

**PENGARUH FILTRAT BIAKAN *Trichoderma* spp. TERHADAP
PENETASAN TELUR NEMATODA PURU AKAR (*Meloidogyne* sp.)**

Oleh

**AJI SANTOSO
105040201111050**

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



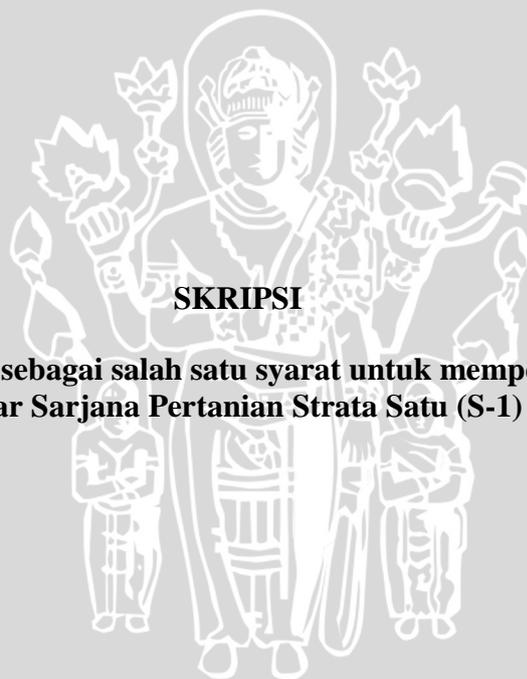
**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
JURUSAN HAMA DAN PENYAKIT TUMBUHAN
MALANG
2014**

**PENGARUH FILTRAT BIAKAN *Trichoderma* spp. TERHADAP
PENETASAN TELUR NEMATODA PURU AKAR (*Meloidogyne* sp.)**

Oleh

**AJI SANTOSO
105040201111050**

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



SKRIPSI

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

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
JURUSAN HAMA DAN PENYAKIT TUMBUHAN
MALANG
2014**

LEMBAR PERSETUJUAN

Judul : Pengaruh Filtrat Biakan *Trichoderma* spp. terhadap Penetasan
Telur Nematoda Puru Akar (*Meloidogyne* sp.)
Nama : Aji Santoso
NIM : 105040201111050
Program Studi : Agroekoteknologi
Minat : Hama dan Penyakit Tumbuhan
Menyetujui : Dosen Pembimbing

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping

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

Dr. Ir. Toto Himawan, SU.
NIP. 19551119 19803 1 002

Mengetahui,
Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan
Ketua,

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

Tanggal Persetujuan:

LEMBAR PENGESAHAN

Mengesahkan

MAJELIS PENGUJI

Penguji I

Penguji II

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

Dr. Ir. Mintarto Martosudiro, MS.
NIP. 19590705 198601 1 003

Penguji III

Penguji IV

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

Dr. Ir. Toto Himawan, SU.
NIP. 19551119 19803 1 002

Tanggal lulus :

PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa dalam skripsi merupakan hasil penelitian saya sendiri dengan bimbingan dosen pembimbing. Skripsi ini tidak pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis disebutkan rujukannya dalam daftar pustaka.

Malang, Juli 2014

Aji Santoso

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



Skripsi ini kupersembahkan untuk.....

- ❖ Bapak dan Ibu, yang senantiasa mencurahkan cinta dan kasih sayangnya, memberikan dukungan moral, materi, maupun spiritual serta untaian do'a yang tiada pernah terputus agar aku terus menggapai cita-cita dan mengantarkanku meraih semua mimpiku. Terima kasih....
- ❖ Teman-teman HiMAETA (2013). Guntur, Erlin, Meristy, Vita, Anot, Satrio, Azizah, Mita, Ocir, Enggar, Novia, Septi, Huda, Nita, Luthfie, Claudya, Alorisa, Mega, A'an, Astri, Kindi, Hosay, Ganesh, Zainul, Pandu, Dhani, Ninik, Dewi. Terima kasih atas segala bantuan, doa serta semangat kalian. HiMAETA.....!!! Oyi Ker.....!!!
- ❖ Teman-teman HUMMAOS. Mas Aji, Mas Aflat, Mas Harpa Mas Inwan, Eri, Noviani, Shee, Adiba, Vani, Erma, Andy, Mirza, Abdul, Ibnu, Riko, Arum, Indy, Khir. Terima kasih, kalian telah memberi warna dalam hidupku. Semoga kita tetap menjadi keluarga selamanya.
- ❖ Mas Arif, Mas Eko, Mas Rogik, Mas Tio, Mas Hasan, Mas Adne. Terima Kasih telah mengajari dan membimbingku menikmati kehidupan di kampus.
- ❖ Dewi, Mas Uyah, Mas Erfan. Terima Kasih atas bantuan dan semangatnya.
- ❖ Teman-Teman HDT 2010 dan Agroekoteknologi 2010 yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu. Semoga kita menjadi orang yang sukses dan bermanfaat.

RINGKASAN

Aji Santoso. 105040201111050. Pengaruh Filtrat Biakan *Trichoderma* spp. Terhadap Penetasan Telur Nematoda Puru Akar, *Meloidogyne incognita*. Di bawah bimbingan Hagus Tarno, SP., MP., Ph.D. sebagai pembimbing utama dan Dr. Ir. Toto Himawan, SU. sebagai pembimbing pendamping.

Nematoda puru akar, *Meloidogyne incognita* merupakan nematode parasit yang menyerang lebih dari 2000 jenis tanaman budidaya didunia. *Meloidogyne* sp. sebagian hidupnya berada didalam jaringan akar tanaman dan sebagian berada diluar jaringan tanaman, sehingga *Meloidogyne* sp. sulit untuk dikendalikan. Pengendalian yang umum dilakukan adalah pada juvenil 2 atau tahap infeksi menyerang tanaman. *Meloidogyne* sp. perlu upaya pengendalian lain sebelum nematode memasuki fase infeksi yaitu pada fase telur. Berbagai upaya pengendalian banyak dilakukan, diantaranya penggunaan agen hayati *Trichoderma* sp. Pengendalian biologi lebih ramah lingkungan dari pada pestisida sintesis. *Trichoderma* sp. selama pertumbuhan dapat menghasilkan enzim yang mampu mendegradasi dinding sel. *Trichoderma* sp. juga menghasilkan senyawa racun yang bersifat volatile dan non-volatile. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh perlakuan filtrate biakan *Trichoderma* spp. untuk menekan penetasan telur *Meloidogyne* sp.

Penelitian dilakukan di Laboratorium Hama, Sub Laboratorium Nematologi, Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang. Penelitian dilaksanakan dari bulan Januari sampai bulan Mei 2014. Penelitian disusun menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari 16 perlakuan. Filtrat biakan *Trichoderma harzianum* (T1), *T. koningii* (T2), *Trichoderma viride* (T3) dikombinasikan dengan 5 taraf konsentrasi filtrate biakan yang berbeda yaitu 30 ml/l (K1), 50 ml/l (K2), 70 ml/l (K3), 90 ml/l (K4), dan 110 ml/l (K5). Selain itu digunakan 1 perlakuan menggunakan aquades sebagai kontrol (T0K0), setiap perlakuan diulang sebanyak 5 kali.

Nematoda yang digunakan untuk perlakuan adalah *Meloidogyne incognita*. Berdasarkan pola sidik pantat, *M. incognita* memiliki ciri lengkungan dorsal tinggi dan agak meruncing, serta tidak memiliki garis lateral. Filtrat biakan *T. harzianum* mampu menekan penetasan telur *M. incognita* antara 15.42-47.47%, sedangkan filtrate biakan *T. koningii* mampu menekan penetasan telur *M. incognita* antara 12.37-35.05%, dan filtrate biakan *T. viride* mampu menekan penetasan telur *M. incognita* antara 18.58-33.00%. Nilai LC₅₀ filtrat biakan *T. harzianum* ialah 144.16 ml/l, sedangkan filtrate biakan *T. koningii* ialah 195.14 ml/l, dan filtrate biakan *T. viride* ialah 477.08 ml/l. Filtrat biakan *T. harzianum* memiliki toksisitas lebih tinggi dari pada filtrate biakan *T. viride* dan *T. koningii*.

SUMMARY

Aji Santoso. 105040201111050. The Effect of Culture Filtrate of *Trichoderma* spp. on Eggs of Root Knot Nematode, *Meloidogyne incognita*. Supervised by Hagus Tarno, SP., MP., Ph.D. and Dr. Ir. Toto Himawan, SU.

Root knot nematodes, *Meloidogyne incognita* is a plant parasitic nematode that attacks more than 2000 species of crops in the world. RKNs are difficult to control because they complete their life cycle both in and outside roots. Common controls are performed in infective juvenile when they attack crops. Egg phase of RKNs can be effective phase for controlling period. Various control measures have been carried out, including the use of biological agent *Trichoderma* sp. Biological control is more environmentally friendly than synthetic pesticides. *Trichoderma* sp. also can produce enzymes capable of degrading the cell wall of nematodes. *Trichoderma* sp. also produce toxic compounds such as volatile and non-volatile. Therefore, it is necessary to investigate the effect of culture filtrate of *Trichoderma* spp. to suppress RKNs egg hatching.

Research was conducted at Pest Laboratory, Nematology sub laboratory, Department of Pests and Plant Diseases, Faculty of Agriculture, Brawijaya University, Malang from January to May 2014. Completely randomized design (CRD) was used and it was consisted of 16 treatments. The culture filtrate of *Trichoderma harzianum* (T1), *T. koningii* (T2), *Trichoderma viride* (T3) combined with 5 different concentrations level of culture filtrate that are 30 ml/l (K1), 50 ml/l (K2), 70 ml/l (K3), 90 ml/l (K4), and 110 ml/l (K5). Also used 1 treatment using distilled water as a control (TOK0), each treatment was replicated 5 times.

Nematodes that used for the treatment were *Meloidogyne incognita*. Based on the perineal pattern, *M. incognita* have a characteristic dorsal arch height and slightly tapered, and have no lateral line. The culture filtrate of *T. harzianum* suppressed *M. incognita* egg hatched between 15.42-47.47%, while the culture filtrate of *T. koningii* is able to suppress egg hatching of *M. incognita* between 12.37-35.05%, and culture filtrate of *T. viride* suppressed *M. incognita* egg hatching between 18.58- 33.00%. LC₅₀ values of used culture filtrate of *T. harzianum* was 144.16 ml/l, while the culture filtrate of *T. koningii* is 195.14 ml/l, and culture filtrate of *T. viride* was 477.08 ml/l. The culture filtrate of *T. harzianum* was higher than the culture filtrate of *T. viride* and culture filtrate of *T. koningii*.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Pengaruh Filtrat Biakan *Trichoderma* spp. terhadap Penetasan Telur Nematoda Puru Akar (*Meloidogyne* sp.)”.

Penyusunan skripsi ini juga tidak lepas dari bantuan berbagai pihak yang telah banyak membantu penulis. Penulis menyampaikan terimakasih kepada :

1. Hagus Tarno, SP., MP., Ph.D. dan Dr. Ir. Toto Himawan, SU. selaku pembimbing, beserta seluruh Dosen yang telah memberikan bimbingan dan saran yang berkaitan dengan penyelesaian skripsi ini.
2. Dr. Ir. Bambang Tri Rahardjo, SU. dan Dr. Ir. Mintarto Martosudiro, MS. selaku selaku penguji atas nasihat dan arahan kepada penulis.
3. Dr. Ir. Bambang Tri Rahardjo, SU. selaku ketua jurusan, serta karyawan Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, atas segala bantuan yang diberikan.
4. Ibu dan Bapak yang menjadi motivasi utama penulis menyelesaikan studi dengan sebaik-baiknya.
5. Teman-teman Agroekoteknologi 10, HPT 10, dan HIMAPTA serta semua pihak atas bantuan dan dukungan yang telah diberikan selama penyusunan skripsi.

Penulis berharap saran dan kritik yang membangun dari pembaca untuk penyempurnaan isi dari skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan semua pihak yang membutuhkan. Aamiin.

Malang, Juli 2014

Penulis

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan pada tanggal 01 Maret 1993 di Bojonegoro, dari Bapak Kasimin dan Ibu Kariyem.

Penulis menyelesaikan pendidikan sekolah dasar di SDN Bobol 6 pada tahun 2004. Pada tahun yang sama penulis melanjutkan studi ke SMP Negeri 2 Karangjati dan lulus pada tahun 2007. Setelah itu penulis melanjutkan studi ke SMA Negeri 1 Ngawi pada tahun yang sama dan lulus pada tahun 2010. Pada tahun 2010 penulis melanjutkan pendidikan tinggi di Program Studi Agroekoteknologi, Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya Malang melalui jalur Penelusuran Minat dan Kemampuan (PMDK).

Selama menjadi mahasiswa penulis pernah menjadi asisten praktikum Dasar Perlindungan Tanaman, Teknologi dan Produksi Benih, Manajemen Agroekosistem, dan Ilmu Hama Tanaman. Pada tahun 2012 penulis mendapatkan penghargaan dari Forum Komunikasi Mahasiswa Agroekoteknologi (FORKANO) sebagai Mahasiswa Agroekoteknologi Berprestasi yang mampu menyelaraskan nilai akademik dan berorganisasi. Pada tahun 2013 penulis mendapat juara II dalam penulisan artikel ilmiah “Klinik Tanaman” yang diselenggarakan oleh HIMAPTA.

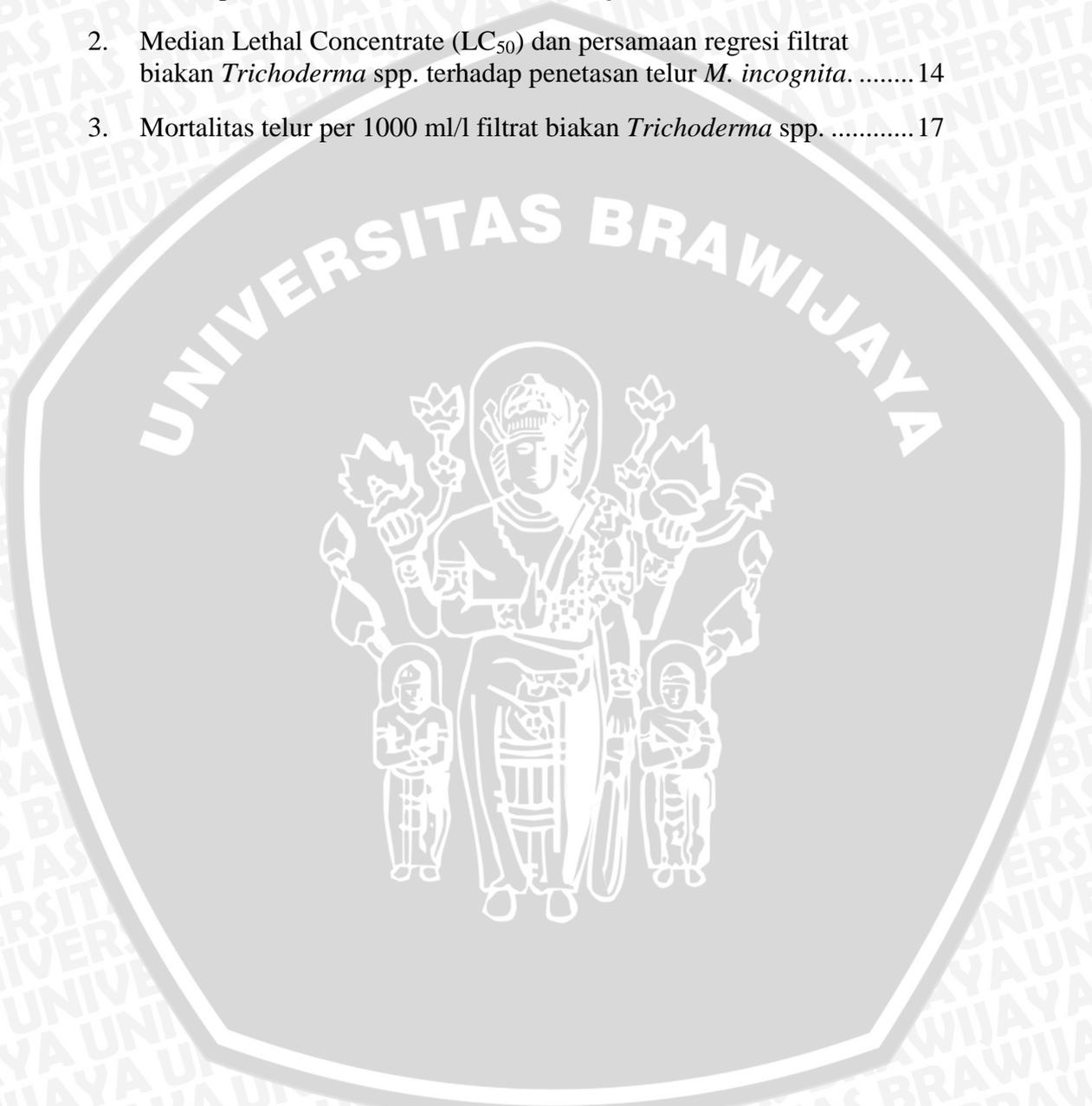
Selain itu, penulis aktif pada berbagai organisasi kemahasiswaan. Penulis pernah menjadi Staf Departemen HUMMAS BEM FP pada tahun 2011, kemudian menjabat Dirjen Internal Kementerian HUMMAS BEM FP pada tahun 2012. Pada tahun 2013 penulis menjadi Ketua Umum Himpunan Mahasiswa Perlindungan Tanaman (HIMAPTA). Selama menjadi mahasiswa penulis juga aktif pada berbagai kepanitiaan, penulis pernah mengikuti kepanitiaan divisi Kesehatan Inaugurasi 2010, divisi Humas POSTER 2011, divisi Pendamping RANTAI II, Ketua Pelaksana Brawijaya’s International Agriculture 2012 dan Sterring Committee PROTEKSI 2014.

DAFTAR ISI

	Halaman
RINGKASAN	i
SUMMARY	ii
KATA PENGANTAR	iii
RIWAYAT HIDUP	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
LAMPIRAN	viii
I. PENDAHULUAN	1
1. Latar Belakang	1
2. Tujuan	2
3. Hipotesis	2
II. TINJAUAN PUSTAKA	3
1. <i>Meloidogyne</i> sp.	3
2. Peran jamur <i>Trichoderma</i> sebagai agens hayati	5
III. METODOLOGI	7
1. Tempat dan Waktu	7
2. Alat dan Bahan	7
3. Metode Penelitian	7
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	12
1. Hasil	12
1.1 Identifikasi	12
1.2 Pengaruh perlakuan filtrat biakan <i>T. harzianum</i> , <i>T. viride</i> dan <i>T. koningii</i> terhadap penetasan telur <i>M. incognita</i>	12
1.3 Nilai Median Lethal Concentrate 50 (LC ₅₀) perlakuan filtrat biakan <i>T. harzianum</i> , <i>T. viride</i> , dan <i>T. koningii</i> terhadap penetasan telur <i>M. incognita</i>	13
2. Pembahasan	15
V. KESIMPULAN DAN SARAN	18
1. Kesimpulan	18
2. Saran	18
DAFTAR PUSTAKA	19
LAMPIRAN	22

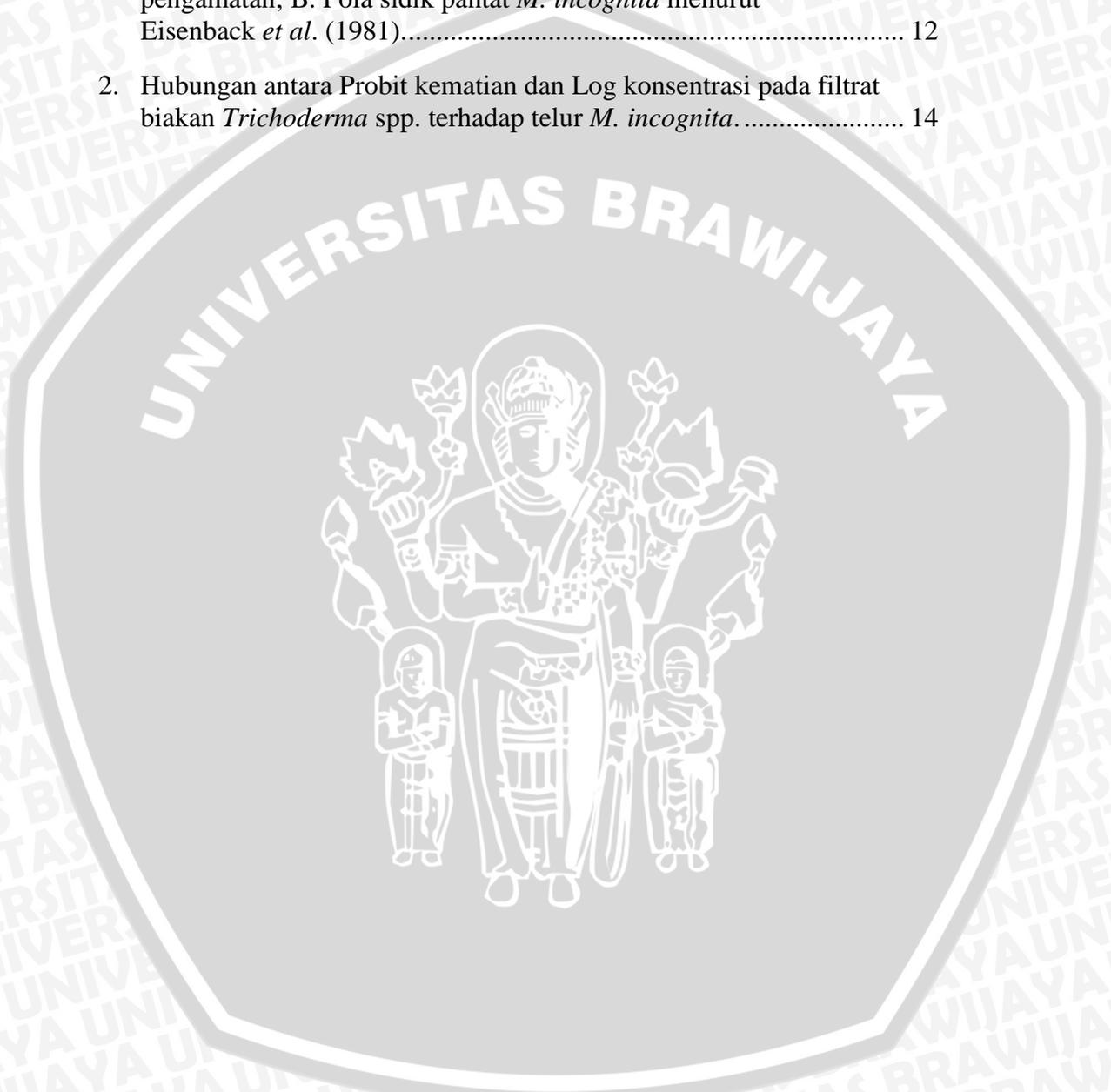
DAFTAR TABEL

Nomor	Teks	Halaman
1.	Rerata persentase mortalitas telur <i>M. incognita</i>	13
2.	Median Lethal Concentrate (LC ₅₀) dan persamaan regresi filtrat biakan <i>Trichoderma</i> spp. terhadap penetasan telur <i>M. incognita</i>	14
3.	Mortalitas telur per 1000 ml/1 filtrat biakan <i>Trichoderma</i> spp.	17



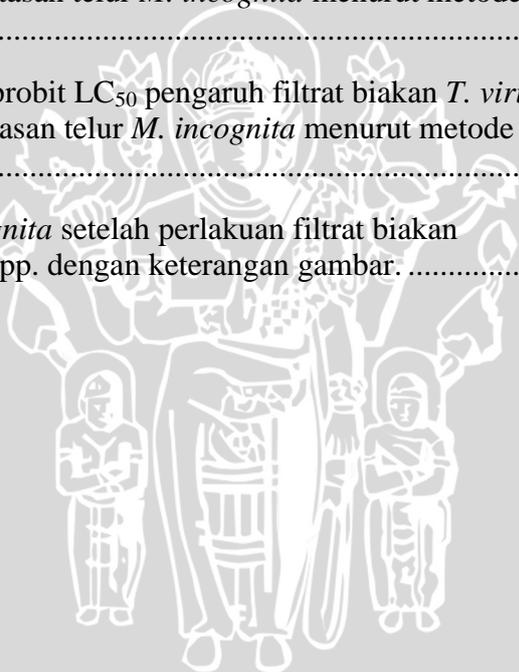
DAFTAR GAMBAR

Nomor	Teks	Halaman
1.	Pola sidik pantat <i>M. incognita</i> ; A. Pola sidik pantat hasil pengamatan; B. Pola sidik pantat <i>M. incognita</i> menurut Eisenback <i>et al.</i> (1981).....	12
2.	Hubungan antara Probit kematian dan Log konsentrasi pada filtrat biakan <i>Trichoderma</i> spp. terhadap telur <i>M. incognita</i>	14



LAMPIRAN

Nomor	Teks	Halaman
1.	Kerangka Konseptual.....	22
2.	Kerangka operasional.....	23
3.	Tabel analisis ragam pengaruh filtrat biakan <i>Trichoderma</i> spp. terhadap penetasan telur <i>M. incognita</i>	24
4.	Tabel analisa probit LC ₅₀ pengaruh filtrat biakan <i>T. harzianum</i> terhadap penetasan telur <i>M. incognita</i> menurut metode Chi (1997).	25
5.	Tabel analisa Probit LC ₅₀ pengaruh filtrat biakan <i>T. koningii</i> terhadap penetasan telur <i>M. incognita</i> menurut metode Chi (1997).	26
6.	Tabel analisa probit LC ₅₀ pengaruh filtrat biakan <i>T. viride</i> terhadap penetasan telur <i>M. incognita</i> menurut metode Chi (1997).	27
7.	Telur <i>M. incognita</i> setelah perlakuan filtrat biakan <i>Trichoderma</i> spp. dengan keterangan gambar.....	28



I. PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Nematoda puru akar (*Meloidogyne* sp.) merupakan nematoda parasit yang menyerang lebih dari 2000 jenis tanaman budidaya di dunia (Agrios, 2005). Nematoda puru akar memiliki gejala serangan yang sangat khas yaitu munculnya puru akar yang berukuran kecil hingga sedang (Wahyuno *et al.*, 2011). Serangan pada tanaman yang masih muda dapat menyebabkan kerusakan yang berat, sedangkan serangan tanaman yang sudah tua hanya akan sedikit mengalami kerusakan (Agrios, 2005).

Berbagai upaya pengendalian telah banyak dilakukan, pengendalian nematoda yang umum dilakukan adalah menggunakan pestisida kimia sintetis. Cara pengendalian ini memiliki beberapa kelemahan diantaranya adalah mahal dan memberi dampak negatif bagi lingkungan, sehingga banyak yang mencari alternatif pengendalian yang lebih aman dan ramah lingkungan yaitu dengan pengendalian hayati (Yulianti, 2012). Agen hayati untuk mengendalikan nematoda diantaranya adalah dengan menggunakan *Trichoderma harzianum* Rifai, *Trichoderma viride* Pers., *T. koningii* Oudem., *Trichoderma hamatum* (Bonord.) Bainier, *Trichoderma virens* (Miller *et al.*) dan *Trichoderma polysporum* Rifai (Benitez *et al.*, 2004).

Trichoderma spp. dapat diperbanyak menggunakan berbagai macam media perbanyakan. Media yang umum digunakan untuk perbanyakan *Trichoderma* spp. adalah media Ekstrak Kentang Dekstroza (EKD). *Trichoderma* spp. mengalami pertumbuhan dan perkembangan pada media perbanyakan EKD tersebut. Selama proses pertumbuhan dan perkembangan berlangsung *Trichoderma* spp. mengeluarkan enzim atau senyawa yang dapat digunakan untuk mengendalikan nematoda (Benitez *et al.*, 2004). Enzim yang dihasilkan oleh *Trichoderma* sp. diantaranya adalah enzim kitinase, glukonase dan protease yang mampu mendegradasi dinding sel (Lorito *et al.*, 1992). Selain itu *Trichoderma* sp. juga menghasilkan racun yang bersifat volatile dan non-volatile antara lain asam harzianic, antibiotik, 6-pentyl-a-pyrone, viridin, dan lain-lain (Benitez *et al.*,

2004). Oleh sebab itu media biakan yang mengandung filtrat *Trichoderma* sp. dapat mematikan nematoda (El-Nagdi dan El-Khair, 2008).

Meloidogyne sp. sebagian hidupnya berada didalam jaringan akar tanaman dan sebagian berada diluar jaringan tanaman, sehingga sulit untuk dikendalikan. Pengendalian yang umum dilakukan adalah pada juvenil 2 atau tahap infeksi menyerang tanaman, sehingga perlu upaya pengendalian lain sebelum nematoda memasuki fase infeksi untuk mengurangi resiko serangan nematoda. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh filtrat biakan *Trichoderma* spp. untuk menekan penetasan telur *Meloidogyne* sp.

2. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh filtrat biakan *T. harzianum*, *T. viride*, dan *T. koningii* untuk menekan penetasan telur *Meloidogyne* sp.
2. Mengetahui perbedaan toksisitas filtrat biakan *T. harzianum*, *T. viride*, dan *T. koningii* terhadap telur *Meloidogyne* sp.

3. Hipotesis

Hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini adalah:

1. Filtrat biakan *T. harzianum*, *T. viride*, dan *T. koningii* mampu menekan penetasan telur *Meloidogyne* sp.
2. Filtrat biakan *T. harzianum*, *T. viride*, dan *T. koningii* memiliki toksisitas yang berbeda terhadap telur *Meloidogyne* sp.

II. TINJAUAN PUSTAKA

1. *Meloidogyne* sp.

Meloidogyne sp. termasuk dalam Phylum Nematoda, Ordo Tylenchida, Subordo Tylenchina, Superfamily Tylenchoidea, Family Heteroderidae dan Genus *Meloidogyne* (Agrios, 2005). *Meloidogyne* sp. biasa disebut juga dengan nematoda puru akar. Nematoda puru akar memiliki stilet yang digunakan untuk menyerap nutrisi dari sel-sel tanaman. Nematoda tidak memiliki tulang dan kulit atau kutikula yang bisa digunakan untuk melindungi tubuh terhadap tekanan dari luar serta untuk nematoda bergerak. *Meloidogyne* sp. betina berbentuk bulat dan tinggal diakar tanaman pada saat dewasa dan bertelur. Nematoda akan menetap pada suatu bagian akar untuk makan. Bagian sel tanaman yang nutrisinya diserap oleh nematoda puru akar akan mengalami pembengkakan yang disebut *giant-cell* (Mitkowski dan Abawi, 2003).

Nematoda menusuk sel tanaman menggunakan stilet dan mengeluarkan protein yang dapat merangsang perubahan pada sel-sel yang terparasit. Sel tersebut akan menjadi sel multinukleat (sel yang memiliki banyak inti), hal ini terjadi karena tidak terjadinya pembentukan dinding sel. Proses ini disebut *uncoupled*, sel tidak mengalami pembelahan hanya menjadi lebih besar dan berisi inti sel. Hal ini menyebabkan terjadinya pembengkakan sel dan menghasilkan sejumlah protein yang kemudian akan dicerna oleh nematoda. Sel tanaman yang membengkak tersebut berperan sebagai penyalur nutrisi yang akan dicerna oleh nematoda. Nematoda tidak mencerna makanan dari sel tanaman secara langsung. Nematoda membentuk saluran makanan (dari cairan yang dikeluarkan oleh sel kelenjar) dari stylet yang ditusukkan dalam sitoplasma sel tumbuhan yang bertindak sebagai saringan untuk menyaring sitosol yang akan dicerna oleh nematoda. Zat pengatur tumbuh memiliki peran besar dalam penambahan ukuran dan pembelahan sel yang dipicu oleh cairan yang dikeluarkan oleh sel kelenjar dari nematoda (Mitkowski dan Abawi, 2003).

Nematoda betina lebih besar dari nematoda jantan, daerah posteriornya mampu menembus jaringan epidermis dan telurnya diletakan di dalam gelatin telur. Pada umumnya setiap betina *Meloidogyne* sp. memiliki 500 telur didalam tubuhnya (Agrios, 2005). Nematoda betina berwarna putih seperti buah pear dan dapat diamati tanpa menggunakan pembesaran mikroskop. Sedangkan pada juvenil 2 (J2) dan nematoda jantan hanya dapat diamati dengan menggunakan bantuan mikroskop. Umumnya nematoda betina memiliki tubuh bulat dengan leher pendek yang berisi stylet, metacarpus dan sel-sel kelenjar esophagus. J2 nematoda puru akar umumnya ditemui didalam tanah berbentuk seperti cacing. J2 biasanya memiliki panjang lebih kurang 500 μm dan lebar 15 μm (Mitkowski dan Abawi, 2003). J2 adalah satu-satunya fase infeksi dari nematoda puru akar (Agrios, 2005).

Meloidogyne sp. jantan berbentuk seperti cacing dan memiliki panjang lebih kurang 1.100 – 2000 μm . Nematoda *Meloidogyne* sp. jantan memiliki mulut yang berbeda dan memiliki stylet yang lebih kuat dari betina. Selain itu nematoda jantan ini sering memiliki spikula yang tumpul untuk kawin dan berekor bulat. *Meloidogyne* sp. dapat berkembang biak secara parthenogenesis atau fakultatif parthenogenesis. Hal ini berarti bahwa nematoda jantan tidak dibutuhkan untuk melengkapi siklus hidup nematoda *Meloidogyne* sp. dan telur dapat dihasilkan oleh nematoda betina tanpa melalui proses pembuahan. Oleh karena itu nematoda jantan jarang ditemukan dan hanya ditemui pada populasi nematoda yang mengalami stress lingkungan (Mitkowski dan Abawi, 2003).

Nematoda puru akar memulai siklus hidupnya dari telur dan berkembang sangat cepat menjadi juvenil 1 (J1). J1 berada didalam telur yang transparan, selanjutnya mengalami molting dan menjadi juvenil (J2). Tahap J2 adalah satu-satunya fase yang dapat memulai infeksi pada tanaman. J2 menyerang jaringan akar tanaman dan masuk pada bagian akar yang interselluler. Setelah itu J2 berpindah pada bagian sel yang bisa mengalami pemanjangan sel, kemudian nematoda tersebut mulai menyerap nutrisi tanaman dengan menyuntikan cairan yang dikeluarkan oleh kelenjar esophagus kedalam sel akar tersebut. Jika nematoda mati sel yang menjadi tempat makan dari

nematoda tersebut akan tetap membengkak. Pada tahap J2 nematoda *Meloidogyne* sp. tidak memiliki organ reproduksi. Nematoda puru akar memiliki empat tahap juvenil, pada masing – masing tahap melalui proses molting yang mirip dengan serangga. Hasil molting tersebut juvenil nematoda akan memiliki bentuk semakin mirip dengan nematoda dewasa yang jantan dan betina (Mitkowski dan Abawi, 2003).

Juvenil 3 dan 4 kebanyakan berada pada puru akar. Juvenil 3 sulit untuk diketahui karena tahapnya yang cukup singkat (Yu, 1995). Juvenil 4 (J4) merupakan tahap perkembangan dari juvenil menjadi bulat (betina) atau menjadi seperti cacing (jantan). Seekor nematoda betina dapat menghasilkan 500 sampai 1000 telur (Mitkowski dan Abawi, 2003). Siklus hidup nematoda puru akar umumnya 25 hari pada suhu 27 °C, akan tetapi siklus hidupnya bisa lebih panjang pada setiap suhu yang berbeda (Agrios, 2005). Nematoda yang hidup pada daerah dingin umumnya memiliki siklus hidup yang lebih lama. Telur dari nematoda puru akar dapat berada didalam jaringan akar atau dilepaskan pada matriks tanah. Telur akan menetas secara acak, tidak tergantung ada atau tidaknya eksudat akar. Pada kondisi yang sesuai telur nematoda puru akar dapat bertahan hidup selama satu tahun didalam tanah (Mitkowski dan Abawi, 2003).

2. Peran jamur *Trichoderma* sebagai agens hayati

Trichoderma spp. termasuk dalam phylum ascomycota, kelas ascomycetes, ordo hypocreales, family hypocreaceae, genus trichoderma dan spesies *Trichoderma* spp. (Semangun, 2000). Jamur *Trichoderma* spp. adalah jamur yang banyak dimanfaatkan sebagai agen hayati dan diharapkan dapat mengurangi ketergantungan terhadap penggunaan pestisida sintentis (Purwantisari dan Hastuti, 2009).

Jamur *Trichoderma* spp. umumnya bisa ditemukan dari tanah hutan atau tanah pertanian. Pada perbanyakan secara invitro *Trichoderma* spp. akan mudah tumbuh pada suhu 25-30 °C. Pada Awalnya koloni terlihat transparan jika ditumbuhkan pada media cornmeal dekstroza agar (CMD) atau berwarna putih pada media yang lebih kaya nutrisi seperti pada media potato dekstroza agar (PDA). Pada media CMD miselium tidak terlihat dengan jelas,

konidianya terbentuk dalam satu minggu dan berbentuk gumpalan yang padat ataupun tidak dengan warna kehijauan, kekuningan atau putih. Pigmen kuning dapat dikeluarkan pada media agar, utamanya pada media PDA (Anonim, 2013).

Konidiofornya bercabang dan berumbai sehingga sulit untuk mengukurnya, seringkali berbentuk lingkaran yang konsentris. Cabang utama dari konidiofor menghasilkan cabang lateral yang berpasangan atau tidak berpasangan. Cabang-cabang dapat bercabang kembali yang disebut cabang sekunder, umumnya cabang sekunder ini berpasangan. Seluruh cabang primer dan sekunder tumbuh hampir membentuk sudut 90° dengan sumbu atau cabang utamanya (Anonim, 2013).

Mekanisme pengendalian yang oleh *Trichoderma* sebagai agen hayati adalah berkompetisi dengan jamur patogen, antibiosis, mycoparasitisme, biofertilisasi dan menstimulus mekanisme ketahanan tanaman terhadap patogen, mengeluarkan enzim yang mampu mendegradasi dinding sel patogen. Kombinasi enzim hidrolitik dan mekanisme antibiotik dapat meningkatkan hasil mekanisme antagonis dari pada hasil yang diperoleh oleh salah satu mekanisme saja (Benitez *et al.*, 2004).



III. METODOLOGI

1. Tempat dan Waktu

Penelitian dilakukan di Laboratorium Hama, Sub Laboratorium Nematologi jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang. Penelitian dilaksanakan dari bulan Januari sampai bulan Mei 2014.

2. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam percobaan ini adalah cangkul, kantung plastik, tabung reaksi, Beaker *glass*, mikropipet, cawan Petri, jarum ose, bunsen, mikroskop binokuler, kamera digital, *autoclave*, *Laminar air flow cabinet* (LAFC), tabung erlemeyer, kompor listrik, panci, pisau, pipet, mikro pipet, gunting, *hand counter*, tusuk gigi, gelas benda, gelas penutup, pensil, spidol, kertas label, tissue steril, kertas, plastik perekat, gunting, penggaris, haemocytometer, polibag, saringan, tabung sentrifuse, sentrifuse, penggojlog, bor gabus, api Bunsen, kamera digital.

Bahan yang digunakan dalam percobaan ini adalah bibit nilam, bibit tomat, klorok (NaOCI) 1%, kertas whatman no.42, aquades, alkohol 70%, kentang, dekstrosa, agar, *chloramphenicol*, aluminium foil, kapas, isolat jamur *T. harzianum* (Tr/015/HPTUB), *T. viride* (Tr/m3/viride/UB), dan *T. koningii* (Tr/016/HPTUB).

3. Metode Penelitian

a. Persiapan Penelitian Perbanyakan Nematoda

Nematoda *Meloidogyne* sp. diperoleh dari kebun pembibitan tanaman nilam di Program Hibah Kompetisi (PHKI) Tema - C Universitas Brawijaya di Kecamatan Kesamben, Kabupaten Blitar. Sampel tersebut diambil menggunakan cangkul lalu dimasukkan ke kantung plastik kemudian dibawa ke Laboratorium Hama, Sub Laboratorium Nematologi, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya. Sampel akar dari lahan dicuci dengan menggunakan air. Akar yang sudah bersih dipotong dari pangkal batang tanaman dan direndam menggunakan air selama 48 jam. Akar hasil rendaman yang terdapat

puru atau *gall* diambil nematoda betina dan massa telurnya menggunakan jarum.

Nematoda betina yang diperoleh diidentifikasi berdasarkan pola sidik pantatnya menggunakan pedoman identifikasi Eisenback *et al.* (1981). Identifikasi dilakukan untuk pemastian bahwa nematoda yang diperoleh adalah nematoda *Meloidogyne* sp. Sedangkan massa telur yang diperoleh dikumpulkan pada cawan Petri, lalu direndam di larutan klorok (NaOCl 1%) selama 10-15 detik untuk membersihkan massa telur dari kotoran dan mengeluarkan telur di dalamnya. Ini bertujuan menjaga agar telur tetap menetas maka massa telur tersebut dicuci menggunakan air sampai aroma klorok tidak berbau. Telur yang telah terpisah diinokulasikan pada tanaman tomat yang ditanam pada media tanah steril dan berumur 18 hari setelah tanam untuk perbanyak nematoda. Setelah 45 hari tanaman tomat diekstrak untuk diambil nematodanya dan digunakan sebagai bahan penelitian (Nailufar, 2007). Ekstraksi dilakukan dengan metode yang sama pada saat tahap persiapan yaitu menggunakan jarum.

Persiapan inokulum *Trichoderma* spp.

Isolat *T. harzianum* (Tr/015/HPTUB) dan *T. koningii* (Tr/016/HPTUB) diperoleh dari jurusan HPT FP UB sedangkan *T. viride* (Tr/m3/viride/UB) diperoleh dari jurusan Biologi FMIPA UB. Isolat tersebut diperbanyak pada media *Potato Dekstrose Agar* (PDA). Sebelum melakukan perbanyak terlebih dahulu dilakukan sterilisasi alat-alat yang akan digunakan. Sterilisasi alat bertujuan agar alat yang digunakan steril atau bebas dari mikroorganisme yang tidak diinginkan (Lestarinigrum, 2011). Sterilisasi dilakukan menggunakan *autoclave*. Alat yang disterilisasi dicuci dahulu, kemudian dikeringkan dan dibungkus dengan menggunakan kertas, setelah itu dimasukan ke dalam *autoclave* dengan suhu 120 °C, tekanan 1 Atm selama 15-20 menit. Setelah proses sterilisasi, maka selanjutnya dilakukan pembuatan media PDA.

Langkah pembuatan 1 liter media PDA ialah mengupas kentang dan dicuci kemudian dipotong dengan ukuran 1x1 cm lalu ditimbang seberat 250 gram. Setelah itu kentang direbus dengan aquades selama 20 menit kemudian

rebusan kentang disaring dan diambil ekstrak kentangnya. Ekstrak kentang dicampur dengan 20 gram dekstrosa dan agar seberat 20 gram, kemudian dipanaskan sambil diaduk sampai merata dan ditambahkan aquades sampai mencapai volume 1 liter. Setelah itu ditambahkan 2 kapsul *chloramphenicol* selanjutnya dituangkan ke tabung erlenmeyer. Setiap tabung diisi 200 ml media PDA, tabung ditutup dengan kapas dan dilapisi dengan aluminium foil, kemudian dimasukkan ke dalam *autoclave*. Setelah itu dilakukan plating pada cawan Petri dan ditutup dengan menggunakan plastik perekat kemudian dilakukan isolasi jamur (Lestaringrum, 2011). Isolasi jamur dilakukan selama 1 minggu, lalu jamur diperbanyak pada media Ekstrak Kentang Dekstrosa (EKD).

Perbanyak *Trichoderma* spp. pada media EKD

Langkah pembuatan media EKD ialah mengupas kentang dan dicuci sampai bersih, kemudian dipotong dengan ukuran 1x1 cm, sebanyak 250 gram. Kentang direbus dengan 800 ml air, selama 20 menit, kemudian rebusan kentang disaring dan diambil ekstrak kentangnya. Setelah itu ekstrak kentang dicampur dengan 20 gram dekstrosa, kemudian dipanaskan sambil diaduk merata dan ditambahkan aquades sampai mencapai volume 1 liter. Setelah dekstrosa larut, ditambahkan 2 kapsul *chloramphenicol* dan diaduk sampai mendidih. Setelah itu dituangkan ke dalam tabung erlenmeyer 250 ml, kemudian disterilisasi pada *autoclave*.

Perbanyak dilakukan dengan cara memasukan isolat *Trichoderma* spp. dari media PDA ke dalam tabung erlenmeyer 250 ml yang berisi media EKD. Isolat *Trichoderma* spp diambil menggunakan bor gabus sebanyak 2-3 potong, kemudian digojlog dengan kecepatan 110 rpm selama 48 jam. Setelah itu diinkubasi selama 7 hari agar *Trichoderma* spp. tumbuh dan memenuhi media, kemudian dilakukan pemisahan *Trichoderma* spp. dengan media perbanyakannya. Pemisahan dilakukan melalui cara sentrifugasi dengan kecepatan 6000 rpm selama 20 menit, kemudian disaring menggunakan kertas saring Whatman nomor 42. Penyaringan diulang 2-3 kali agar spora jamur terpisah dari media perbanyakannya. Suspensi media yang telah terpisah dari jamur *Trichoderma* spp. siap digunakan untuk perlakuan.

b. Pelaksanaan Penelitian

Suspensi media hasil penyaringan digunakan untuk perlakuan pada 25 telur *Meloidogyne* sp. pada setiap cawan Petri. Penghitungan telur dilakukan dengan cara mengambil telur yang sudah dipisahkan dari masa telurnya menggunakan mikropipet, kemudian diteteskan pada cawan Petri dan dihitung dibawah mikroskop, menggunakan *hand counter*. Setelah itu pada cawan Petri ditambahkan aquades dan filtrat biakan sesuai dengan konsentrasi pada setiap perlakuan sampai 10 ml.

Penelitian disusun menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari 16 perlakuan. Filtrat biakan *T. harzianum* (T1), *T. koningii* (T2), *T. viride* (T3) dikombinasikan dengan 5 taraf konsentrasi filtrat biakan yang berbeda yaitu 30 ml/l (K1), 50 ml/l (K2), 70 ml/l (K3), 90 ml/l (K4), dan 110 ml/l (K5). Selain itu digunakan 1 perlakuan menggunakan aquades sebagai kontrol (T0K0), setiap perlakuan diulang sebanyak 5 kali. Perlakuan yang diujikan pada percobaan yang dilakukan adalah sebagai berikut :

T0K0: Kontrol (Aquades)

T1K1: Filtrat biakan *T. harzianum* dengan konsentrasi 30 ml/l

T1K2: Filtrat biakan *T. harzianum* dengan konsentrasi 50 ml/l

T1K3: Filtrat biakan *T. harzianum* dengan konsentrasi 70 ml/l

T1K4: Filtrat biakan *T. harzianum* dengan konsentrasi 90 ml/l

T1K5: Filtrat biakan *T. harzianum* dengan konsentrasi 110 ml/l

T2K1: Filtrat biakan *T. koningii* dengan konsentrasi 30 ml/l

T2K2: Filtrat biakan *T. koningii* dengan konsentrasi 50 ml/l

T2K3: Filtrat biakan *T. koningii* dengan konsentrasi 70 ml/l

T2K4: Filtrat biakan *T. koningii* dengan konsentrasi 90 ml/l

T2K5: Filtrat biakan *T. koningii* dengan konsentrasi 110 ml/l

T3K1: Filtrat biakan *T. viride* dengan konsentrasi 30 ml/l

T3K2: Filtrat biakan *T. viride* dengan konsentrasi 50 ml/l

T3K3: Filtrat biakan *T. viride* dengan konsentrasi 70 ml/l

T3K4: Filtrat biakan *T. viride* dengan konsentrasi 90 ml/l

T3K5: Filtrat biakan *T. viride* dengan konsentrasi 110 ml/l

c. Pengamatan Percobaan

Pengamatan dilakukan pada 3, 5, 7 Hari Setelah Perlakuan (HSP) untuk mengetahui jumlah telur *Meloidogyne* sp. yang tidak menetas. Jika pada kontrol terdapat kematian (telur tidak menetas) maka perlu dikoreksi menggunakan rumus Abbott (1925).

$$P = \frac{X-Y}{X} 100\%$$

Keterangan :

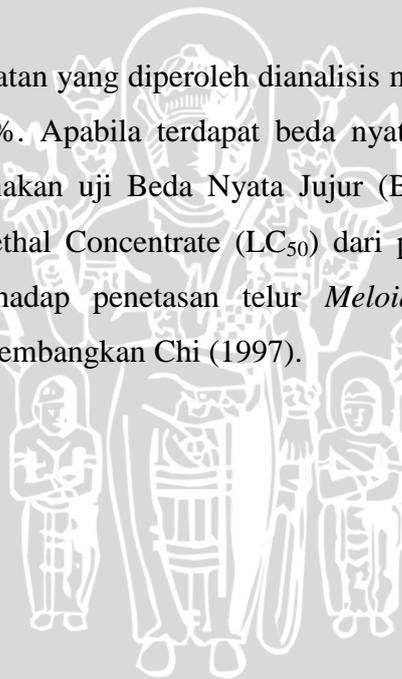
P : Presentase kematian yang dikoreksi

X : Jumlah telur nematoda pada kontrol yang menetas

Y : Jumlah telur nematoda pada perlakuan yang menetas

d. Analisis Data

Data hasil pengamatan yang diperoleh dianalisis menggunakan uji F pada taraf kepercayaan 95 %. Apabila terdapat beda nyata, maka nilai rata-rata dibandingkan menggunakan uji Beda Nyata Jujur (BNJ). Sedangkan untuk mengetahui Median Lethal Concentrate (LC₅₀) dari perlakuan filtrat biakan *Trichoderma* spp. terhadap penetasan telur *Meloidogyne* sp. digunakan aplikasi probit yang dikembangkan Chi (1997).

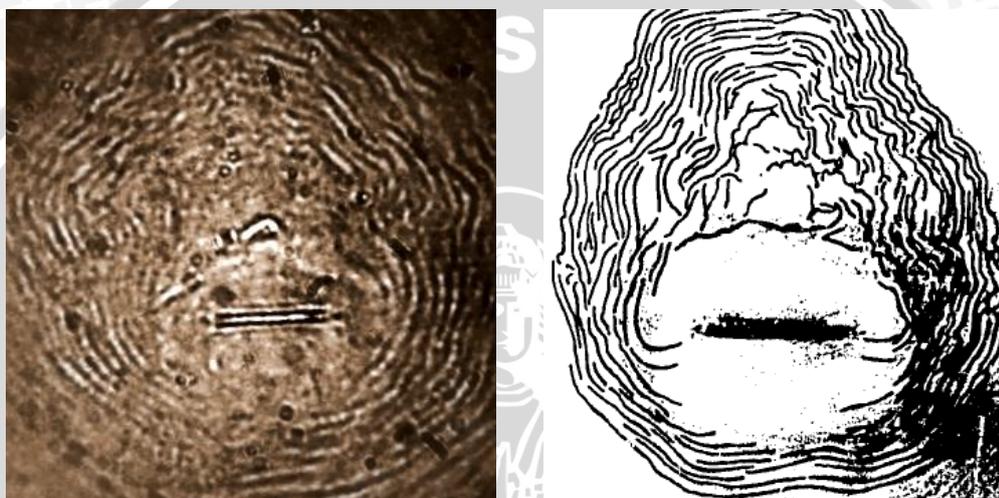


IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil

1.1 Identifikasi

Hasil pengamatan pola sidik pantat dari spesimen yang diidentifikasi diperoleh pola sidik pantat yang memiliki kemiripan dengan pola sidik pantat *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood (Tylenchida: Heteroderidae). Gambar pola sidik pantat dapat dilihat pada Gambar 1.



A

B

Gambar 1. Pola sidik pantat *M. incognita*; A. Pola sidik pantat hasil pengamatan; B. Pola sidik pantat *M. incognita* menurut Eisenback *et al.* (1981).

1.2 Pengaruh perlakuan filtrat biakan *T. harzianum*, *T. viride* dan *T. koningii* terhadap penetasan telur *M. incognita*

Berdasarkan hasil analisis ragam, menunjukkan bahwa filtrat biakan *Trichoderma* spp. berpengaruh terhadap persentase penetasan telur *M. incognita*. Rerata persentase mortalitas telur *M. incognita* karena pengaruh filtrat biakan *Trichoderma* spp. dengan berbagai konsentrasi yang berbeda disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Rerata persentase mortalitas telur *M. incognita*.

No.	Filtrat biakan	Konsentrasi (ml/l)	Rerata Mortalitas (%)	
1	<i>T. harzianum</i>	30	15.42	ab
2	<i>T. harzianum</i>	50	20.63	bcd
3	<i>T. harzianum</i>	70	26.74	def
4	<i>T. harzianum</i>	90	32.00	ef
5	<i>T. harzianum</i>	110	47.47	g
6	<i>T. koningii</i>	30	12.37	a
7	<i>T. koningii</i>	50	20.63	bcd
8	<i>T. koningii</i>	70	28.89	def
9	<i>T. koningii</i>	90	33.00	ef
10	<i>T. koningii</i>	110	35.05	f
11	<i>T. viride</i>	30	18.58	abc
12	<i>T. viride</i>	50	25.68	cde
13	<i>T. viride</i>	70	26.74	def
14	<i>T. viride</i>	90	28.89	ef
15	<i>T. viride</i>	110	33.00	ef

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji beda nyata jujur (BNJ) taraf 5%.

Berdasarkan Tabel 1 filtrat biakan *Trichoderma* spp. dengan konsentrasi yang berbeda untuk menekan penetasan telur *M. incognita* menunjukkan hasil yang berbeda nyata. Rerata persentase telur yang tidak menetas terendah adalah pada perlakuan filtrat biakan *T. koningii* dengan konsentrasi 30 ml/l yaitu sebesar 12.37 %, sedangkan yang tertinggi adalah pada perlakuan filtrat biakan *T. harzianum* dengan konsentrasi 110 ml/l yaitu sebesar 47.47 %.

1.3 Nilai Median Lethal Concentrate 50 (LC₅₀) perlakuan filtrat biakan *T. harzianum*, *T. viride*, dan *T. koningii* terhadap penetasan telur *M. incognita*.

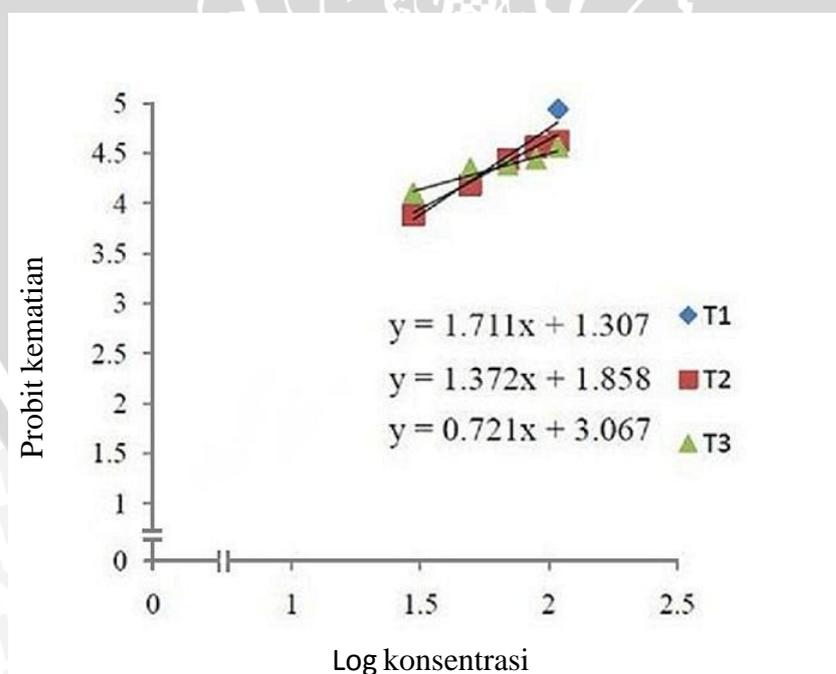
Berdasarkan pengamatan yang dilakukan pada mortalitas telur *M. incognita* dapat dihitung LC₅₀ untuk mengetahui tingkat toksisitasnya. Perhitungan LC₅₀ dilakukan menggunakan metode Chi (1997) ditunjukkan pada lampiran 4 sampai 6. Nilai LC₅₀ dan persamaan regresi dari 3 jenis filtrat biakan *Trichoderma* spp. terhadap penetasan telur *M. incognita* disajikan pada pada Tabel 2.

Tabel 2. Median Lethal Concentrate (LC₅₀) dan persamaan regresi filtrat biakan *Trichoderma* spp. terhadap penetasan telur *M. incognita*.

No	Filtrat biakan	LC ₅₀ (ml/l)	Persamaan regresi
1	<i>T. harzianum</i>	144.16	$y = 1.307 + 1.711x$
2	<i>T. koningii</i>	195.14	$y = 1.858 + 1.372x$
3	<i>T. viride</i>	477.08	$y = 3.067 + 0.721x$

Berdasarkan Tabel 2 dapat diketahui bahwa filtrat biakan *T. harzianum* membutuhkan konsentrasi 144.16 ml/l untuk menekan 50% telur *M. incognita* yang menetas. Filtrat biakan *T. koningii* membutuhkan konsentrasi sebesar 195.14 ml/l untuk menekan 50% penetasan telur *M. incognita*. Filtrat biakan *T. viride* membutuhkan konsentrasi sebesar 477.08 ml/l untuk menekan 50% penetasan telur *M. incognita*.

Pada Gambar 2 menunjukkan probit mortalitas telur *M. incognita* meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi filtrat biakan *Trichoderma* spp. Nilai probit kematian tertinggi ialah pada filtrat biakan *T. harzianum* dengan konsentrasi 110 ml/l. Pada konsentrasi yang sama probit kematian filtrat biakan *T. koningii* lebih rendah dari pada filtrat biakan *T. harzianum* tetapi lebih tinggi dari pada probit kematian filtrat biakan *T. viride*.



Gambar 2. Hubungan antara Probit kematian dan Log konsentrasi pada filtrat biakan *Trichoderma* spp. terhadap telur *M. incognita*.

2. Pembahasan

Pada pola sidik pantat dari spesimen yang diamati (Gambar 1A) terlihat bahwa pola sidik pantat tersebut memiliki ciri lengkungan dorsal tinggi dan agak meruncing, tidak memiliki garis lateral, anus tidak melebar, tidak melengkung dan tidak sejajar dengan vulva. Menurut Eisenback *et al.* (1981) ciri utama dari spesies *M. incognita* adalah memiliki lengkungan dorsal yang tinggi. Taher *et al.* (2012) menyatakan pada pola sidik pantat *M. incognita* pada lengkungan dorsal paling luar sedikit melebar dan agak mendatar, selain itu *M. incognita* tidak memiliki garis lateral serta pada bagian stria terlihat jelas.

Merata persentase mortalitas telur *M. incognita* akibat perlakuan filtrat biakan *Trichoderma* spp. menunjukkan bahwa filtrat biakan *T. harzianum*, *T. viride*, dan *T. koningii* memiliki kemampuan untuk menekan penetasan telur *M. incognita* meskipun pengaruhnya kecil. Berdasarkan pengamatan yang dilakukan telur *M. incognita* yang tidak menetas karena perlakuan filtrat biakan *Trichoderma* spp. lebih mudah pecah jika dibandingkan dengan telur *M. incognita* yang tidak diberi perlakuan. Hal ini diduga adanya enzim dan metabolit sekunder yang dikeluarkan oleh *Trichoderma* spp. yang dapat mendegradasi lapisan kulit telur *M. incognita* sehingga kulit telur menjadi tipis. Kulit telur yang tipis akan mudah pecah sehingga telur tidak menetas atau mati. Selain itu diduga kulit telur yang tipis mampu ditembus oleh metabolit sekunder yang dikeluarkan oleh *Trichoderma* spp. sehingga telur tersebut gagal menetas atau mati. Menurut Suarez *et al.* (2001) *Trichoderma* dapat menghasilkan enzim protease. Hasil penelitian Chen *et al.* (2009) enzim protease dapat menipiskan kulit telur nematoda. Kulit telur nematoda yang semakin tipis tersebut menyebabkan telur nematoda mudah pecah.

Trichoderma spp. dapat mengeluarkan metabolit sekunder selain mengeluarkan enzim. Metabolit sekunder yang dikeluarkan oleh *Trichoderma* spp. beberapa bersifat racun terhadap telur *M. incognita*. Hal ini dapat meningkatkan kemampuan filtrat biakan *Trichoderma* spp. untuk menekan penetasan telur *M. incognita*. Benitez *et al.* (2004) menyampaikan bahwa *Trichoderma* sp. mengeluarkan enzim dan senyawa yang dapat digunakan untuk mengendalikan nematoda. Stoppacher *et al.* (2010) melaporkan bahwa

Trichoderma spp. dapat menghasilkan senyawa volatile dari proses metabolit sekundernya. Menurut Wheatley *et al.* (1997) senyawa volatile penting bagi suatu organisme untuk menentukan habitat hidupnya. Senyawa volatile yang dihasilkan oleh *Trichoderma* diantaranya adalah 6-pentyl-a-pyrone (6-PAP) (Siddiquee *et al.* 2012), 1 β -vinylcyclopentane-1 α , 6-pentyl-2H-pyran-2-one, dan 4-(2-hydroxyethyl) phenol (Yang *et al.* 2012). Menurut Siddiquee *et al.* (2012) senyawa 6-PAP memiliki kemampuan antimikrobal, kemudian senyawa lainnya berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Yang *et al.* (2012) merupakan senyawa volatile yang mampu mematikan nematoda.

Berdasarkan data LC₅₀ (Tabel 1) filtrat biakan *Trichoderma* spp. yang memiliki nilai LC₅₀ paling kecil adalah filtrat biakan *T. harzianum*. Hasil tersebut menunjukkan bahwa filtrat biakan *T. harzianum* memiliki kandungan racun yang lebih tinggi dari pada filtrat biakan *T. koningii* dan filtrat biakan *T. viride* terhadap telur *M. incognita*. Menurut Ayuningtyas (2008) semakin rendah nilai LC₅₀ yang dimiliki oleh nematisida maka nematisida tersebut semakin beracun. Akyunin (2008) melaporkan hasil penelitiannya bahwa semakin tinggi LC₅₀ yang dimiliki oleh pestisida, maka semakin rendah toksisitas dari pestisida tersebut. Sebaliknya, semakin rendah LC₅₀, maka semakin tinggi toksisitasnya.

Filtrat biakan *Trichoderma* spp. yang memiliki kemampuan paling tinggi untuk menekan penetasan telur *M. incognita* adalah filtrat biakan *T. harzianum* dengan konsentrasi 110 ml/l. Hal tersebut berdasarkan perhitungan analisis probit kematian (Gambar 2) filtrat biakan *Trichoderma* spp. yang memiliki kandungan racun paling tinggi ialah pada filtrat biakan *T. harzianum*. Selain itu berdasarkan rerata persentase mortalitas telur (Tabel 1) konsentrasi yang paling efektif untuk menekan penetasan telur tersebut ialah konsentrasi 110 ml/l pada filtrat biakan *T. harzianum*. Hal ini diduga disebabkan oleh *T. harzianum* mampu mengeluarkan senyawa metabolit sekunder yang hanya dimiliki oleh *T. harzianum*. Senyawa metabolit sekunder tersebut diduga dapat meningkatkan kemampuan filtrat biakan *T. harzianum* untuk menekan penetasan telur *M. incognita*. Menurut Sawa *et al.* (1994) *T. harzianum* dapat menghasilkan asam harzianic, selain itu menurut Kubicek dan Harman, (2002) *T. harzianum* juga

mengeluarkan senyawa trichoharzin. Asam harzianic memiliki sifat antibiotik yang dapat berdampak terhadap mikroorganisme lain (Vinale *et al.*, 2008). Trichoharzin merupakan kelompok senyawa peptida yang memiliki sifat racun terhadap nematoda (Zhang *et al.*, 2007). *T. harzianum* memiliki mekanisme biokontrol yang kompleks, menggunakan enzim dan metabolisme sekunder yang dihasilkannya (Vinale *et al.*, 2006) sehingga dapat meningkatkan kemampuannya dalam menekan penetasan telur *M. incognita*.

Berdasarkan persamaan garis regresi probit kematian telur karena pengaruh filtrat biakan *Trichoderma* spp. dapat diketahui bahwa setiap 1000 ml/l filtrat biakan *Trichoderma* spp. belum mampu mematikan seluruh telur *M. incognita*. Hasil perhitungan mortalitas telur per 1000 ml/l filtrat biakan *Trichoderma* spp. disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Mortalitas telur per 1000 ml/l filtrat biakan *Trichoderma* spp.

No	Filtrat biakan	Mortalitas (%)	Persamaan regresi
1	<i>T. harzianum</i>	93	$y = 1.307 + 1.711x$
2	<i>T. koningii</i>	82	$y = 1.858 + 1.372x$
3	<i>T. viride</i>	59	$y = 3.067 + 0.721x$

Berdasarkan Tabel 3. diketahui bahwa semua filtrat biakan *Trichoderma* spp. tidak mampu mematikan 100% telur *M. incognita*. Hal ini diduga karena enzim protease yang dikeluarkan oleh *Trichoderma* spp. untuk menekan penetasan telur *M. incognita* jumlahnya terbatas sehingga perlu ditingkatkan. Enzim protease yang dikeluarkan oleh *Trichoderma* spp. dapat ditingkatkan dengan melakukan pengkayaan media biakan *Trichoderma* spp. dengan bahan tambahan yang mengandung protein. Hasil penelitian Herlinda *et al.* (2006) pengkayaan media biakan dapat meningkatkan kerapatan spora dari jamur *Beauveria bassiana* yang dibiakan. Selain itu pengkayaan media juga dapat menstabilkan kualitas spora dan virulensi *Beauveria bassiana* selama subkultur dilakukan.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan tentang pengaruh aplikasi filtrat biakan *Trichoderma* spp. terhadap penetasan telur nematoda *M. incognita* dapat disimpulkan bahwa:

1. Filtrat biakan *T. harzianum* (Tr/015/HPTUB), *T. viride* (Tr/m3/viride/UB), dan *T. koningii* (Tr/016/HPTUB) mampu menekan penetasan telur *M. incognita*.
2. Filtrat biakan *T. harzianum* (Tr/015/HPTUB) memiliki toksisitas lebih tinggi dari pada filtrat biakan *T. viride* (Tr/m3/viride/UB) dan filtrat biakan *T. koningii* (Tr/016/HPTUB) terhadap telur *M. incognita*.

2. Saran

Pengkayaan media biakan dapat dilakukan untuk meningkatkan kemampuan filtrat biakan *Trichoderma* spp. agar memiliki toksisitas yang lebih tinggi dalam menekan penetasan telur *M. incognita*. Perlu ditambahkan perlakuan kontrol menggunakan *chloramphenicol* untuk mengurangi terjadinya bias data hasil pengamatan.

DAFTAR PUSTAKA

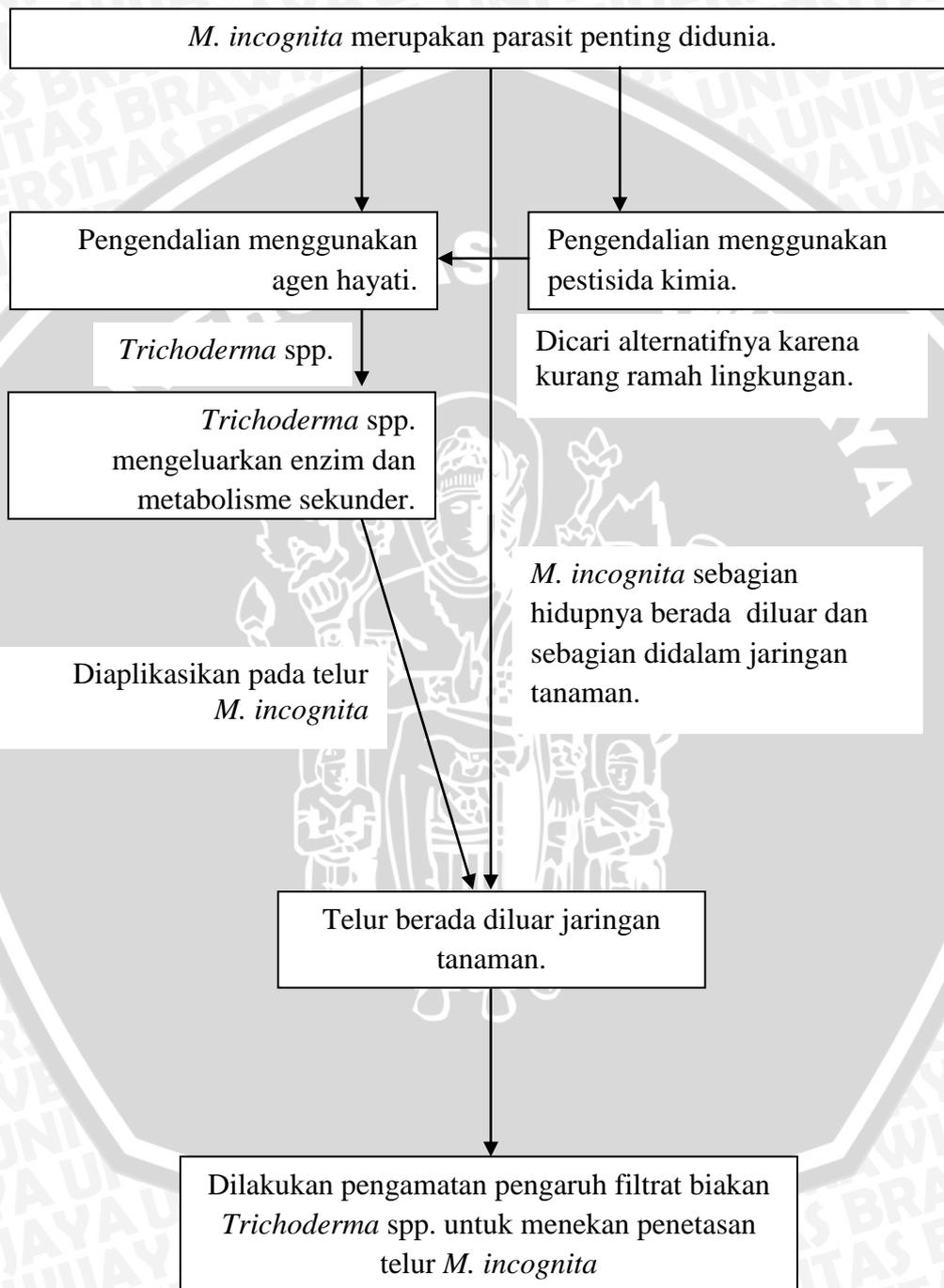
- Abbott, W. S. 1925. A Method of Computing The Effectiveness of An Insecticide. *Journal of The American Mosquito Control Association*. 3: 302-303.
- Agrios, N. G. 2005. *Plant Pathology-Fifth Edition*. Departemen of Plant Pathology. University of Florida. United States of America.
- Akyunin, K. 2008. Toksisitas Beberapa Golongan Insektisida Terhadap Mortalitas *Selenothrips rubrocinctus* (Giard) Pada Tanaman Jarak Pagar (*Jatropha curcas* L.). Jurusan Biologi. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Malang. Malang.
- Anonim, 2013. Trichoderma overview of the genus. *Systematic Mycology and Microbiology Laboratory, Agricultural Research Service, U.S. Department of Agriculture*. Diunduh dari <http://nt.ars-grin.gov/taxadescriptions/keys/frameGenusOverview.cfm?gen=Trichoderma> pada tanggal 22 Desember 2013.
- Ayuningtyas, R. 2008. Kepekaan Nematoda Puru Akar (*Meloidogyne* sp.) Terhadap Ekstrak Umbi Gadung (*Dioscorea hispida*), Biji Orok-orok (*Clotalaria anagyroides*), dan Biji Bengkuang (*Pachyrhizus erosus*). Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan. Fakultas Pertanian. Universitas Brawijaya. Malang.
- Benitez, T., A.M. Rincon, M.C. Limon, A.C. Codon. 2004. Biocontrol mechanisms of Trichoderma strains. *Department of Genetics. University of Sevilla. Spain. Journal of International Microbiology*. 7: 249 – 260.
- Chen, LL. LJ Liu, M Shi, XY Song, CY Zheng, XL Chen, YZ Zhang. 2009. Characterization and gene cloning of a novel serine protease with nematocidal activity from *Trichoderma pseudokoningii* SMF2. *Journal of Microbiology letters*. 299: 135-142.
- Chi, H. 1997. *Probit Analysis*. National Chung Hsing University. Taichung. Taiwan.
- Eisenback, J.D., H. Hirschman, J.N. Sasser, A.C. Triantaphyllou. 1981. *A Guide to the Four Most Common Species of Root-Knot Nematodes (Meloidogyne spp.), with a Pictorial Key*. Washington DC (US): North Carolina State University Graphics. USA.
- El-Nagdi, W.M.A., H. Abd-El-Khair. 2008. Biological Control Of *Meloidogyne incognita* and *Rhizoctonia solani* in Eggplant. *Plant Pathology Department, National Research Centre, Dokki. Giza. Egypt*.

- Herlinda, S., M.D. Utama, Y. Pujiastuti, Suwandi. 2006. Kerapatan dan Viabilitas Spora *Beauveria bassiana* (Bals.) Akibat Subkultur dan Pengayaan Media, Serta Virulensinya Terhadap Larva *Plutella xylostella* (Linn.). Jurnal HPT Tropika. 6: 70-78.
- Kubicek, C.P., G.E. Harman. 2002. Trichoderma and Gliocladium. Taylor & Francis e-Library. USA
- Lestaringrum, N. A. 2011. Hama dan Penyakit Tanaman Buah Naga (*Hylocereus* sp.) di Sabila Farm, Yogyakarta. Universitas Brawijaya. Malang.
- Lorito, M., G.E. Harman, C.K. Hayes, R.M. Broadway, A. Tronsmo, S.L. Woo, A. Di Pierto. 1992. Chitinolytic Enzymes Produced by *T. harzianum*: Antifungal Activity of Purified Endochitinase and Chitobiosidase. Molecular Plant Pathology. The American Phytopathological Society.
- Mitkowski, N.A., G.S. Abawi. 2003. Root-knot nematodes. The Plant Health Instructor. Revised 2011. Diunduh dari <http://www.apsnet.org/edcenter/intropp/lessons/Nematodes/Pages/RootknotNematode.aspx> pada tanggal 22 Desember 2013.
- Nailufar, S. 2007. Kepekaan nematoda puru akar (*Meloidogyne* sp.) terhadap ekstrak daun paitan (*Tithonia diversifolia*), biji mimba (*Azadirachta indica*) dan daun kenikir (*Tagetes patula*). Universitas Brawijaya. Malang.
- Pandey, A., P. Selvakumar, CR Soccol, P Nigam. 1999. Solid State Fermentation for The Production of Industrial Enzymes. Journal of Fermentation-Science and Technology. 77: 149-162.
- Purwantisari, S., R.B. Hastuti, 2009. Uji Antagonisme Jamur Patogen *Phytophthora infestans* Penyebab Penyakit Busuk Daun dan Umbi Tanaman Kentang dengan Menggunakan *Trichoderma* spp. Isolat Lokal. FMIPA. Universitas Diponegoro. Jurnal BIOMA, 11: 24-32.
- Sawa, R., Y. Mori, H. Inuma, H. Naganawa, M. Hamada, S. Yoshida, H. Furutani, Y. Kajimura, T. Fuwa, T. Takeuchi. 1994. Harzianic Acid, A New Antimicrobial Antibiotic From A Fungus. The Journal of Antibiotics. 47: 731-732.
- Semangun, H. 2000. Penyakit-penyakit Tanaman Perkebunan Indonesia. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Siddiquee, S., BE Cheong, K Taslima, H Kausar, M Hasan. 2012. Separation and Identification of Volatile Compounds from Liquid Cultures of *T. harzianum* by GC-MS using Three Different Capillary Columns. Journal of Chromatographic science. 50: 358-367.

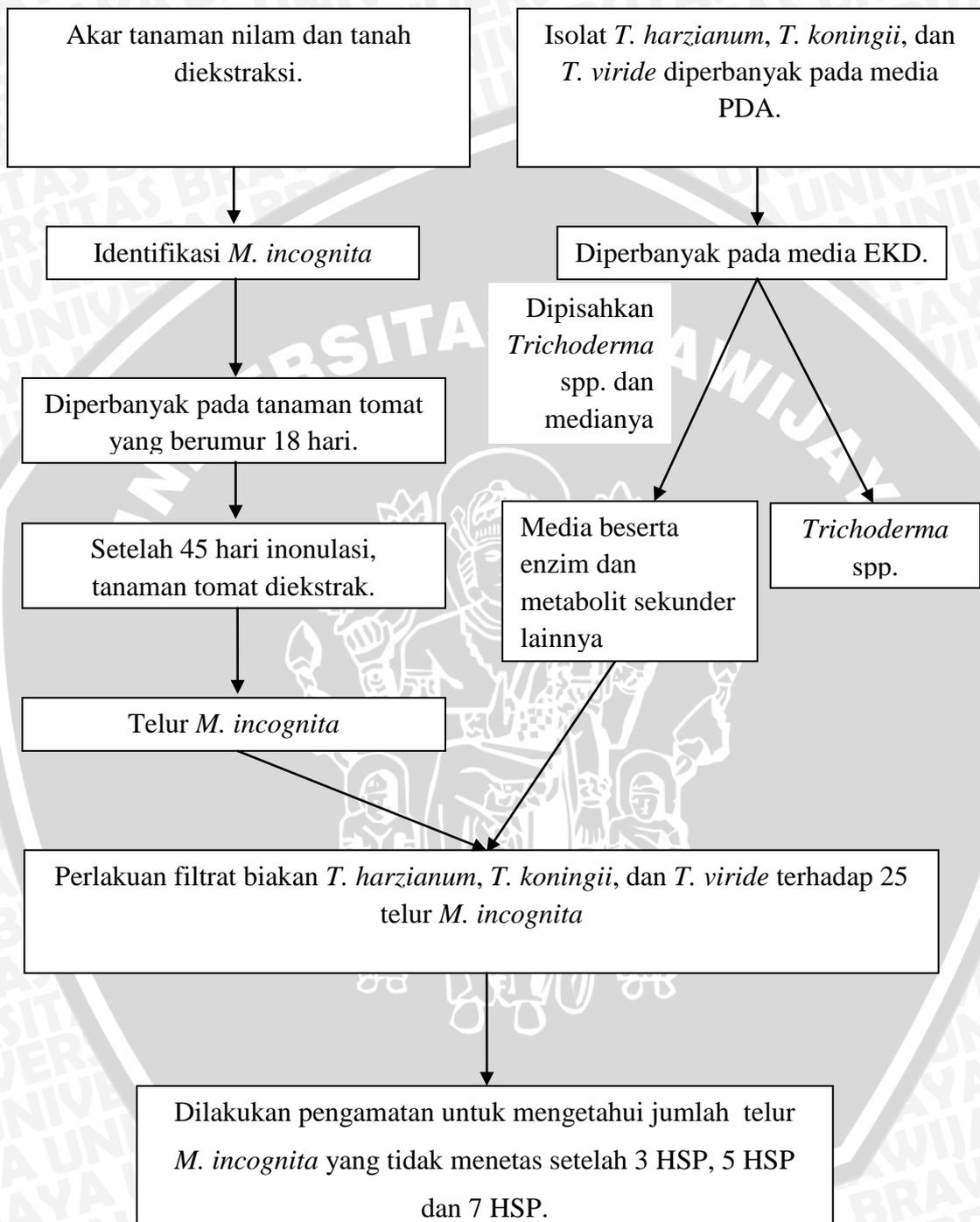
- Stoppacher N, B Kluger, S Zeilinger, R Krska, R Schuhmacher. 2010. Identification and Profiling of Volatile Metabolites of the Biocontrol Fungus *Trichoderma atroviride* by HS-SPME-GC-MS. *Journal of Microbiological Methods*. 81: 187-193.
- Suarez, MB., L. Sanz, MI Chamorro, M Rey, FJ Gonzalez, A Llobell, E Monte. 2005. Proteomic analysis of secreted proteins from *T. harzianum* Identification of a Fungal Cell Wall-Induced Aspartic Protease. *Journal of Fungal Genetics and Biology*. 42: 924–934.
- Taher, M., Supramana, G Suastika. 2012. Identifikasi Meloidogyne Penyebab Penyakit Umbi Bercabang pada Wortel di Dataran Tinggi Dieng. *Journal of Fitopathology Indonesia*. 8: 16-21.
- Vinale, F., K. Sivasithamparam, E.L. Ghisalberti, R. Marra, S.L. Woo, M. Lorito. 2008. *Trichoderma* Plant Pathogen Interactions. *Journal of Soil Biology & Biochemistry*. 40: 1–10.
- Vinale, F., R. Marra, F. Scala, E.L. Ghisalberti, M. Lorito, K. Sivasithamparam. 2006. Major Secondary Metabolites Produced by Two Commercial *Trichoderma* Strains Active Against Different Phytopathogens. *Journal Compilation Letters in applied microbiology*. 43: 143-148.
- Viterbo, A., O. Ramot, L. Chemin, I. Chet, 2002. Significance of lytic enzymes from *Trichoderma* spp. in the biocontrol of fungal plant pathogens. *Antonie Leeuwenhoek*. 81: 549–556.
- Wahyuno, D., S.Y. Hartati, S. R. Djiwanti, R. Noveriza dan Sukamto. 2011. Penyakit Penting pada Tanaman Nilam dan Usaha Pengendaliannya. Balai Penelitian Tanaman Obat dan Aromatika. Bogor.
- Wheatley, R., Hackett, C., Bruce, A., Kundzewicz, A. 1997. Effect of substrate composition on production of volatile organic compounds from *Trichoderma* spp. Inhibitory to wood decay fungi. *Journal International of Biodetermination and Biodegradation*. 39: 199–205.
- Yang, Z., Z Yu, L Lei, Z Xia, L Shao, K Zhang, G Li. 2012. Nematicidal effect of volatiles produced by *Trichoderma* sp. *Journal of Asia-Pacific Entomology*. 15: 647-650.
- Yu, N.H. 1995. Root-Knot Nematode Development and Root Gall Formation in Sugarbeet. US. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, US. Agricultural Research Station, 1636 East Alisal St., Salinas CA 93905. California.
- Yulianti, T. 2012. Pengendalian Hayati Nematoda Puru Akar *Meloidogyne* spp. Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat. Malang.
- Zhang, K., G. Li, J. Xu, J. Dong, Y. Liu. 2007. Nematicidal Substances from Fungi. *Journal Recent Patents on Biotechnology*. 1:212-233.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Kerangka Konseptual



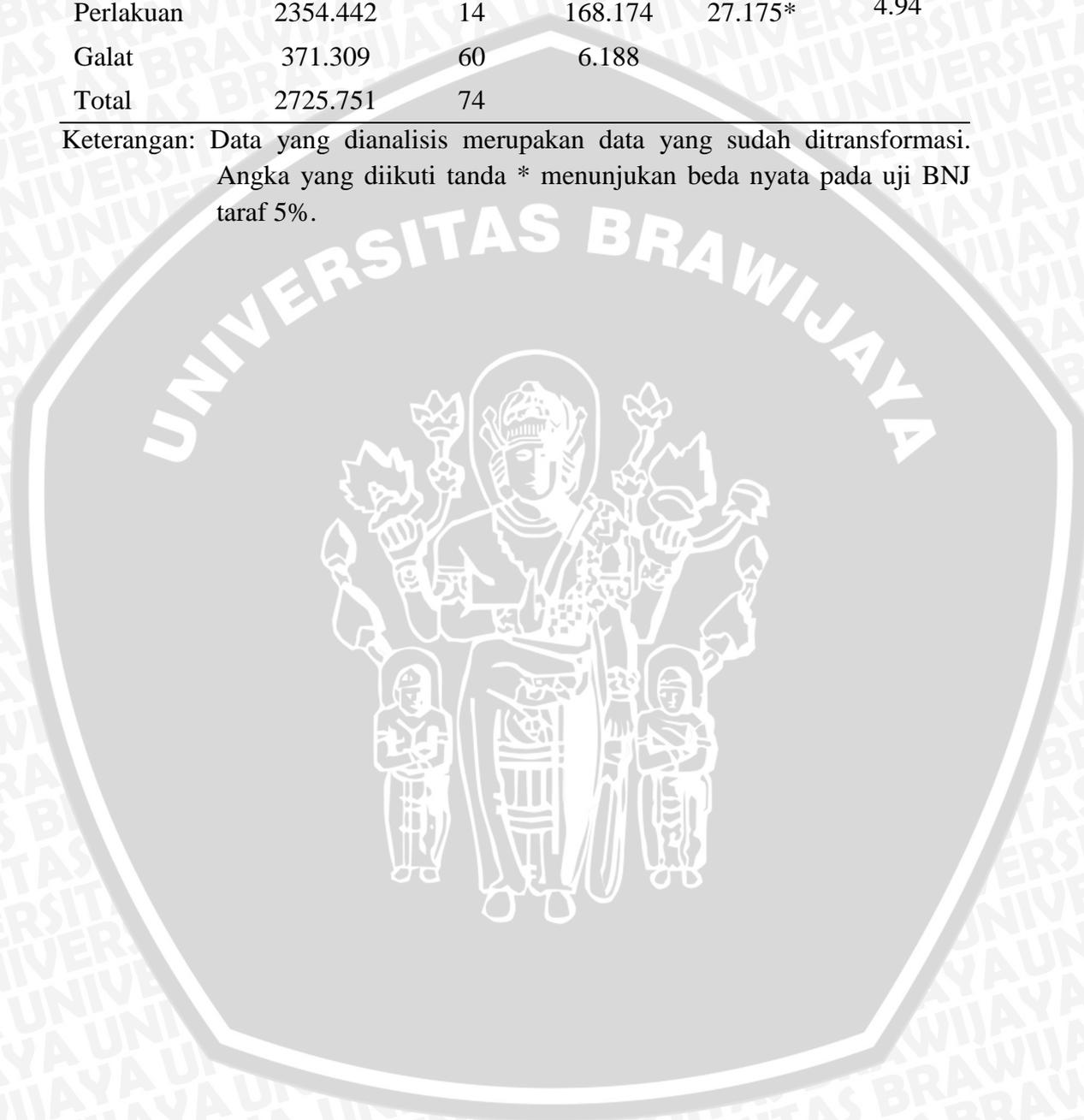
Lampiran 2. Kerangka operasional



Lampiran 3. Tabel analisis ragam pengaruh filtrat biakan *Trichoderma* spp. terhadap penetasan telur *M. incognita*

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Db	Kuadrat Tengah	F. Hitung	F. Tabel
Perlakuan	2354.442	14	168.174	27.175*	4.94
Galat	371.309	60	6.188		
Total	2725.751	74			

Keterangan: Data yang dianalisis merupakan data yang sudah ditransformasi. Angka yang diikuti tanda * menunjukkan beda nyata pada uji BNJ taraf 5%.



Lampiran 4. Tabel analisa probit LC₅₀ pengaruh filtrat biakan *T. harzianum* terhadap penetasan telur *M. incognita* menurut metode Chi (1997).

Konsentrasi	Log Konsentrasi (x)	∑ Telur (n)	∑ Telur Menetas (r)	Kematian	Kematian Terkoreksi (P)	Probit (y')	Probit Harapan (y)
30	1.47712	25	8.6	34.4	15.46	3.983	3.834
50	1.69897	25	9.6	38.4	20.62	4.18	4.213
70	1.84510	25	10.8	43.2	26.8	4.382	4.463
90	1.95424	25	11.8	47.2	31.96	4.532	4.65
110	2.04139	25	14.8	59.2	47.42	4.936	4.799

Jumlah telur yang diuji adalah 25.

Jumlah kematian telur pada perlakuan kontrol adalah 0.

Persamaan garis regresi adalah $y = 1.3067340204026 + 1.71075990290862 x$

Standar eror kemiringan garis regresi = 1.03485764191049

Derajat bebas = 3

Nilai Chi-square value = 0.418027529114771

LC₅₀ = 144.160175454463

LC₉₀ = 809.069961800719

Nilai batas bawah fiducial 95% dari LC50 = 101.243595957638

Nilai batas atas fiducial 95% dari LC50 = 835.035093865648

Lampiran 5. Tabel analisa Probit LC₅₀ pengaruh filtrat biakan *T. koningii* terhadap penetasan telur *M. incognita* menurut metode Chi (1997).

Konsentrasi	Log Konsentrasi (x)	∑ Telur (n)	∑ Telur Menetas (r)	Kematian Kematian	Kematian Terkoreksi (P)	Probit (y')	Probit Harapan (y)
30	1.47712	25	8	32	12.37	3.884	3.884
50	1.69897	25	9.6	38.4	20.62	4.18	4.189
70	1.84510	25	11.2	44.8	28.87	4.443	4.389
90	1.95424	25	12	48	32.99	4.56	4.539
110	2.04139	25	12.4	49.6	35.05	4.617	4.658

Jumlah telur yang diuji adalah 25.

Jumlah kematian telur pada perlakuan kontrol adalah 0.

Persamaan garis regresi adalah $y = 1.85782348172698 + 1.37192683809295 x$

Standar eror kemiringan garis regresi = 1.02766106832004

Derajat bebas = 3

Nilai Chi-square value = 4.37926750264026E-02

LC₅₀ = 195.136384229579

LC₉₀ = 1676.86791389925

Nilai batas bawah fiducial 95% dari LC50 = 153.211005157669

Nilai batas atas fiducial 95% dari LC50 = 296.718677619009

Lampiran 6. Tabel analisa probit LC_{50} pengaruh filtrat biakan *T. viride* terhadap penetasan telur *M. incognita* menurut metode Chi (1997).

Konsentrasi	Log Konsentrasi (x)	Σ Telur (n)	Σ Telur Menetas (r)	Kematian Kematian	Kematian Terkoreksi (P)	Probit (y')	Probit Harapan (y)
30	1.47712	25	9.2	36.8	18.56	4.106	4.133
50	1.69897	25	10.6	42.4	25.77	4.35	4.293
70	1.84510	25	10.8	43.2	26.8	4.382	4.399
90	1.95424	25	11.2	44.8	28.87	4.443	4.477
110	2.04139	25	12	48	32.99	4.56	4.54

Jumlah telur yang diuji adalah 25.

Jumlah kematian telur pada perlakuan kontrol adalah 0.

Persamaan garis regresi adalah $y = 3.06716341246719 + 0.721586918218686 x$

Standar eror kemiringan garis regresi = 0.926093581575333

Derajat bebas = 3

Nilai Chi-square value = 3.71716314506263E-02

$LC_{50} = 477.080320794672$

$LC_{90} = 28488.9810327595$

Nilai batas bawah fiducial 95% dari $LC_{50} = 254.458646685977$

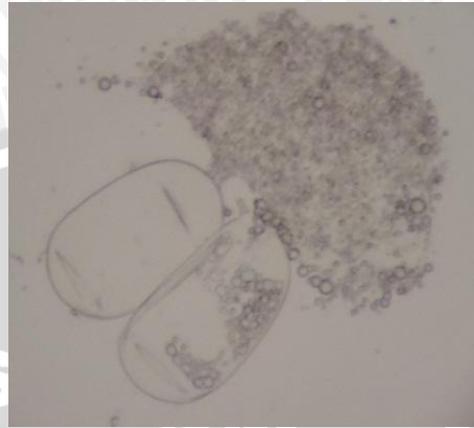
Nilai batas atas fiducial 95% dari $LC_{50} = 2456.14551723944$

Lampiran 7. Gambar telur *M. incognita* setelah perlakuan filtrat biakan *Trichoderma* spp. dengan keterangan gambar.



A

Telur *M. incognita* setelah perlakuan kontrol.



B

Telur *M. incognita* setelah perlakuan filtrat biakan *T. harzianum*.



C

Telur *M. incognita* setelah perlakuan filtrat biakan *T. viride*.



D

Telur *M. incognita* setelah perlakuan filtrat biakan *T. koningii*.