	-2,354
Intercept	3,403	,499	6,816	,000	2,904	3,902

a. PROBIT model: PROBIT(p) = Intercept + BX (Covariates X are transformed using the base 10,000 logarithm.)

Chi-Square Tests

		Chi-Square	df ^a	Sig.
PROBIT	Pearson Goodness-of-Fit Test	55,094	28	,002 ^b

a. Statistics based on individual cases differ from statistics based on aggregated cases.

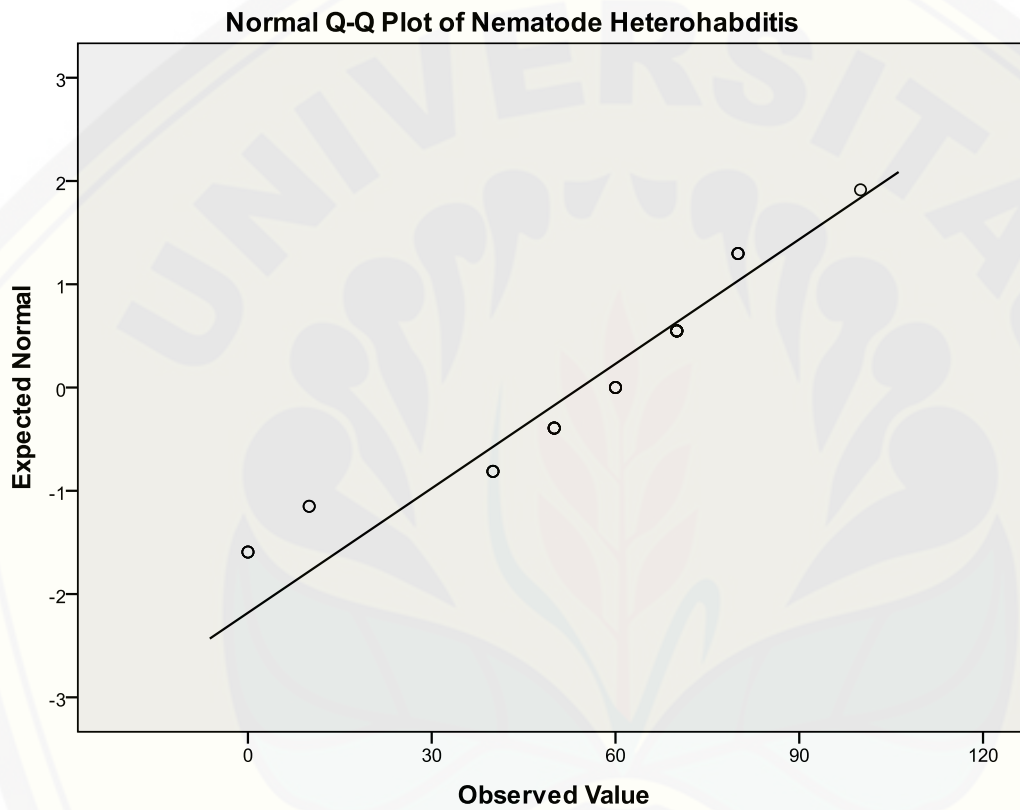
b. Since the significance level is less than ,150, a heterogeneity factor is used in the calculation of confidence limits.

Confidence Limits

Probability	95% Confidence Limits for Nematode Heterohabditis			95% Confidence Limits for log(Nematode Heterohabditis) ^b			
	Estimate	Lower Bound	Upper Bound	Estimate	Lower Bound	Upper Bound	
	PROBIT						
a	,010	94,820	85,330	112,911	1,977	1,931	2,053
	,020	76,356	71,179	84,707	1,883	1,852	1,928
	,030	66,553	62,695	71,430	1,823	1,797	1,854
	,040	60,017	56,183	63,731	1,778	1,750	1,804
	,050	55,177	50,853	58,696	1,742	1,706	1,769
	,060	51,366	46,468	55,018	1,711	1,667	1,741
	,070	48,242	42,828	52,113	1,683	1,632	1,717
	,080	45,606	39,763	49,704	1,659	1,599	1,696
	,090	43,335	37,140	47,643	1,637	1,570	1,678
	,100	41,343	34,864	45,841	1,616	1,542	1,661
	,150	34,028	26,766	39,174	1,532	1,428	1,593
	,200	29,148	21,662	34,627	1,465	1,336	1,539
	,250	25,524	18,056	31,166	1,407	1,257	1,494
	,300	22,655	15,328	28,361	1,355	1,185	1,453
	,350	20,285	13,168	25,991	1,307	1,120	1,415
	,400	18,266	11,399	23,929	1,262	1,057	1,379
	,450	16,504	9,914	22,091	1,218	,996	1,344
	,500	14,936	8,641	20,421	1,174	,937	1,310
	,550	13,517	7,530	18,878	1,131	,877	1,276
	,600	12,213	6,548	17,430	1,087	,816	1,241
	,650	10,997	5,667	16,051	1,041	,753	1,205
	,700	9,847	4,867	14,716	,993	,687	1,168
	,750	8,740	4,129	13,399	,942	,616	1,127
	,800	7,653	3,438	12,072	,884	,536	1,082
	,850	6,556	2,777	10,691	,817	,444	1,029
	,900	5,396	2,123	9,175	,732	,327	,963
	,910	5,148	1,990	8,842	,712	,299	,947
	,920	4,891	1,854	8,494	,689	,268	,929
	,930	4,624	1,716	8,128	,665	,235	,910
	,940	4,343	1,574	7,737	,638	,197	,889
	,950	4,043	1,426	7,315	,607	,154	,864

,960	3,717	1,270	6,848	,570	,104	,836
,970	3,352	1,101	6,314	,525	,042	,800
,980	2,922	,911	5,669	,466	-,041	,753
,990	2,353	,676	4,783	,372	-,170	,680

- a. A heterogeneity factor is used.
- b. Logarithm base = 10.



10. Hasil Analisa PROBIT LC₅₀ pada *Coptotermes sp.* Akibat nematoda *Steirnernema sp.*

Probit Analysis

Data Information

		N of Cases
Valid		30
Rejected	Missing	2
	LOG Transform Cannot be Done	0
	Number of Responses > Number of Subjects	0
Control Group		0

Convergence Information

	Number of Iterations	Optimal Solution Found
PROBIT	16	Yes

Parameter Estimates

Parameter	Estimate	Std. Error	Z	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
PROBIT ^a Nematoda	-1,068	,113	-9,481	,000	-1,289	-,848
Steirnernema						
Intercept	2,018	,190	-,096	,924	-,209	,172

a. PROBIT model: PROBIT(p) = Intercept + BX (Covariates X are transformed using the base 10,000 logarithm.)

Chi-Square Tests

		Chi-Square	df ^a	Sig.
PROBIT	Pearson Goodness-of-Fit Test	110,939	28	,000 ^b

a. Statistics based on individual cases differ from statistics based on aggregated cases.

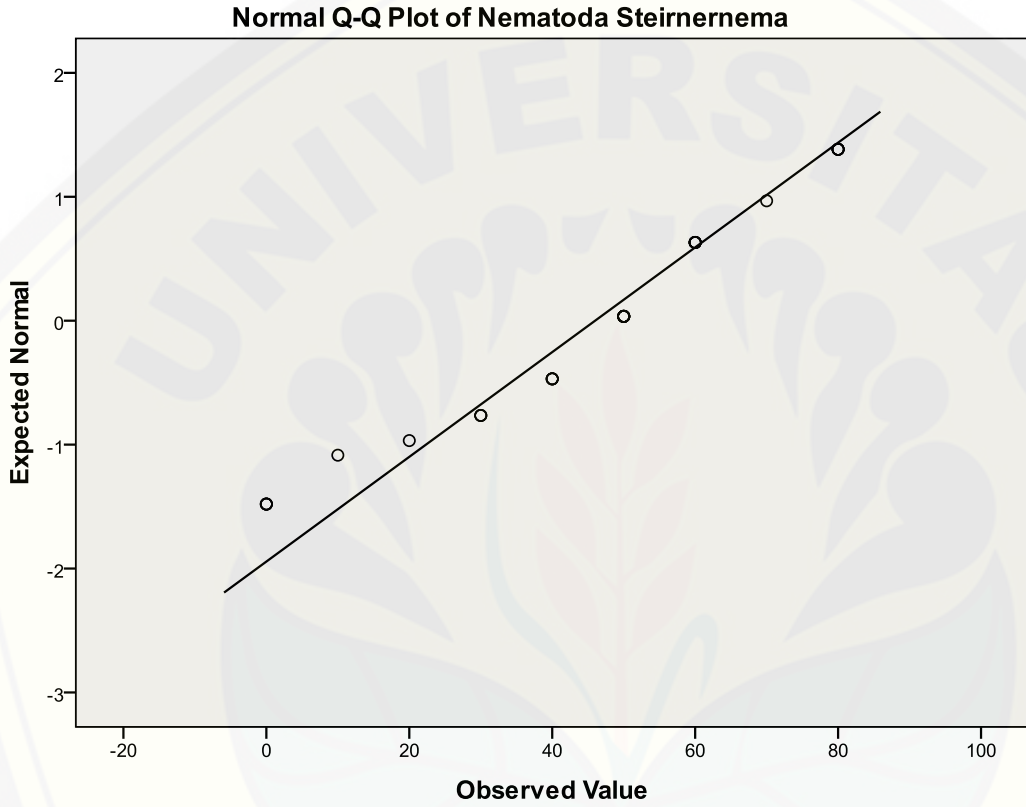
b. Since the significance level is less than ,150, a heterogeneity factor is used in the calculation of confidence limits.

Confidence Limits

Probability	95% Confidence Limits for Nematoda			95% Confidence Limits for			
	Steirnernema			log(Nematoda Steirnernema) ^b			
	Estimate	Lower Bound	Upper Bound	Estimate	Lower Bound	Upper Bound	
PROBIT	,010	144,667	98,069	354,825	2,160	1,992	2,550
a	,020	120,394	92,156	235,429	1,905	1,793	2,122
	,030	96,121	86,243	116,033	1,65	1,594	1,694
	,040	91,838	71,364	92,843	1,622	1,496	1,723
	,050	80,394	62,156	91,429	1,905	1,793	2,122
	,060	77,428	56,551	85,534	1,438	1,919	1,951
	,070	73,135	52,508	80,965	1,364	1,997	1,991
	,080	69,865	49,686	77,510	1,298	1,986	1,979
	,090	67,294	47,657	74,767	1,238	1,884	1,964
	,100	65,222	46,157	72,519	1,182	1,789	1,953
	,150	55,379	43,983	74,980	1,743	1,643	1,875
	,200	41,838	31,364	52,843	1,622	1,496	1,723
	,250	33,305	22,509	42,072	1,523	1,352	1,624
	,300	27,428	16,551	35,534	1,438	1,219	1,551
	,350	23,135	12,508	30,965	1,364	1,097	1,491
	,400	19,865	9,686	27,510	1,298	,986	1,439
	,450	17,294	7,657	24,767	1,238	,884	1,394
	,500	15,222	6,157	22,519	1,182	,789	1,353
	,550	8,975	2,475	15,323	,953	,394	1,185
	,600	5,898	1,193	11,345	,771	,077	1,055
	,650	4,114	,637	8,782	,614	-,196	,944
	,700	2,977	,362	6,985	,474	-,441	,844
	,750	2,206	,214	5,652	,344	-,669	,752
	,800	1,660	,130	4,625	,220	-,885	,665
	,850	1,261	,081	3,810	,101	-1,094	,581
	,900	,962	,050	3,149	-,017	-1,300	,498
	,910	,733	,031	2,603	-,135	-1,506	,416
	,920	,557	,019	2,146	-,254	-1,715	,332
	,930	,419	,012	1,757	-,378	-1,931	,245
	,940	,311	,007	1,424	-,508	-2,159	,153
	,950	,225	,004	1,135	-,648	-2,405	,055

,960	,157	,002	,882	-,805	-2,680	-,055
,970	,103	,001	,657	-,987	-2,999	-,183
,980	,061	,000	,454	-1,217	-3,401	-,343
,990	,053	,000	,415	-1,272	-3,499	-,382

- a. A heterogeneity factor is used.
- b. Logarithm base = 10.



11. Hasil Analisa PROBIT LC₅₀ pada *Microtermes sp.* Akibat nematoda *Heterorhabditis sp.*

Probit Analysis

Data Information

		N of Cases
Valid		30
Rejected	Missing	2
	LOG Transform Cannot be Done	0
	Number of Responses > Number of Subjects	0
Control Group		0

Convergence Information

	Number of Iterations	Optimal Solution Found
PROBIT	20	Yes

Parameter Estimates

Parameter	Estimate	Std. Error	Z	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
PROBIT ^a Heterorhabditis	-2,988	,366	-8,161	,000	-3,706	-2,271
Intercept	3,641	,669	5,446	,000	2,973	4,310

a. PROBIT model: PROBIT(p) = Intercept + BX (Covariates X are transformed using the base 10,000 logarithm.)

Chi-Square Tests

		Chi-Square	df ^a	Sig.
PROBIT	Pearson Goodness-of-Fit Test	126,121	28	,000 ^b

a. Statistics based on individual cases differ from statistics based on aggregated cases.

b. Since the significance level is less than ,150, a heterogeneity factor is used in the calculation of confidence limits.

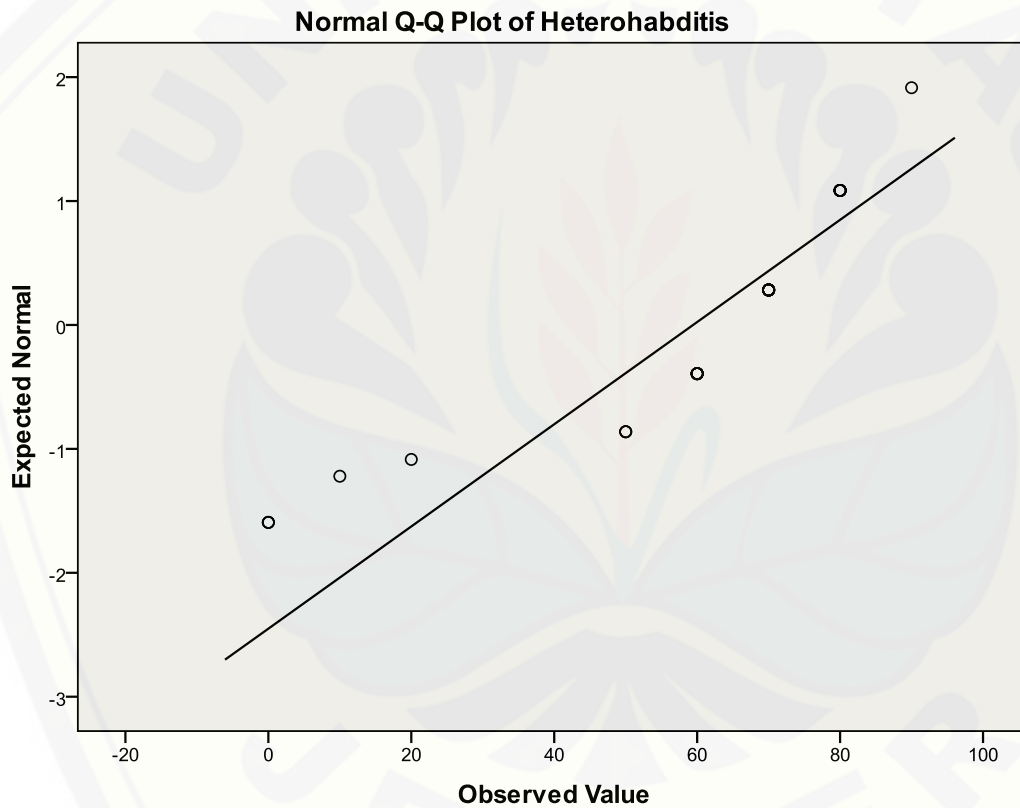
Confidence Limits

Probability	95% Confidence Limits for Heterohabditis			95% Confidence Limits for log(Heterohabditis) ^b			
	Estimate	Lower Bound	Upper Bound	Estimate	Lower Bound	Upper Bound	
PROBIT	,010	99,307	85,033	158,827	1,997	1,930	2,201
a	,020	80,493	72,936	103,001	1,906	1,863	2,013
	,030	70,450	64,470	80,317	1,848	1,809	1,905
	,040	63,729	56,144	69,707	1,804	1,749	1,843
	,050	58,739	48,533	64,217	1,769	1,686	1,808
	,060	54,800	42,356	60,617	1,739	1,627	1,783
	,070	51,564	37,429	57,875	1,712	1,573	1,762
	,080	48,830	33,445	55,628	1,689	1,524	1,745
	,090	46,469	30,162	53,711	1,667	1,479	1,730
	,100	44,396	27,411	52,033	1,647	1,438	1,716
	,150	36,755	18,392	45,763	1,565	1,265	1,661
	,200	31,632	13,370	41,399	1,500	1,126	1,617
	,250	27,810	10,163	38,011	1,444	1,007	1,580
	,300	24,773	7,942	35,215	1,394	,900	1,547
	,350	22,255	6,319	32,815	1,347	,801	1,516
	,400	20,103	5,086	30,692	1,303	,706	1,487
	,450	18,219	4,122	28,771	1,261	,615	1,459
	,500	16,538	3,352	26,999	1,218	,525	1,431
	,550	15,012	2,725	25,338	1,176	,435	1,404
	,600	13,605	2,209	23,756	1,134	,344	1,376
	,650	12,290	1,777	22,225	1,090	,250	1,347
	,700	11,041	1,413	20,719	1,043	,150	1,316
	,750	9,835	1,104	19,209	,993	,043	1,283
	,800	8,647	,838	17,656	,937	-,077	1,247
	,850	7,441	,608	16,005	,872	-,216	1,204
	,900	6,161	,406	14,146	,790	-,392	1,151
	,910	5,886	,368	13,731	,770	-,434	1,138

,920	5,601	,331	13,293	,748	-,480	1,124
,930	5,304	,295	12,828	,725	-,531	1,108
,940	4,991	,259	12,328	,698	-,587	1,091
,950	4,656	,223	11,781	,668	-,652	1,071
,960	4,292	,187	11,170	,633	-,727	1,048
,970	3,882	,151	10,461	,589	-,820	1,020
,980	3,398	,114	9,589	,531	-,944	,982
,990	2,754	,073	8,360	,440	-1,139	,922

a. A heterogeneity factor is used.

b. Logarithm base = 10.



12. Hasil Analisa PROBIT LC₅₀ pada *Microtermes sp.* Akibat nematoda *Steirnernema sp.*

Probit Analysis

Data Information

		N of Cases
Valid		30
Rejected	Missing	2
	LOG Transform Cannot be Done	0
	Number of Responses > Number of Subjects	0
Control Group		0

Convergence Information

	Number of Iterations	Optimal Solution Found
PROBIT	16	Yes

Parameter Estimates

Parameter		Estimate	Std. Error	Z	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
PROBIT ^a	Steirnernema	-3,582	,312	-11,484	,000	-4,194	-2,971
	Intercept	4,691	,565	8,296	,000	4,125	5,256

a. PROBIT model: PROBIT(p) = Intercept + BX (Covariates X are transformed using the base 10,000 logarithm.)

Chi-Square Tests

		Chi-Square	df ^a	Sig.
PROBIT	Pearson Goodness-of-Fit Test	35,722	28	,150 ^b

a. Statistics based on individual cases differ from statistics based on aggregated cases.

b. Since the significance level is less than ,150, a heterogeneity factor is used in the calculation of confidence limits.

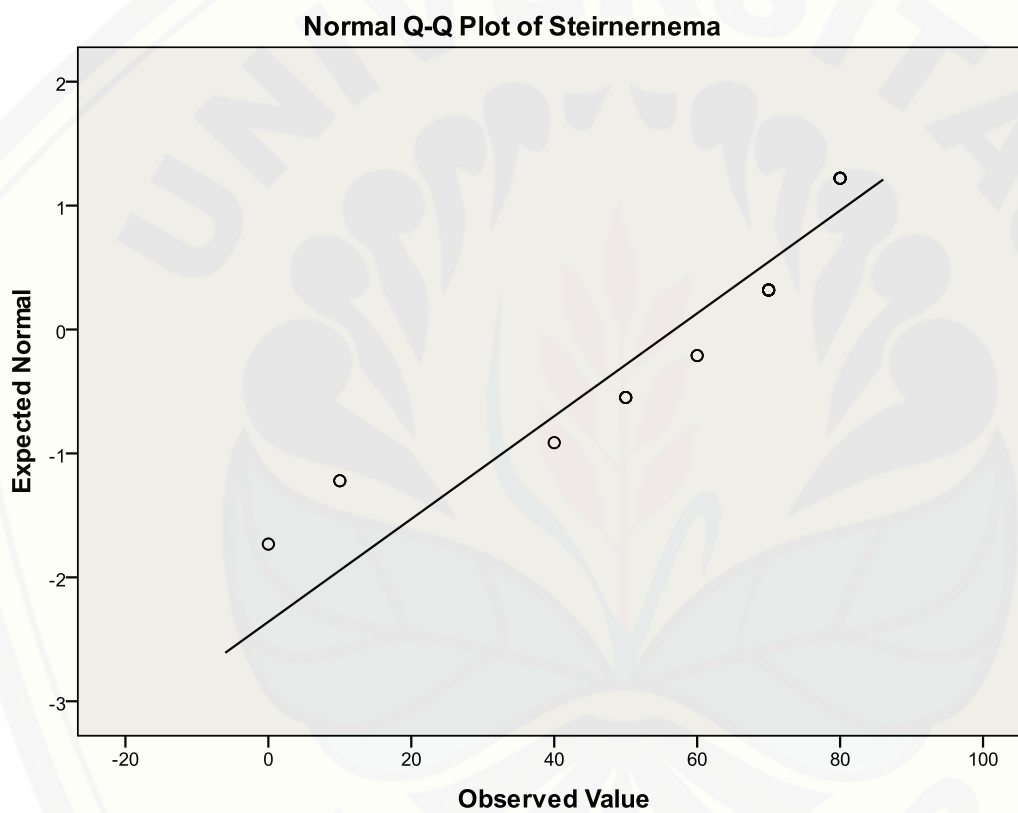
Confidence Limits

Probability	95% Confidence Limits for			95% Confidence Limits for log(
	Steirnernema			Steirnernema) ^b			
	Estimate	Lower Bound	Upper Bound	Estimate	Lower Bound	Upper Bound	
PROBIT	,010	90,975	85,035	100,178	1,959	1,930	2,001
^a	,020	76,352	72,928	81,066	1,883	1,863	1,909
	,030	68,319	65,697	71,374	1,835	1,818	1,854
	,040	62,838	60,282	65,341	1,798	1,780	1,815
	,050	58,705	55,907	61,140	1,769	1,747	1,786
	,060	55,402	52,281	57,945	1,744	1,718	1,763
	,070	52,660	49,225	55,363	1,721	1,692	1,743
	,080	50,320	46,604	53,190	1,702	1,668	1,726
	,090	48,282	44,322	51,310	1,684	1,647	1,710
	,100	46,479	42,308	49,652	1,667	1,626	1,696
	,150	39,704	34,842	43,413	1,599	1,542	1,638
	,200	35,031	29,828	39,060	1,544	1,475	1,592
	,250	31,462	26,096	35,688	1,498	1,417	1,553
	,300	28,569	23,140	32,915	1,456	1,364	1,517
	,350	26,126	20,698	30,541	1,417	1,316	1,485
	,400	24,001	18,619	28,449	1,380	1,270	1,454
	,450	22,110	16,805	26,563	1,345	1,225	1,424
	,500	20,394	15,192	24,830	1,310	1,182	1,395
	,550	18,812	13,733	23,211	1,274	1,138	1,366
	,600	17,329	12,394	21,674	1,239	1,093	1,336
	,650	15,920	11,147	20,193	1,202	1,047	1,305
	,700	14,558	9,968	18,742	1,163	,999	1,273
	,750	13,219	8,835	17,293	1,121	,946	1,238
	,800	11,873	7,724	15,812	1,075	,888	1,199
	,850	10,476	6,604	14,245	1,020	,820	1,154
	,900	8,948	5,422	12,492	,952	,734	1,097
	,910	8,614	5,170	12,102	,935	,714	1,083
	,920	8,265	4,909	11,692	,917	,691	1,068
	,930	7,898	4,638	11,258	,898	,666	1,051

,940	7,507	4,352	10,791	,875	,639	1,033
,950	7,085	4,048	10,283	,850	,607	1,012
,960	6,619	3,718	9,717	,821	,570	,988
,970	6,088	3,348	9,063	,784	,525	,957
,980	5,447	2,913	8,261	,736	,464	,917
,990	4,572	2,340	7,139	,660	,369	,854

a. A heterogeneity factor is used.

b. Logarithm base = 10.



LAMPIRAN D. ANALISIS HASIL LT₅₀

1. Hasil Analisis Varian Waktu pada rayap tanah *Coptotermes* sp terhadap *Heterorhabditis* sp.

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Copto Hetero

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	195,867 ^a	5	39,173	29,752	,000	,861
Intercept	790,533	1	790,533	600,405	,000	,962
Konsentrasi	195,867	5	39,173	29,752	,000	,861
Error	31,600	24	1,317			
Total	1018,000	30				
Corrected Total	227,467	29				

a. R Squared = ,861 (Adjusted R Squared = ,832)

2. Hasil Uji Duncan Waktu pada rayap tanah *Coptotermes* sp terhadap *Heterorhabditis* sp.

Descriptive Statistics

Dependent Variable: Copto Hetero

Konsentrasi	Mean	Std. Deviation	N
0	,00	,000	5
30	4,60	1,140	5
60	5,00	1,581	5
90	6,20	1,304	5
120	7,20	,837	5
150	7,80	1,304	5
Total	5,13	2,801	30

3. Hasil Analisis Varian Waktu pada rayap tanah *Coptotermes* sp terhadap *Steinernema* sp.

Tests of Between-Subjects Effects
Dependent Variable:Copto Steinerma

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	162,667 ^a	5	32,533	30,984	,000
Intercept	672,133	1	672,133	640,127	,000
Konsentrasi	162,667	5	32,533	30,984	,000
Error	25,200	24	1,050		
Total	860,000	30			
Corrected Total	187,867	29			

a. R Squared = ,866 (Adjusted R Squared = ,838)

4. Hasil Uji Duncan Waktu pada rayap tanah *Coptotermes* sp terhadap *Steinernema* sp.

Descriptive Statistics

Dependent Variable:Copto Steinerma

Konsentrasi	Mean	Std. Deviation	N
0	,00	,000	5
30	4,40	,894	5
60	4,80	1,304	5
90	5,40	1,140	5
120	6,60	1,342	5
150	7,20	,837	5
Total	4,73	2,545	30

5. Hasil Analisis Varian Waktu pada rayap tanah *Microtermes* sp terhadap *Heterorhabditis* sp.

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Mikro Hetero

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	210,167 ^a	5	42,033	40,677	,000	,894
Intercept	952,033	1	952,033	921,323	,000	,975
Konsentrasi	210,167	5	42,033	40,677	,000	,894
Error	24,800	24	1,033			
Total	1187,000	30				
Corrected Total	234,967	29				

a. R Squared = ,894 (Adjusted R Squared = ,872)

6. Hasil Uji Duncan Waktu pada rayap tanah *Microtermes* sp terhadap *Heterorhabditis* sp.

Descriptive Statistics

Dependent Variable: Mikro Hetero

Konsentrasi	Mean	Std. Deviation	N
0	,20	,447	5
30	5,20	1,095	5
60	5,60	1,140	5
90	7,00	1,225	5
120	7,60	1,140	5
150	8,20	,837	5
Total	5,63	2,846	30

7. Hasil Analisis Varian Waktu pada rayap tanah *Microtermes* sp terhadap *Steinernema* sp.

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Mikro Steinerma

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	178,000 ^a	5	35,600	29,260	,000	,859
Intercept	874,800	1	874,800	719,014	,000	,968
Konsentrasi	178,000	5	35,600	29,260	,000	,859
Error	29,200	24	1,217			
Total	1082,000	30				
Corrected Total	207,200	29				

a. R Squared = ,859 (Adjusted R Squared = ,830)

8. Hasil Uji Duncan Waktu pada rayap tanah *Microtermes* sp terhadap *Steinernema* sp

Descriptive Statistics

Dependent Variable: Mikro Steinerma

Konsentrasi	Mean	Std. Deviation	N
0	,40	,548	5
30	5,00	1,000	5
60	5,40	1,140	5
90	6,60	1,517	5
120	7,20	1,304	5
150	7,80	,837	5
Total	5,40	2,673	30

9. Hasil Analisa Probit LT50 *Coptotermes sp.* Akibat nematoda *Heterorhabditis sp.*

Probit Analysis

Data Information

		N of Cases
Valid		25
Rejected	Missing	5
	LOG Transform Cannot be Done	0
	Number of Responses > Number of Subjects	0
Control Group		0

Convergence Information

	Number of Iterations	Optimal Solution Found
PROBIT	14	Yes

Parameter Estimates

Parameter	Estimate	Std. Error	Z	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
PROBIT ^a Copto Hetero	-1,772	,289	-6,130	,000	-2,338	-1,205
Intercept	,198	,232	,852	,394	-,034	,430

a. PROBIT model: $PROBIT(p) = \text{Intercept} + BX$ (Covariates X are transformed using the base 10,000 logarithm.)

Chi-Square Tests

		Chi-Square	df ^a	Sig.
PROBIT	Pearson Goodness-of-Fit Test	52,942	23	,000 ^b

- a. Statistics based on individual cases differ from statistics based on aggregated cases.
- b. Since the significance level is less than ,150, a heterogeneity factor is used in the calculation of confidence limits.

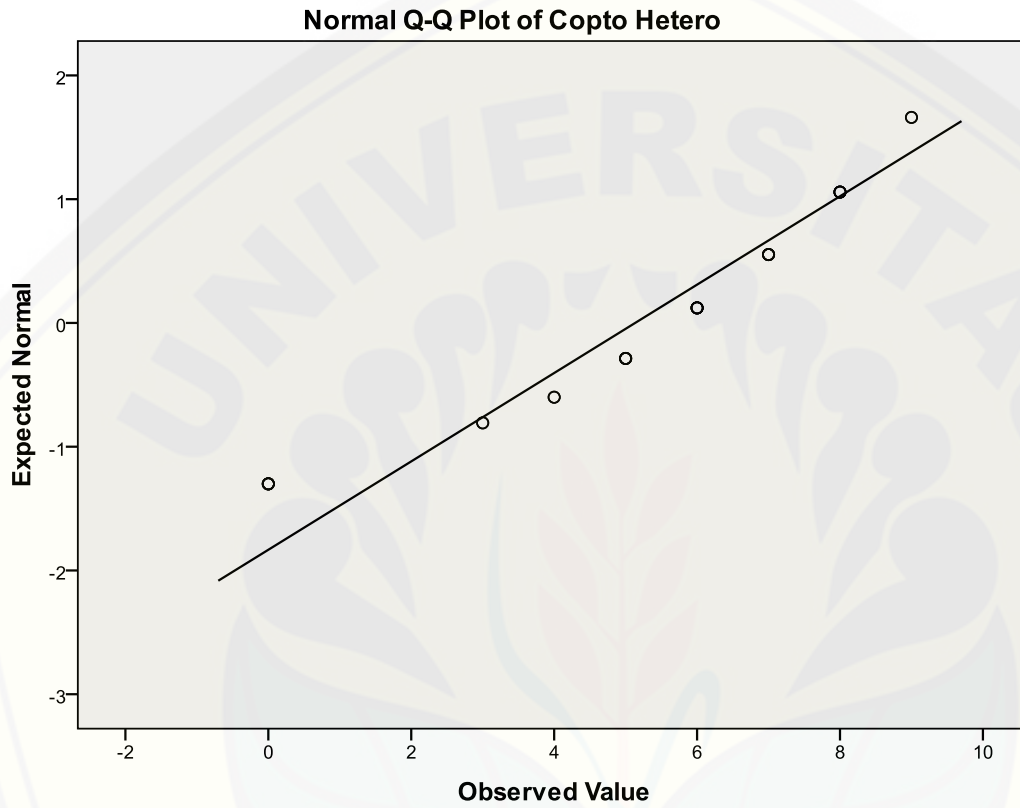
Confidence Limits

Probability	95% Confidence Limits for log(Copto Hetero) ^b						
	95% Confidence Limits for Copto Hetero			95% Confidence Limits for log(Copto Hetero) ^b			
	Estimate	Lower Bound	Upper Bound	Estimate	Lower Bound	Upper Bound	
PROBIT	,010	26,583	16,023	123,909	1,425	1,205	2,093
a	,020	18,653	12,620	60,220	1,271	1,101	1,780
	,030	14,898	10,827	38,167	1,173	1,035	1,582
	,040	12,580	9,631	27,132	1,100	,984	1,433
	,050	10,964	8,739	20,598	1,040	,941	1,314
	,060	9,752	8,024	16,334	,989	,904	1,213
	,070	8,801	7,419	13,374	,945	,870	1,126
	,080	8,028	6,884	11,236	,905	,838	1,051
	,090	7,384	6,386	9,656	,868	,805	,985
	,100	6,837	5,904	8,479	,835	,771	,928
	,150	4,972	3,657	5,773	,697	,563	,761
	,200	3,860	2,251	4,721	,587	,352	,674
	,250	3,106	1,460	4,042	,492	,164	,607
	,300	2,556	,985	3,531	,408	-,007	,548
	,350	2,133	,682	3,122	,329	-,166	,494
	,400	1,797	,481	2,780	,255	-,318	,444
	,450	1,522	,343	2,486	,182	-,464	,396
	,500	1,293	,246	2,228	,112	-,609	,348
	,550	1,098	,176	1,998	,041	-,754	,301
	,600	,930	,126	1,788	-,031	-,901	,252
	,650	,784	,088	1,595	-,106	-1,053	,203
	,700	,654	,061	1,414	-,184	-1,214	,151
	,750	,538	,041	1,242	-,269	-1,387	,094
	,800	,433	,026	1,075	-,363	-1,580	,031
	,850	,336	,016	,909	-,473	-1,805	-,042
	,900	,244	,008	,736	-,612	-2,088	-,133
	,910	,226	,007	,699	-,645	-2,157	-,155
	,920	,208	,006	,661	-,681	-2,231	-,180
	,930	,190	,005	,622	-,721	-2,313	-,206
	,940	,171	,004	,581	-,766	-2,404	-,236
	,950	,152	,003	,538	-,817	-2,508	-,269

,960	,133	,002	,491	-,877	-2,630	-,309
,970	,112	,002	,439	-,950	-2,781	-,358
,980	,090	,001	,378	-1,048	-2,981	-,422
,990	,063	,001	,299	-1,201	-3,296	-,524

a. A heterogeneity factor is used.

b. Logarithm base = 10.



10. Hasil Analisa Probit LT50 *Coptotermes sp.* Akibat nematoda *Steinernema sp.*

Probit Analysis

Data Information

		N of Cases
Valid		25
Rejected	Missing	5
	LOG Transform Cannot be Done	0
	Number of Responses > Number of Subjects	0
Control Group		0

Convergence Information

	Number of Iterations	Optimal Solution Found
PROBIT	14	Yes

Parameter Estimates

Parameter		Estimate	Std. Error	Z	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
PROBIT ^a	Copto	-1,922	,322	-5,971	,000	-2,553	-1,291
	Steinerna						
	Intercept	,250	,247	1,013	,311	,003	,496

a. PROBIT model: $PROBIT(p) = \text{Intercept} + BX$ (Covariates X are transformed using the base 10,000 logarithm.)

Chi-Square Tests

		Chi-Square	df ^a	Sig.
PROBIT	Pearson Goodness-of-Fit Test	54,672	23	,000 ^b

a. Statistics based on individual cases differ from statistics based on aggregated cases.

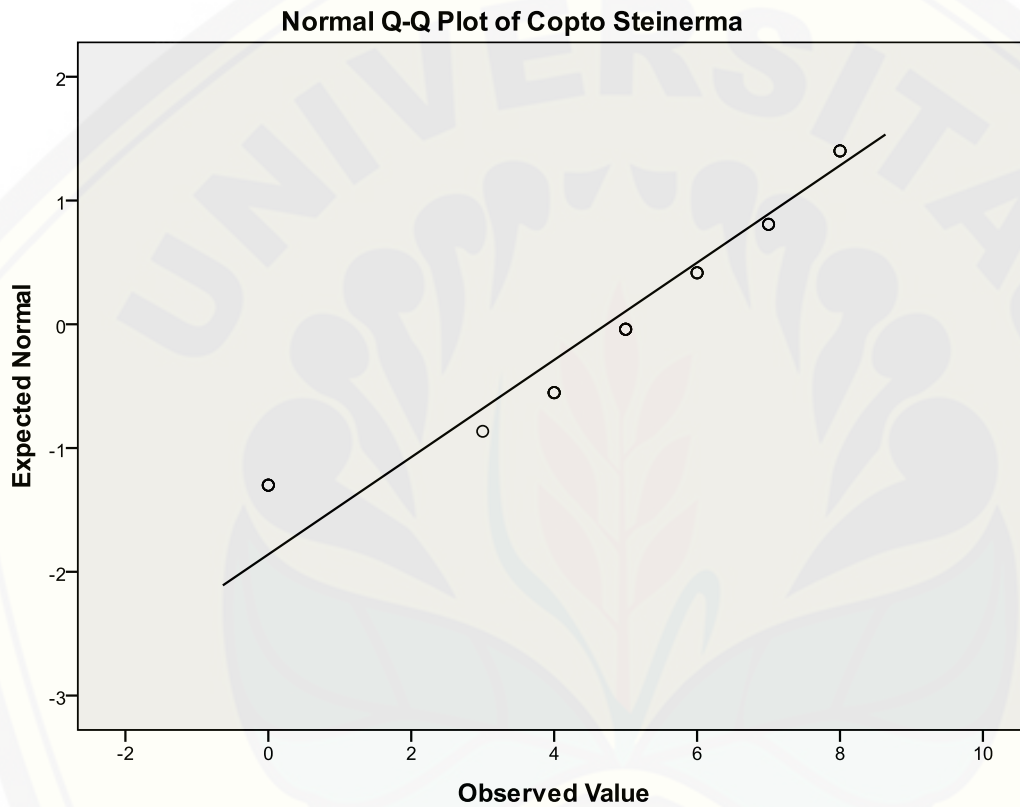
b. Since the significance level is less than ,150, a heterogeneity factor is used in the calculation of confidence limits.

Confidence Limits

Probability	95% Confidence Limits for Copto			95% Confidence Limits for log(Copto			
	Steinerma			Steinerma) ^b			
	Estimate	Lower Bound	Upper Bound	Estimate	Lower Bound	Upper Bound	
PROBIT	,010	21,883	13,547	103,133	1,340	1,132	2,013
^a	,020	15,787	10,906	51,372	1,198	1,038	1,711
	,030	12,833	9,489	33,067	1,108	,977	1,519
	,040	10,982	8,532	23,778	1,041	,931	1,376
	,050	9,674	7,810	18,218	,986	,893	1,261
	,060	8,685	7,227	14,557	,939	,859	1,163
	,070	7,901	6,729	11,997	,898	,828	1,079
	,080	7,259	6,284	10,135	,861	,798	1,006
	,090	6,721	5,867	8,751	,827	,768	,942
	,100	6,261	5,455	7,717	,797	,737	,887
	,150	4,668	3,449	5,367	,669	,538	,730
	,200	3,696	2,157	4,467	,568	,334	,650
	,250	3,026	1,419	3,878	,481	,152	,589
	,300	2,528	,970	3,430	,403	-,013	,535
	,350	2,140	,681	3,067	,330	-,167	,487
	,400	1,827	,486	2,760	,262	-,313	,441
	,450	1,568	,351	2,494	,195	-,455	,397
	,500	1,349	,254	2,258	,130	-,595	,354
	,550	1,160	,184	2,045	,065	-,735	,311
	,600	,996	,133	1,849	-,002	-,877	,267
	,650	,850	,095	1,666	-,070	-1,024	,222
	,700	,720	,066	1,494	-,143	-1,179	,174
	,750	,601	,045	1,328	-,221	-1,346	,123
	,800	,492	,029	1,165	-,308	-1,533	,066
	,850	,390	,018	1,000	-,409	-1,750	,000
	,900	,291	,009	,825	-,537	-2,024	-,083
	,910	,271	,008	,788	-,567	-2,090	-,104
	,920	,251	,007	,749	-,601	-2,161	-,125
	,930	,230	,006	,709	-,638	-2,240	-,150
	,940	,210	,005	,666	-,679	-2,328	-,176

,950	,188	,004	,621	-,726	-2,429	-,207
,960	,166	,003	,572	-,781	-2,547	-,243
,970	,142	,002	,516	-,848	-2,692	-,287
,980	,115	,001	,451	-,938	-2,885	-,346
,990	,083	,001	,364	-1,080	-3,189	-,438

- a. A heterogeneity factor is used.
- b. Logarithm base = 10.



11. Hasil Analisa Probit LT50 *Microtermes sp.* Akibat nematoda *Heterorhabditis sp.*

Probit Analysis

Data Information

		N of Cases
Valid		25
Rejected	Missing	5
	LOG Transform Cannot be Done	0
	Number of Responses > Number of Subjects	0
Control Group		0

Convergence Information

	Number of Iterations	Optimal Solution Found
PROBIT	16	Yes

Parameter Estimates

Parameter	Estimate	Std. Error	Z	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
PROBIT ^a Mikro	-2,391	,369	-6,487	,000	-3,114	-1,669
Hetero						
Intercept	,788	,309	2,546	,011	,478	1,097

a. PROBIT model: $PROBIT(p) = Intercept + BX$ (Covariates X are transformed using the base 10,000 logarithm.)

Chi-Square Tests

		Chi-Square	df ^a	Sig.
PROBIT	Pearson Goodness-of-Fit Test	47,118	23	,002 ^b

a. Statistics based on individual cases differ from statistics based on aggregated cases.

Chi-Square Tests

		Chi-Square	df ^a	Sig.
PROBIT	Pearson Goodness-of-Fit Test	47,118	23	,002 ^b

a. Statistics based on individual cases differ from statistics based on aggregated cases.

b. Since the significance level is less than ,150, a heterogeneity factor is used in the calculation of confidence limits.

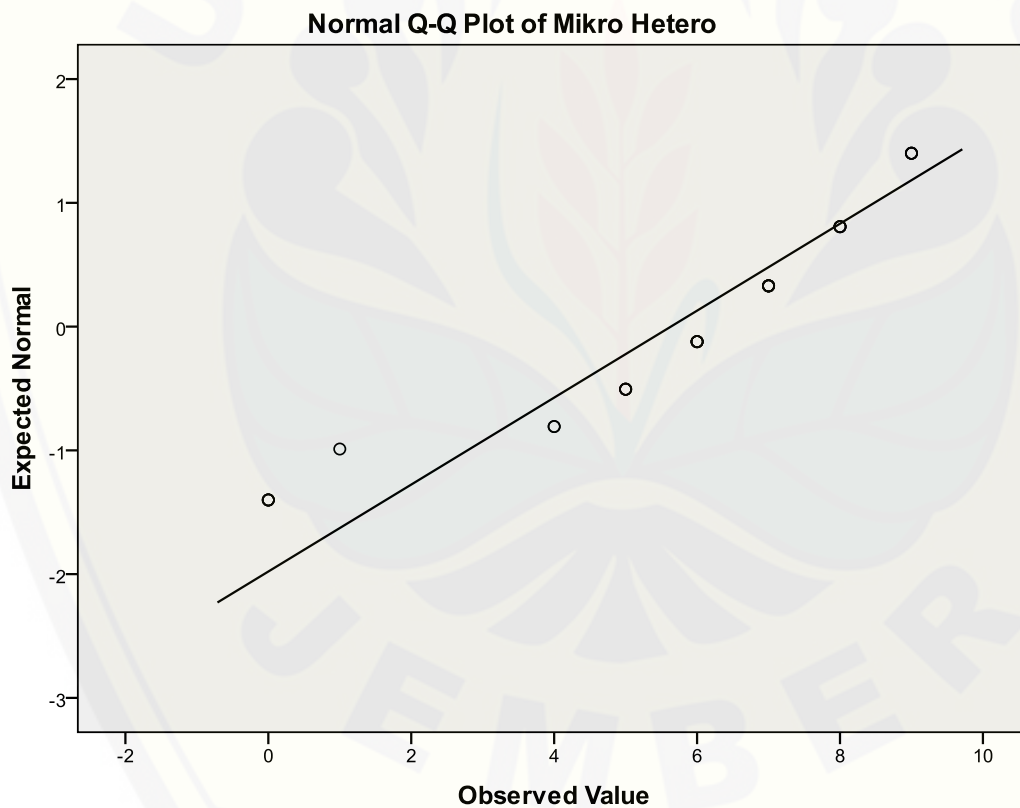
Confidence Limits

Probability	95% Confidence Limits for Mikro Hetero			95% Confidence Limits for log(Mikro Hetero) ^b			
	Estimate	Lower	Upper Bound	Estimate	Lower	Upper Bound	
		Bound			Bound		
PROBI	,010	20,057	14,155	50,147	1,302	1,151	1,700
T ^a	,020	15,426	11,783	31,040	1,188	1,071	1,492
	,030	13,060	10,474	22,925	1,116	1,020	1,360
	,040	11,522	9,575	18,275	1,062	,981	1,262
	,050	10,405	8,887	15,220	1,017	,949	1,182
	,060	9,541	8,326	13,049	,980	,920	1,116
	,070	8,842	7,844	11,429	,947	,895	1,058
	,080	8,260	7,413	10,182	,917	,870	1,008
	,090	7,764	7,011	9,206	,890	,846	,964
	,100	7,334	6,622	8,440	,865	,821	,926
	,150	5,792	4,788	6,431	,763	,680	,808
	,200	4,801	3,472	5,521	,681	,541	,742
	,250	4,087	2,605	4,901	,611	,416	,690
	,300	3,537	2,005	4,418	,549	,302	,645
	,350	3,094	1,572	4,019	,491	,196	,604
	,400	2,725	1,246	3,676	,435	,096	,565
	,450	2,409	,996	3,374	,382	-,002	,528
	,500	2,135	,798	3,101	,329	-,098	,492
	,550	1,892	,639	2,852	,277	-,194	,455
	,600	1,673	,510	2,619	,223	-,292	,418
	,650	1,473	,404	2,398	,168	-,394	,380
	,700	1,288	,316	2,186	,110	-,500	,340
	,750	1,115	,242	1,979	,047	-,616	,296
	,800	,949	,180	1,771	-,023	-,744	,248
	,850	,787	,128	1,556	-,104	-,894	,192

,900	,621	,083	1,323	-,207	-1,082	,121
,910	,587	,075	1,272	-,231	-1,127	,104
,920	,552	,067	1,219	-,258	-1,177	,086
,930	,515	,059	1,163	-,288	-1,231	,065
,940	,478	,051	1,103	-,321	-1,292	,043
,950	,438	,044	1,040	-,359	-1,361	,017
,960	,396	,036	,969	-,403	-1,443	-,014
,970	,349	,029	,889	-,457	-1,543	-,051
,980	,295	,021	,793	-,530	-1,676	-,101
,990	,227	,013	,662	-,644	-1,885	-,179

a. A heterogeneity factor is used.

b. Logarithm base = 10.



12. Hasil Analisa Probit LT50 *Microtermes sp.* Akibat nematode *Steinernema sp.*

Probit Analysis

Data Information

		N of Cases
Valid		25
Rejected	Missing	5
	LOG Transform Cannot be Done	0
	Number of Responses > Number of Subjects	0
Control Group		0

Convergence Information

	Number of Iterations	Optimal Solution Found
PROBIT	16	Yes

Parameter Estimates

Parameter	Estimate	Std. Error	Z	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
PROBIT ^a Mikro	-2,191	,362	-6,053	,000	-2,900	-1,481
Steinerna						
Intercept	,569	,296	1,926	,054	,274	,865

a. PROBIT model: $PROBIT(p) = Intercept + BX$ (Covariates X are transformed using the base 10,000 logarithm.)

Chi-Square Tests

		Chi-Square	df ^a	Sig.
PROBIT	Pearson Goodness-of-Fit Test	53,194	23	,000 ^b

a. Statistics based on individual cases differ from statistics based on aggregated cases.

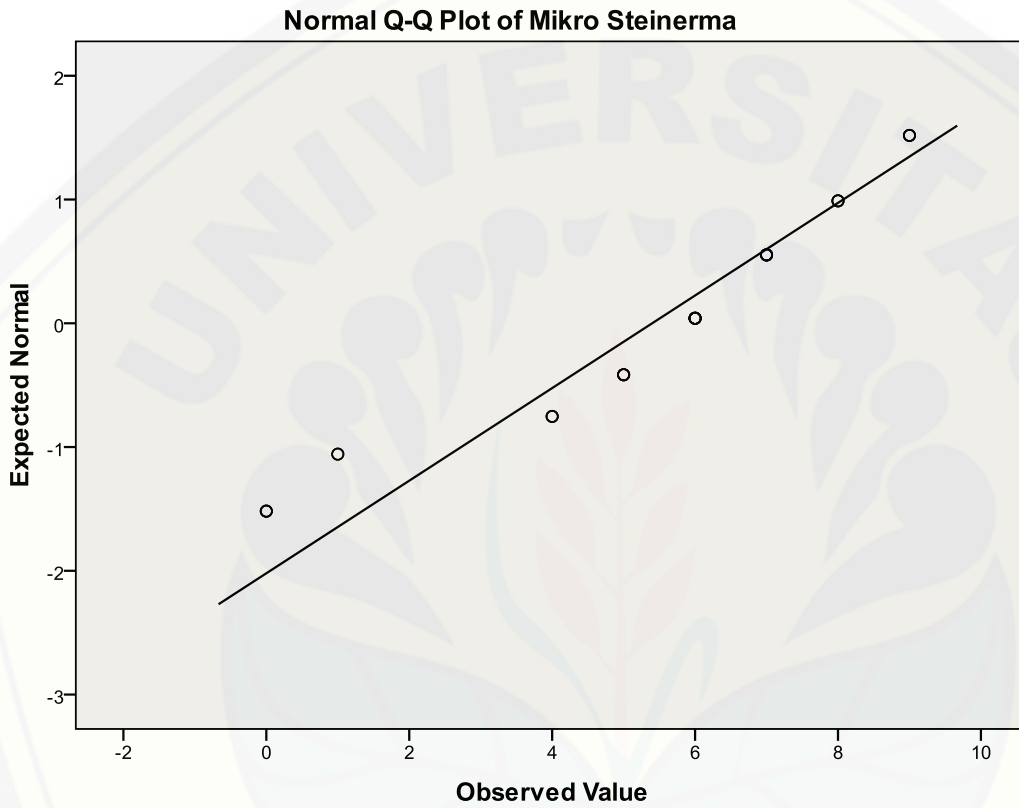
b. Since the significance level is less than ,150, a heterogeneity factor is used in the calculation of confidence limits.

Confidence Limits

Probability	95% Confidence Limits for Mikro			95% Confidence Limits for log(Mikro			
	Steinerma			Steinerma) ^b			
	Estimate	Lower Bound	Upper Bound	Estimate	Lower Bound	Upper Bound	
PROBIT	,010	20,977	13,872	75,795	1,322	1,142	1,880
a	,020	15,751	11,448	41,884	1,197	1,059	1,622
	,030	13,133	10,120	28,789	1,118	1,005	1,459
	,040	11,454	9,211	21,745	1,059	,964	1,337
	,050	10,248	8,518	17,337	1,011	,930	1,239
	,060	9,322	7,952	14,325	,970	,901	1,156
	,070	8,580	7,467	12,152	,933	,873	1,085
	,080	7,965	7,030	10,529	,901	,847	1,022
	,090	7,444	6,618	9,294	,872	,821	,968
	,100	6,995	6,210	8,350	,845	,793	,922
	,150	5,406	4,195	6,102	,733	,623	,785
	,200	4,405	2,815	5,189	,644	,449	,715
	,250	3,696	1,971	4,579	,568	,295	,661
	,300	3,156	1,426	4,108	,499	,154	,614
	,350	2,727	1,055	3,720	,436	,023	,571
	,400	2,374	,792	3,388	,375	-,101	,530
	,450	2,076	,600	3,097	,317	-,222	,491
	,500	1,819	,456	2,836	,260	-,341	,453
	,550	1,594	,347	2,597	,202	-,460	,415
	,600	1,394	,262	2,376	,144	-,581	,376
	,650	1,213	,197	2,167	,084	-,706	,336
	,700	1,048	,145	1,967	,020	-,838	,294
	,750	,895	,105	1,772	-,048	-,981	,249
	,800	,751	,073	1,578	-,124	-1,139	,198
	,850	,612	,047	1,378	-,213	-1,324	,139
	,900	,473	,028	1,163	-,325	-1,557	,065
	,910	,444	,024	1,116	-,352	-1,613	,048
	,920	,415	,021	1,067	-,382	-1,674	,028
	,930	,386	,018	1,016	-,414	-1,741	,007
	,940	,355	,015	,962	-,450	-1,816	-,017
	,950	,323	,013	,904	-,491	-1,902	-,044

,960	,289	,010	,840	-,539	-2,002	-,076
,970	,252	,007	,767	-,599	-2,126	-,115
,980	,210	,005	,681	-,678	-2,290	-,167
,990	,158	,003	,564	-,802	-2,549	-,249

- a. A heterogeneity factor is used.
- b. Logarithm base = 10.



LAMPIRAN E. UJI EFIKASI

1. Uji Efikasi Rayap Tanah *Coptotermes* sp. akibat Nematoda *Heterorhabditis* sp.

ULANGAN	WAKTU (JAM)	
	0	48
1	2	78
2	0	86
3	2	90
4	0	92
5	0	80
RERATA	0.8	85.2

2. Uji Efikasi Rayap Tanah *Coptotermes* sp. akibat Nematoda *Steinernema* sp.

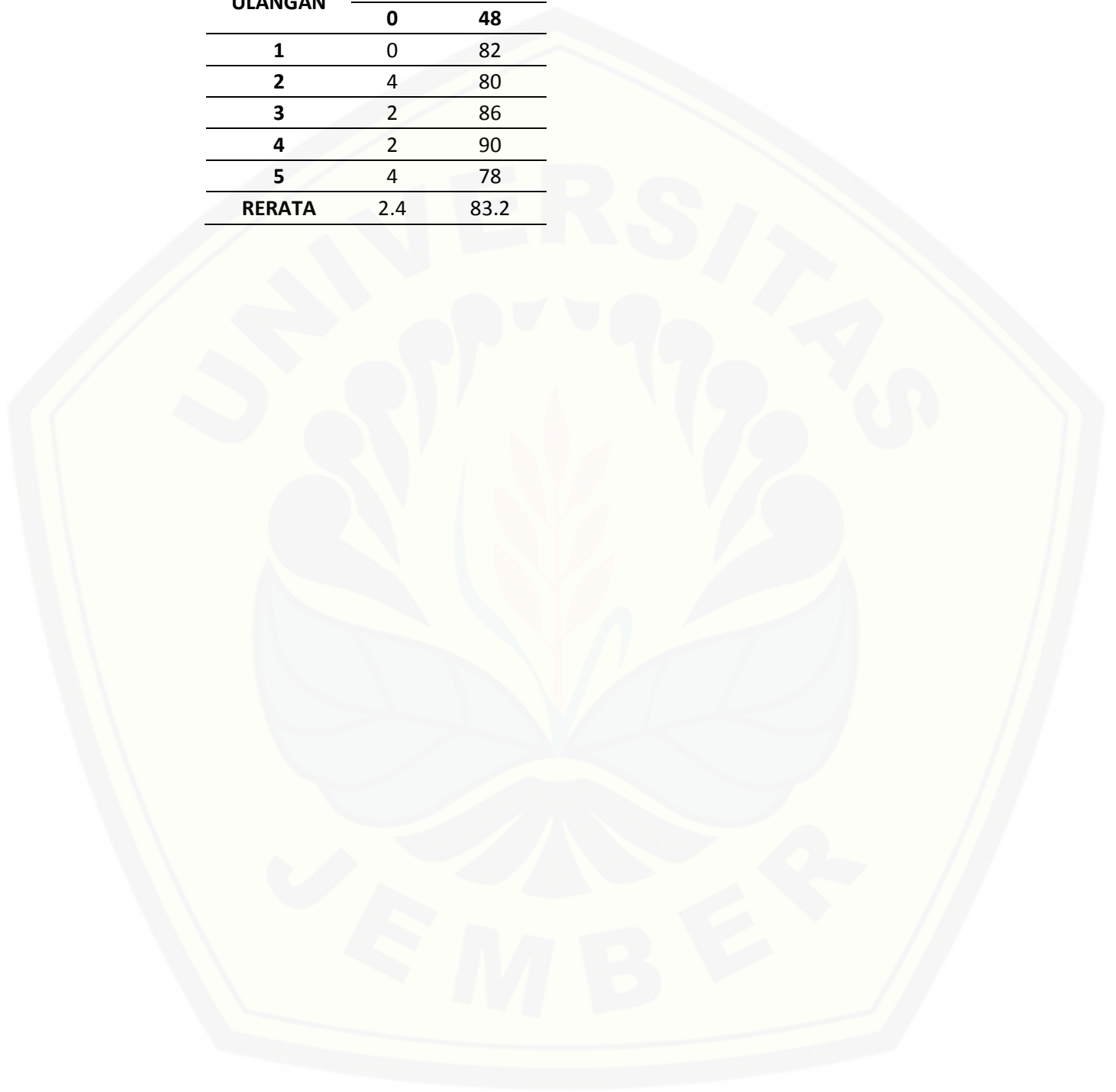
ULANGAN	WAKTU (JAM)	
	0	48
1	4	78
2	0	80
3	2	82
4	0	84
5	0	82
RERATA	1.2	81.2

3. Uji Efikasi Rayap Tanah *Mikrotermes* sp. akibat Nematoda *Heterorhabditis* sp.

ULANGAN	WAKTU (JAM)	
	0	48
1	6	90
2	0	94
3	4	84
4	0	86
5	0	90
RERATA	2	88.8

4. Uji Efikasi Rayap Tanah *Mikrotermes* sp. akibat Nematoda *Heterorhabditis* sp.

ULANGAN	WAKTU(JAM)	
	0	48
1	0	82
2	4	80
3	2	86
4	2	90
5	4	78
RERATA	2.4	83.2



LAMPIRAN F. FOTO PENELITIAN

1. Rayap *Coptotermes* sp. pada pohon

2. Rayap *Microtermes* sp. pada lahan pertanian



3. Proses Rearing Rayap *Coptotermes* sp.

4. Proses Rearing Rayap *Microtermes* sp.



5. Pengawetan Spesimen Rayap Tanah

6. Penimbangan tanah



7. Persiapan Media

8. Media Pengamatan Rayap



9. Persiapan Penghitungan NEP

10. Penghitungan NEP



11. Proses Shaker NEP

12. Aplikasi NEP pada media Pengamatan



13. NEP *Heterorhabditis* sp. yang digunakan dalam Penelitian

14. NEP *Steinernema* sp. yang digunakan dalam Penelitian



15. Persiapan Aplikasi NEP

16. Aplikasi NEP



AUTOBIOGRAFI**QODIRIYAH**

Lahir di Malang, 3 Oktober 1978. Terlahir dari pasangan Qodir Rahman dan Siti Djuwarijah sebagai anak pertama dari 5 bersaudara. Jenjang pendidikan sekolah dasar ditempuh di SDN Pandanwangi I Malang tahun kelulusan 1990. Jenjang SMP ditempuh di MTs Negeri II Malang tahun kelulusan 1993. Jenjang SMA ditempuh di MAN I Malang tahun kelulusan 1996. Kemudian melanjutkan di Politeknik Pertanian Negeri Jember Jurusan Teknologi Pertanian/ Teknologi Pangan Gizi tahun kelulusan 1999. Pendidikan S1 ditempuh di IKIP Budi Utomo Malang Fakultas Pendidikan Ilmu Eksakta Jurusan Pendidikan Biologi tahun kelulusan 2004. Penulis bekerja sebagai guru mulai tahun 2002 di SMP Islam Paramitha Malang. Pada tahun 2004 mulai mengajar di MAN Lumajang hingga sekarang. Penulis kemudian melanjutkan studinya di Universitas Jember mengambil Magister Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam dengan konsentrasi Ilmu Lingkungan.