

**UJI EFEKTIVITAS *Trichoderma asperellum* DALAM PENGENDALIAN
NEMATODA PURU AKAR (*Meloidogyne* spp.) SECARA *IN VITRO***

(Skripsi)

Oleh

Sisi Indriyani
2114191007



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

**UJI EFEKTIVITAS *Trichoderma asperellum* DALAM PENGENDALIAN
NEMATODA PURU AKAR (*Meloidogyne* spp.) SECARA *IN VITRO***

Oleh

Sisi Indriyani

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA PERTANIAN**

pada

**Jurusan Proteksi Tanaman
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

ABSTRACT

EFFECTIVENESS TEST OF *Trichoderma asperellum* IN CONTROL OF ROOT KNOT NEMATODE (*Meloidogyne* spp.) IN VITRO

By

SISI INDRIYANI

Root knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) are important pests that damage plant root systems and are difficult to control using conventional methods. The use of chemical nematicides risks environmental pollution, necessitating environmentally friendly control alternatives, one of which is the use of the biological agent *Trichoderma asperellum*. This study aimed to determine the effect of spore concentration and exposure duration of *T. asperellum* on the in vitro hatching of *Meloidogyne* spp. eggs. The study was conducted in the Plant Pest Science Laboratory and the Biotechnology Laboratory, Faculty of Agriculture, University of Lampung, from May to July 2025. The experiment used a completely randomized design (CRD). The first experiment tested five concentrations of spore suspension dilutions (10¹, 10², 10³, 10⁴, and the control), while the second experiment tested exposure durations (10, 15, 30, and 60 minutes). The results showed that a dilution of 10⁻³ (with a spore density of 2.7 x 10⁶ spores/mL) was able to reduce egg hatching with juvenile mortality of J2 NPA by 50.90%. Juvenile mortality increased with exposure time, namely 85.37% at 10 minutes and 99.83% at 60 minutes. The results of this study concluded that a spore density of 2.7 x 10⁶ spores/mL with a minimum exposure of 30-60 minutes effectively reduced the hatching rate of *Meloidogyne* spp. eggs and has the potential to be applied as a biological control agent for plant parasitic nematodes.

Keywords: Exposure duration, spore, *Meloidogyne* spp., biological control, *Trichoderma asperellum*

ABSTRAK

UJI EFEKTIVITAS *Trichoderma asperellum* DALAM PENGENDALIAN NEMATODA PURU AKAR (*Meloidogyne* spp.) SECARA *IN VITRO*

Oleh

SISI INDRIYANI

Nematoda puru akar (*Meloidogyne* spp.) merupakan hama penting yang merusak sistem perakaran tanaman dan sulit dikendalikan dengan cara konvensional. Penggunaan nematisida kimia berisiko mencemari lingkungan, sehingga diperlukan alternatif pengendalian yang ramah lingkungan, salah satunya menggunakan agens hayati *Trichoderma asperellum*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi spora dan durasi paparan *T. asperellum* terhadap penetasan telur *Meloidogyne* spp. secara *in vitro*. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Ilmu Hama Tumbuhan dan Laboratorium Bioteknologi Fakultas Pertanian Universitas Lampung dari Mei–Juli 2025. Percobaan menggunakan rancangan acak lengkap (RAL). Percobaan pertama menguji lima konsentrasi suspensi spora pengenceran (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-5} , dan kontrol), sedangkan percobaan kedua menguji durasi paparan yaitu (10, 15, 30, dan 60 menit). Hasil penelitian menunjukkan pengenceran 10^{-2} (dengan kerapatan spora $2,7 \times 10^5$ spora/mL) mampu menurunkan penetasan telur dengan mortalitas juvenil J2 NPA sebesar 50,90%. Mortalitas juvenil meningkat seiring waktu paparan, yaitu 85,37% pada 10 menit dan 99,83% pada 60 menit. Hasil penelitian ini menyimpulkan, kerapatan spora $2,7 \times 10^5$ spora/mL dengan paparan minimal 30–60 menit efektif menurunkan tingkat penetasan telur *Meloidogyne* spp. dan berpotensi diaplikasikan sebagai agensia pengendali hayati nematoda parasit tumbuhan.

Kata kunci: Durasi paparan, konsentrasi spora, *Meloidogyne* spp., pengendalian hayati, *Trichoderma asperellum*.

RIWAYAT HIDUP

Penulis bernama Sisi Indriyani, yang lahir di Negara Ratu pada tanggal 08 April 2004 merupakan anak pertama dari keluarga Bapak Joni Munandar dan Ibu Maisyaroh. Penulis menyelesaikan Pendidikan Sekolah Dasar (SD) di SDN 02 Pakuan Ratu pada tahun 2015, Pendidikan Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMPN 01 Pakuan Ratu pada tahun 2018, dan Pendidikan Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMAN 01 Sungkai Utara pada tahun 2021. Pada tahun 2021 penulis terdaftar sebagai mahasiswa di Program Studi Proteksi Tanaman melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN).

Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah aktif dalam organisasi HIMAPROTEKTA sebagai Anggota Bidang Seminar dan Diskusi pada tahun 2023, Penulis juga aktif sebagai Staf Ahli Dewan Perwakilan Mahasiswa (DPM) Fakultas Pertanian pada tahun 2023. Penulis melaksanakan Praktik Pengenalan Pertanian (P3) di Sungkai Utara pada tahun 2022, Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Lembasung, Kecamatan Blambangan Umpu, Kabupaten Way Kanan pada tahun 2024, dan Praktik Umum (PU) di PT. Pemuka Sakti Manisindah (PSMI) Desa Pakuan Ratu, Kabupaten Way kanan pada tahun 2024.

Judul Skripsi

: **UJI EFEKTIVITAS *Trichoderma asperellum*
DALAM PENGENDALIAN NEMATODA
PURU AKAR (*Meloidogyne* spp.) SECARA *IN*
*VITRO***

Nama Mahasiswa

: **Sisi Indriyani**

Nomor Pokok Mahasiswa

: **2114191007**

Jurusan

: **Proteksi Tanaman**

Fakultas

: **Pertanian**



1. Komisi Pembimbing

Prof. Dr. Ir. I Gede Swibawa, M.S.
NIP. 196010031986031003

Ni Kadek Emi Sintha Dewi, S.P., M.P.
NIP. 199809022024062001

2. Ketua Jurusan Proteksi Tanaman

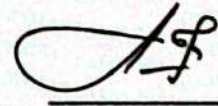
Dr. Tri Maryono, S.P., M.Si.
NIP. 198002082005011002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

: Prof. Dr. Ir. I Gede Swibawa, M.S.



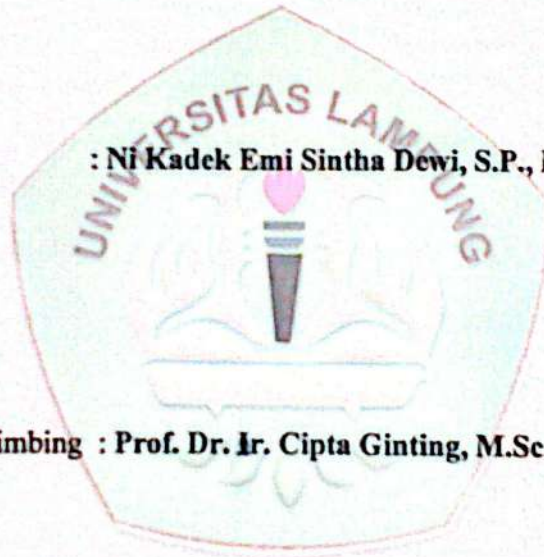
Sekretaris

: Ni Kadek Emi Sintha Dewi, S.P., M.P.



Penguji

Bukan Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Cipta Ginting, M.Sc.



2. Dekan Fakultas Pertanian



Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.

NID 196411181989021002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 20 Oktober 2025

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul "**UJI EFEKTIVITAS *Trichoderma asperellum* DALAM PENGENDALIKAN NEMATODA PURU AKAR (*Meloidogyne spp.*) SECARA *IN VITRO***" merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil karya orang lain. Semua hasil yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa skripsi ini merupakan hasil salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 21 November 2025
Penulis,



Sisi Indriyani
NPM 2114191007

PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur kupersembahkan karya ini sebagai ungkapan terima kasihku untuk

Orang tuaku tercinta

Bapak Joni Munandar dan Ibu Maisyaroh

yang selalu mendoakan dan mengiringi langkah penulis sampai saat ini dengan segala daya dan upaya, serta tiada hentinya memberikan nasihat, bimbingan, motivasi dan kasih sayang kepada penulis.

Kedua Adikku

Vivi Sepiliani dan Zalva Nadifa

Terima kasih atas segala doa, usaha dan dukungan dan semangat selama ini yang diberikan kepada penulis.

Teman-teman seperjuangan di jurusan Proteksi Tanaman Angkatan 2021, serta Almamaterku tercinta Universitas Lampung tempat penulis menempuh studi.

Terima kasih telah kebersamai penulis selama berkuliah di Universitas Lampung.

MOTTO

لَمْ أَشْكُ لَكَ دُعَاءً

"Aku tidak pernah kecewa atas doa yang kupanjatkan pada-Mu, ya Rabb."

(QS. Maryam: 4)

أَدْعُونِي أَسْتَجِبْ لَكُمْ

"Berdoalah kepada-Ku, niscaya Aku akan mengabulkannya."

(QS. Ghafir: 60)

"Mahkota seseorang adalah akalnya. Derajat seseorang adalah agamanya."

” Sedangkan kehormatan seseorang adalah budi pekertinya”

(Ummar bin Khattab)

“Masa depan adalah milik mereka yang percaya dengan impiannya dan”

“jangan biarkan impianmu dijajah oleh pendapat orang lain”

SANWANCANA

Puji syukur kehadiran Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat, rahmat, karunia dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“UJI EFEKTIVITAS *Trichoderma asperellum* DALAM PENGENDALIAN NEMATODA PURU AKAR (*Meloidogyne* spp.) SECARA IN VITRO”**. Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Pertanian di Universitas Lampung. Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan berbagai pihak, oleh karena itu penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P., selaku Dekan Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, yang telah memberikan fasilitas kepada penulis dalam menjalani perkuliahan serta melaksanakan penelitian,
2. Dr. Tri Maryono, S.P., M.Si., selaku Ketua Jurusan Proteksi Tanaman, Universitas Lampung, yang telah memberikan arahan dan dukungan kepada penulis,
3. Prof. Dr. Ir. I Gede Swibawa, M.S., selaku Dosen Pembimbing Pertama dan Pembimbing Akademik, yang telah memberikan berbagai bimbingan masukan, saran, motivasi, serta dukungan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini hingga tuntas,
4. Ni Kadek Emi Sintha Dewi, S.P., M.P., selaku Dosen Pembimbing Kedua, atas bimbingan, arahan, motivasi, nasihat, dan saran yang telah diberikan hingga skripsi ini dapat diselesaikan,
5. Prof. Dr. Ir. Cipta Ginting, M.Sc., selaku Dosen Penguji/Pembahas, yang telah memberikan arahan, motivasi dan saran dalam pelaksanaan penelitian serta penyempurnaan skripsi ini hingga dapat diselesaikan,

6. Keluarga tercinta, ayah dan ibu, yang merupakan sosok yang paling berpengaruh dan penuh kasih dalam mendukung dan memberikan semangat kepada penulis, sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik, dukungan moral, doa, dan kasih sayang yang diberikan menjadi sumber kekuatan yang tak ternilai sepanjang perjalanan penyelesaian skripsi ini,
7. Kepada adik adikku, Vivi Sepiliani dan Zalva Nadifa, yang telah memberikan dukungan, serta semangat yang luar biasa sepanjang proses penyelesaian skripsi ini,
8. Bakas dan Atu tersayang yang merupakan salah satu semangat terbesar penulis dalam menyelesaikan skripsi ini,
9. Keluarga Proteksi Tanaman 2021 yang telah banyak memberikan dukungan, semangat, dan kebersamaan selama masa studi, serta berbagi pengalaman dan pengetahuan yang sangat berharga bagi penulis, dan
10. Kepada semua pihak yang terlibat dan tidak dapat disebutkan satu per satu, terima kasih atas bantuan, dukungan, dan kontribusinya yang sangat berarti dalam penyelesaian skripsi ini. Semoga kerja sama dan semangat yang diberikan dapat membantu penulis menyelesaikan skripsi ini dengan baik.

Semoga tulisan ini tidak hanya menjadi bukti kelulusan, tetapi juga dapat memberikan kontribusi nyata dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan menjadi referensi yang bermanfaat bagi masyarakat. Penulis menyadari, skripsi ini masih banyak kekurangannya, saran dan kritik dari berbagai pihak untuk perbaikan sangat diharapkan.

Bandar Lampung, November 2025

Sisi Indriyani
NPM 2114191007

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	1
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Kerangka Pemikiran	3
1.4 Hipotesis	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Nematoda Puru Akar (<i>Meloidogyne</i> spp.)	5
2.1.1 Klasifikasi Nematoda Puru Akar (<i>Meloidogyne</i> spp.)	5
2.1.2 Serangan dan Siklus Hidup Nematoda Puru Akar (<i>Meloidogyne</i> spp.)	6
2.2 <i>Trichoderma</i> sp.....	10
2.2.1 Daya Bunuh <i>Trichoderma</i> sp.	11
2.2.2 <i>Trichoderma asperellum</i> sebagai dalam Pengendali Nematoda Puru Akar (<i>Meloidogyne</i> spp.).	12
III. METODE PENELITIAN	14
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	14
3.2 Alat dan Bahan	14
3.3 Pelaksanaan Penelitian	15
3.3.1 Pembuatan Media <i>Potato Dextrose Agar</i> (PDA)	15

3.3.2 Peremajaan dan Perbanyakan Jamur <i>Trichoderma asperellum</i>	15
3.3.3 Pembuatan Suspensi spora Jamur <i>Trichoderma asperellum</i>	16
3.3.4 Perhitungan Jumlah Spora Jamur <i>Trichoderma asperellum</i> ...	16
3.3.5 Pengambilan Akar Tanaman Tomat Terserang Nematoda Puru Akar	17
3.3.6 Penyiapan Massa Telur Nematoda Puru Akar	17
3.3.7 Uji Pengaruh Konsentrasi Spora <i>Trichoderma asperellum</i> Terhadap Penetasan telur <i>Meloidogyne</i> spp.....	18
3.3.8 Uji Pengaruh Durasi Paparan <i>Trichoderma asperellum</i> Terhadap Penetasan Telur <i>Meloidogyne</i> spp.	19
3.3.9 Analisis Data	20
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	21
4.1 Hasil Penelitian.....	21
4.1.1 Pengaruh Kerapatan spora <i>Trichodeerma asperellum</i> terhadap penetasan telur Nematoda puru akar (<i>Meloidogyne</i> spp.).....	21
4.1.2 Pengaruh Durasi Paparan <i>Trichoderma asperellum</i> Terhadap Telur <i>Meloidogyne</i> spp.	23
4.2 Pembahasan	25
V. SIMPULAN DAN SARAN	31
5.1 Simpulan.....	31
5.2 Saran	31
DAFTAR PUSTAKA	32
LAMPIRAN	38

DAFTAR TABEL

Tabel	halaman
1. Data penetasan nematoda puru akar yang diberi berbagai konsentrasi <i>T. asperellum</i>	22
2. Pengaruh durasi paparan <i>T. asperellum</i> terhadap jumlah telur yang menetas menjadi nematoda J2	24
3. Data mentah pengaruh konsetrasi <i>T. asperellum</i> terhadap penetasan Telur Nematoda puru akar (<i>Meloidogyne</i> spp.).....	38
4. Analisis ragam pengaruh konsentrasi <i>T. asperellum</i> terhadap penetasan Telur Nematoda puru akar (<i>Meloidogyne</i> spp.).....	38
5. Hasil uji BNT pengaruh konsentrasi <i>T. asperellum</i> terhadap penetasan Telur Nematoda puru akar (<i>Meloidogyne</i> spp.).....	39
6. Data mentah pengaruh durasi paparan <i>T. asperellum</i> terhadap telur <i>Meloidogyne</i> spp.	39
7. Analisis ragam pengaruh durasi paparan <i>T. asperellum</i> terhadap telur <i>Meloidogyne</i> spp.	40
8. Hasil uji BNT pengaruh konsentrasi <i>T. asperellum</i> terhadap penetasan Telur Nematoda puru akar (<i>Meloidogyne</i> spp.).....	40
9. Data mentah perhitungan spora jamur <i>T. asperellum</i>	41

DAFTAR GAMBAR

Gambar	halaman
1. Siklus hidup nematoda puru akar (<i>Meloidogyne</i> spp.).....	10
2. Isolat Jamur <i>T. asperellum</i> berumur 7 hari	15
3. Suspensi <i>T. asperellum</i>	16
4. Telur nematoda puru akar (NPA), <i>Meloidogyne</i> spp..	18
5. Jumlah telur yang menjadi larva J2 setelah perlakuan suspensi spora <i>T. asperellum</i> P0 = 0 spora /mL, P1 = $11,7 \times 10^{-5}$ spora/ mL P2 = $2,7 \times 10^{-5}$ spora/ mL T3= $1,75 \times 10^{-5}$ spora/ mL dan T4 = $0,6 \times 10^{-5}$ spora/ mL.....	21
6. Larva J2 nematoda puru akar, <i>Meloidogyne</i> spp.....	23
7. Jumlah telur yang menjadi larva J2 setelah dipapar <i>T. asperellum</i> dalam waktu berbeda T0 = Tidak dipapar , T1 = (dipapar10 menit) T2 = (dipapar 15 menit), T3= (dipapar 30 menit) dan T4 = (dipapar 60 menit).	23
8. Puru akar yang terbentuk dari serangan Nematodaa puru akar (<i>Meloidogyne</i> spp.)	42
9. Massa telur nematoda puru akar (<i>Meloidogyne</i> spp.)	42
10. Uji pengaruh konsentrasi <i>T. asperellum</i> pada telur NPA (<i>Meloidogyne</i> spp.).....	42
11. Uji pengaruh durasi paparan <i>T. asperellum</i> pada telur NPA (<i>Meloidogyne</i> spp.).....	43

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Nematoda puru akar (NPA) *Meloidogyne* spp. merupakan salah satu organisme pengganggu tumbuhan (OPT) penting dunia. Nematoda ini menyebar baik di daerah subtropis maupun di daerah tropis. Sekitar 2000 spesies tanaman diserang NPA. Serangan NPA menimbulkan masalah dalam budidaya tanaman, yaitu kerusakan pada sistem perakaran tanaman yang mengganggu penyerapan nutrisi dan air. Secara umum, *Meloidogyne* spp. juga dikenal melalui munculnya gejala puru atau pembengkakan pada akar tanaman yang diserang. Puru ini terbentuk karena adanya aktivitas nematoda yang menyebabkan sel-sel akarnya membesar (*giant cells*). Kondisi ini menyebabkan penghambatan dalam kemampuan tanaman untuk menyerap nutrisi dan akhirnya berdampak pada pertumbuhannya yang buruk (Vinasari, 2018).

Meloidogyne spp. merupakan nematoda yang berkembang sangat cepat dan mempunyai daya tekan tinggi terhadap pertumbuhan tanaman. Serangan nematoda ini menimbulkan gejala khas yang terlihat pada akar, yaitu berupa akar membengkak yang disebut dengan puru akar. Selain terbentuknya puru, akar menjadi lebih sedikit. Pada bagian tanaman di atas tanah, serangan NPA menyebabkan daun mengalami klorosis, tanaman layu, dan kerdil, bahkan serangan berat dapat menyebabkan tanaman mati (Kurniawati *et al.*, 2020).

Nematoda puru akar menghasilkan telur yang terbungkus matriks gelatin. NPA betina umumnya dapat menghasilkan 500-1000 telur, dan telur ini dapat bertahan di dalam tanah dan perakaran inangnya walaupun kondisi kekeringan (Ravichandra, 2014). Hal seperti ini, dapat menyebabkan NPA cepat meningkat

populasinya dan sulit dikendalikan. Pengendalian NPA dapat dilakukan secara kimiawi dan hayati. Pengendalian kimiawi menggunakan nematisida kimiawi sintetik, sedangkan pengendalian hayati menggunakan agensia hayati.

Pengendalian kimiawi terbukti efektif, namun penggunaan bahan kimia secara berlebihan dapat memberikan dampak negatif bagi lingkungan dan kesehatan petani. Penggunaan agensi hayati dapat menjadi alternatif dalam teknik pengendalian nematoda puru akar yang aman terhadap lingkungan dan kesehatan petani.

Trichoderma sp. dapat mengendalikan nematoda puru akar secara efektif. Jamur *Trichoderma* sp. dapat digunakan sebagai agen pengendali hayati NPA yang ramah lingkungan dan mengurangi kerugian ekonomi akibat penurunan produksi tanaman akibat serangan NPA. Rizki dan Oemry (2019) melaporkan bahwa jamur *Trichoderma* sp. efektif mengendalikan NPA secara *in vivo*. Namun demikian, belum diketahui mekanisme bekerja jamur *Trichoderma* sp. dalam mengendalikan NPA secara *in vitro*. Oleh karna itu, perlu dilakukan penelitian mengenai mekanisme *Trichoderma* sp. dalam mengendalikan NPA secara *in vitro*.

Beberapa mekanisme *Tricoderma* sp. dalam mengendalikan serangan patogen tanaman dilaporkan telah dilaporkan, jamur *Tricoderma* sp. dilaporkan dapat meningkatkan ketahanan tanaman dan meningkatkan pertumbuhan tanaman. Infeksi jamur *Tricoderma* sp. dapat meningkatkan kemampuan akar menyerap unsur hara *Tricoderma* sp. juga dapat berperan sebagai dekomposer bahan organik di dalam tanah. Dengan demikian, aplikasi *Trichoderma* sp. merangsang pertumbuhan tanaman dengan meningkatkan kemampuan akar menyerap unsur hara karena infeksi jamur pada bagian akar tanaman. *Tricoderma* sp. dapat berperan sebagai dekomposer bahan organik di dalam tanah. Dengan demikian, aplikasi jamur *Tricoderma* sp. dapat memberikan pengaruh positif terhadap pertumbuhan vegetatif dan perkembangan generative tanaman (Rizal *et al.*, 2019).

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang menjadi fokus dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh kerapatan spora suspensi *T. asperellum* terhadap penetasan telur NPA (*Meloidogyne* spp.) secara *in vitro*?, dan
2. Bagaimana pengaruh durasi paparan suspensi *T. asperellum* terhadap tingkat penetasan telur NPA (*Meloidogyne* spp.) secara *in vitro*?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Mengevaluasi pengaruh kerapatan spora suspensi *T. asperellum* terhadap penetasan telur NPA (*Meloidogyne* spp.) secara *in vitro*, dan
2. Mengevaluasi pengaruh waktu paparan suspensi *T. asperellum* terhadap tingkat penetasan telur NPA (*Meloidogyne* spp.) secara *in vitro*.

1.4 Kerangka Pemikiran

Meloidogyne spp. atau nematoda puru akar (NPA) adalah nematoda parasit tumbuhan utama yang menyebabkan kerugian besar dalam budidaya tanaman di dunia. Nematoda parasit tumbuhan ini menyerang akar tanaman, menyebabkan puru yang mengganggu kemampuan tanaman dalam menyerap nutrisi dan air bagi pertumbuhannya. Produksi tanaman jambu kristal yang terinfeksi berat oleh NPA dapat menurun hingga 50% (Swibawa *et al.*, 2019).

Pengendalian NPA dapat dilakukan menggunakan agen hayati yang ramah lingkungan yaitu *T. asperellum*. Jamur ini berperan sebagai agen pengendali hayati yang menghambat pertumbuhan dan aktivitas nematoda. Aplikasi jamur *T. asperellum* efektif dalam menurunkan populasi nematoda serta mengurangi kerusakan akar tanaman (Hidayati, 2021).

Jamur *T. asperellum* mengendalikan NPA melalui dua mekanisme utama, yaitu secara langsung dan tidak langsung. Secara langsung, jamur *T. asperellum* menghasilkan enzim yang merusak struktur fisik nematoda, sehingga populasi

nematoda di tanah berkurang. Secara tidak langsung, *T. asperellum* dapat membantu memperbaiki kesehatan akar tanaman, sehingga tanaman menjadi lebih toleran terhadap serangan nematoda karena penyerapan air dan nutrisinya lebih optimal. Rizki dan Oemry (2019) melaporkan bahwa aplikasi *Trichoderma* sp. mampu menekan perkembangan NPA secara signifikan, terutama jika diterapkan pada tahap awal infeksi NPA.

1.4 Hipotesis

Berdasarkan kerangka pemikiran, hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Semakin tinggi kerapatan spora *T. asperellum* maka semakin rendah penetasan telur nematoda puru akar (*Meloidogyne* spp.), dan
2. Semakin lama paparan *T. asperellum*. maka penetasan telur nematoda puru akar (*Meloidogyne* spp.) semakin rendah.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Nematoda Puru Akar (*Meloidogyne* spp.)

2.1.1 Klasifikasi Nematoda Puru Akar (*Meloidogyne* spp.)

Nematoda puru akar (*Meloidogyne* spp.) disingkat NPA dikenal sebagai salah satu nematoda parasit tumbuhan utama yang menyerang berbagai jenis tanaman hortikultura. Nematoda parasit tumbuhan ini, berasal dari famili Meolodogynidae dan genus *Meloidogyne* yang dikenal sebagai nematoda puru akar karena kemampuannya merusak sistem perakaran tanaman dan membentuk puru. Beberapa spesies utamanya, seperti *M. incognita* dan *M. javanica*, banyak dijumpai di daerah tropis dan subtropis. Nematoda ini memiliki adaptasi yang tinggi dan bisa bertahan hidup di berbagai jenis tanah, sehingga sulit dikendalikan. Karena daya adaptasinya yang tinggi, dan *Meloidogyne* spp. juga dapat berkembang pesat di lahan pertanian, maka nematoda ini dapat menyebabkan kerusakan serius pada tanaman. Kehadiran nematoda puru akar memerlukan perhatian khusus dalam pengelolaannya, terutama pada tanaman bernilai tinggi.

Klasifikasi NPA menurut Karssen dan Moens (2006) adalah sebagai berikut:

Kingdom	: Animalia
Filum	: Nematoda
Kelas	: Chromadorea
Ordo	: Tylenchida
Famili	: Meolodogynidae
Genus	: <i>Meloidogyne</i>
Spesies	: <i>Meloidogyne</i> spp.

Kingdom Animalia mencakup organisme multiseluler. Filum Nematoda dikenal sebagai cacing belut (*eel worm*) yang dapat hidup di berbagai habitat, baik di tanah maupun di air. NPA termasuk kedalam ordo Tylenchida yang sebagian besar terdiri dari nematoda yang berperan sebagai parasit tumbuhan. Anggota famili Meloidogynidae menyebabkan kerugian yaitu menurunkan produksi pertanian di banyak wilayah. Dengan klasifikasi ini, identifikasi dan pengelompokan nematoda untuk tujuan penelitian dan pengendalian menjadi lebih mudah.

2.1.2 Serangan dan Siklus Hidup Nematoda Puru Akar (*Meloidogyne* spp.)

Nematoda puru akar adalah salah satu nematoda parasit tumbuhan utama yang menyerang tanaman hortikultura dan tanaman lainnya. Serangan nematoda parasit tumbuhan ini bisa mengurangi hasil panen hingga 50% yang merugikan petani (Yulianti, 2017). Nematoda parasit tumbuhan ini menyerang akar tanaman dengan menimbulkan pembengkakan yang menghambat kemampuan akar untuk menyerap air dan nutrisi dari tanah. Akibatnya, kesehatan dan produktivitas tanaman menurun yang berdampak pada kualitas hasil panen. Dampak serangan ini tidak hanya mengurangi jumlah produksi tetapi juga membuat tanaman lebih rentan terhadap hama dan penyakit lain.

Di Indonesia, serangan NPA pada jambu kristal banyak ditemukan di beberapa daerah, seperti Lampung dan Jawa Barat. Wilayah-wilayah ini menunjukkan tingkat kepadatan nematoda yang berbeda-beda, tergantung pada kondisi lingkungan dan jenis tanahnya. Keberadaan nematoda dalam jumlah besar mempercepat serta memperparah kerusakan pada sistem perakaran tanaman.. Pengendalian yang tepat dapat membantu menurunkan populasi nematoda dan menjaga hasil panen yang optimal (Fiandani, 2019).

Nematoda puru akar (*Meloidogyne* spp.) merupakan kelompok nematoda yang menyebar luas di daerah tropis, termasuk Indonesia, dan menunjukkan prevalensi tinggi pada tanaman hortikultura bernilai ekonomi. Studi di pulau Jawa menemukan bahwa *M. javanica*, *M. incognita*, dan *M. arenaria* umum

menyerang umbi kentang, dengan tingkat infeksi mencapai antara 14,3–88,2% di beberapa daerah produksi utama (Mutala'iah *et al.*, 2019). Selain itu, survei di lahan organik di Yogyakarta menunjukkan bahwa *Meloidogyne* spp. merupakan salah satu nematoda parasit tumbuhan yang sering ditemukan di lahan sayuran. Populasi *Meloidogyne* yang berhubungan positif dengan rasio C/N tanah mengindikasikan pengaruh kondisi lingkungan terhadap kelimpahan nematoda (Indarti *et al.*, 2022).

Dalam proses infeksi, NPA merusak jaringan akar tanaman dengan menusukkan stiletnya dan mengisap cairan sel tanaman. Proses ini tidak hanya menyebabkan hilangnya nutrisi pada tanaman, tetapi juga memicu reaksi patologi pada jaringan akar. Selain kerusakan fisik, nematoda puru akar juga mengeluarkan enzim-enzim yang menyebabkan perubahan struktural pada sel-sel akar. Enzim ini menyebabkan pembengkakan pada akar dan perubahan bentuk yang signifikan yang pada akhirnya menghambat pertumbuhan dan menurunkan produktivitas tanaman. Tanaman yang terinfeksi menjadi lebih rentan terhadap penyakit lain karena kerusakan akar mengurangi kemampuan tanaman untuk menyerap nutrisi dengan optimal. Dampak ini memerlukan metode pengendalian yang efektif untuk mencegah penyebaran nematoda dan kerusakan tanaman yang lebih luas (Swibawa *et al.*, 2020).

Dua spesies utama yang sering menyerang tanaman hortikultura adalah *M. incognita* dan *M. javanica* yang menyebabkan kerusakan parah pada sistem perakaran tanaman inang. Secara morfologi, tahap juvenil kedua (J2) *Meloidogyne* spp. memiliki struktur unik berupa stilet, yaitu alat seperti jarum yang digunakan untuk menembus jaringan akar. Dengan stilet ini memungkinkan nematoda mengisap nutrisi dari sel-sel akar. Pada pangkal stilet, terdapat struktur basal yang disebut basal knob yang berfungsi untuk menstabilkan posisi stilet saat menembus jaringan tanaman.

Siklus hidup NPA (*Meloidogyne* spp.) dimulai dari telur yang berkembang menjadi juvenil tahap pertama (J1) yang masih di dalam telur. Pada tahap ini nematoda akan berganti kulit di dalam telur menjadi J2, selanjutnya pada tahap J2 nematoda akan keluar dari telur dan infeksi bagi tanaman inang. Telur nematoda ini biasanya diletakkan di dalam atau di menempel pada akar tanaman inang dan dilindungi oleh lapisan gelatin yang melindungi telur dari ancaman lingkungan. Ketika terpapar eksudat akar yang dihasilkan oleh tanaman inang, telur-telur ini akan menetas dan mengeluarkan juvenil J2 yang segera aktif mencari akar untuk diinfeksi. Eksudat akar tersebut merangsang aktivitas nematoda, membuat juvenil siap bergerak menuju jaringan akar inang. Pada tahap ini, walaupun masih dalam bentuk juvenil, nematoda memiliki dorongan kuat untuk bergerak menuju akar meskipun kondisi lingkungan mungkin belum ideal. Setelah mencapai akar, juvenil J2 mulai menembus jaringan akar dan bergerak lebih dalam untuk mencari lokasi yang sesuai bagi perkembangan selanjutnya (Khan *et al.*, 2017).

Setelah juvenil J2 berhasil memasuki akar tanaman, ia bergerak melalui jaringan korteks menuju area vaskular, di mana ia menetap dan membentuk area makan yang disebut sel raksasa (*giant cells*). Pada tahap J3 dan J4 akar nematoda akan mengeluarkan enzim dan senyawa kimia yang mengubah sel-sel akar biasa menjadi sel raksasa kaya nutrisi yang menyediakan sumber makanan bagi nematoda sepanjang hidupnya. Proses ini menyebabkan jaringan akar mengalami pembengkakan yang merupakan gejala khas infeksi NPA (*Meloidogyne* spp.) (Pradana, 2014).

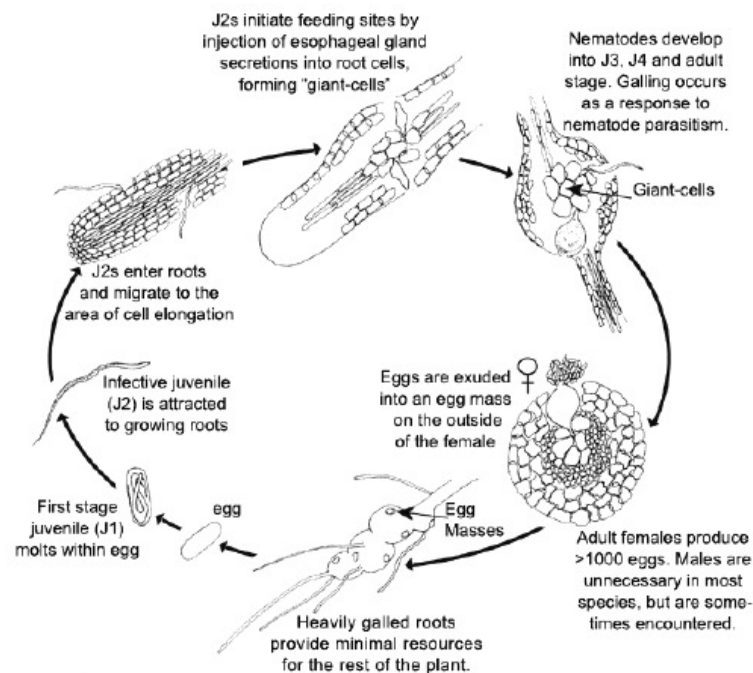
Pada tahap di dalam akar, juvenil akan melalui tiga kali pergantian kulit hingga mencapai tahap dewasa yang melibatkan perubahan fisik dan fungsional yang signifikan. Nematoda jantan dewasa keluar dari akar dan hidup bebas di tanah, sementara betina dewasa tetap berada di dalam akar. Siklus hidup ini memungkinkan betina dewasa untuk terus memanfaatkan sel raksasa sebagai sumber nutrisi sambil berkembang biak dan meningkatkan populasinya pada tanaman inang (Pradana, 2014).

Pada tahap dewasa, nematoda betina menetap di dalam akar dan terus membesar seiring meningkatnya produksi telur. Setelah pembuahan, betina mulai menghasilkan ratusan hingga ribuan telur di area sekitar tempatnya berada di dalam akar tanaman inang. Proses ini juga memicu terbentuknya puru atau pembengkakan pada akar sebagai respons fisiologis tanaman terhadap serangan nematoda. Puru ini berfungsi sebagai perlindungan bagi nematoda betina sekaligus sebagai tempat ideal untuk berkembang biak. Pembentukan puru ini menjadi ciri khas infeksi NPA (*Meloidogyne* spp.) yang terlihat jelas sebagai benjolan atau pembengkakan pada akar tanaman yang terinfeksi, menandakan adanya gangguan akibat nematoda (Fitriyanti *et al.*, 2019).

Pada tahap akhir siklus hidupnya, betina dewasa dari NPA mengeluarkan massa telur yang dilindungi oleh lapisan lendir gelatin. Lapisan ini memberikan perlindungan ekstra bagi telur, membantu mereka bertahan di tanah dalam kondisi lingkungan yang kurang menguntungkan. Telur-telur ini mampu bertahan lama dalam keadaan dorman hingga kondisi mendukung proses penetasan. Setiap telur yang menetas akan melanjutkan siklus kehidupan dengan kembali memasuki tahap juvenil dan siap menyerang akar tanaman inang baru. Di lingkungan yang ideal, siklus hidup NPA dari telur hingga dewasa hanya memerlukan beberapa minggu, memungkinkan mereka berkembang biak cepat dan menyebar luas di lahan pertanian. Reproduksi yang cepat ini menciptakan tantangan besar dalam pengendalian nematoda puru akar di lahan-lahan pertanian (Fitriyanti *et al.*, 2019).

Diagram siklus hidup NPA menggambarkan tahapan perkembangan mulai dari telur hingga fase juvenil infektif, kemudian menetap dan berkembang dalam akar, diikuti oleh reproduksi dan pembentukan puru khas. Diagram ini menunjukkan hubungan erat antara siklus hidup nematoda dan tanaman inang, dengan perkembangan nematoda bergantung pada kondisi tanaman dan lingkungan. Diagram tersebut sangat berguna untuk memahami titik-titik kritis dalam siklus perkembangan NPA yang bisa menjadi dasar dalam pengendalian yang efektif untuk mencegah penyebaran. Selain itu, nematoda betina dewasa memiliki tubuh yang membulat, berbeda dengan jantan yang berbentuk panjang dan ramping. Bentuk ramping jantan memungkinkannya keluar dari akar dan bergerak bebas di

dalam tanah untuk mencari betina dan melakukan pembuahan. Puru yang terbentuk akibat infeksi menyebabkan gangguan pada penyerapan air dan nutrisi oleh tanaman, sehingga tanaman lebih rentan terhadap hama dan penyakit lainnya (Fitriyanti *et al.*, 2019).



Gambar 1. Siklus hidup nematoda puru akar (*Meloidogyne* spp.)
Sumber: (Khan *et al.* 2017).

2.2 *Trichoderma* sp.

Trichoderma sp. adalah jenis jamur tanah yang biasanya dimanfaatkan dalam pertanian sebagai agen pengendali hayati. Jamur ini memiliki kemampuan beradaptasi terhadap berbagai kondisi lingkungan, sehingga menjadi salah satu mikroorganisme yang digunakan dalam pengelolaan penyakit tanaman. Tak hanya itu, *Trichoderma* sp. juga digunakan sebagai agensia pengendalian hayati (*biocontrol agent*), pengendali jamur (*biofungisida*), hingga perannya sebagai pupuk hayati (*biofertilizer*) (Lahati dan Ladjinga, 2022). Kemampuannya yang bisa tumbuh dengan cepat dan bertahan dalam kondisi lingkungan buruk menjadikan jamur ini dapat membentuk hubungan saling menguntungkan dengan

tanaman. Jamur *Trichoderma* membantu meningkatkan ketersediaan nutrisi bagi tanaman dan melindungi tanaman dari serangan patogen.

Klasifikasi jamur *Trichoderma* sp. adalah sebagai berikut (Mycobank, 2024)

Kingdom : Fungi
 Sub Kingdom : Dikarya
 Super divisi : Ascomycota
 Divisi : Pezizomycotina
 Kelas : Sordariomycetes
 Sub Kelas : Hypocreomycetidae
 Ordo : Hypocreales
 Famili : Hypocreaceae
 Genus : *Trichoderma*
 Spesies : *Trichoderma* sp.

Penggunaan *Trichoderma* sp. dapat meminimalisir ketergantungan pada bahan kimia sintetis. Beberapa spesies, seperti *T. harzianum*, *T. asperellum*, dan *T. virens*, telah terbukti ampuh melawan berbagai patogen tanaman, termasuk jamur, bakteri, dan nematoda. Selain itu, *Trichoderma* sp. menjaga kesehatan tanah dengan merangsang aktivitas mikroorganisme yang bermanfaat lainnya dan membantu memperbaiki struktur tanah, sehingga menciptakan lingkungan yang lebih seimbang bagi perakaran untuk pertumbuhan tanaman.

2.2.1 Daya Bunuh *Trichoderma* sp.

Trichoderma sp. dikenal sebagai agen biologis yang sangat efektif dalam mengendalikan berbagai patogen dan hama tanaman, termasuk NPA (*Meloidogyne* spp.), berkat efek toksiknya yang tinggi dalam mematikan biota targetnya. *Trichoderma* sp. bekerja melalui beberapa mekanisme utama yaitu, produksi enzim hidrolitik, persaingan ruang, dan produksi metabolit sekunder yang bersifat racun bagi biota target. Enzim-enzim ini berfungsi merusak dinding sel biota target dan menghentikan aktivitas biologisnya yang pada akhirnya

menyebabkan kematian pada biota target seperti hama dan patogen. Salah satu spesies *Trichoderma* sp. yang telah terbukti ampuh mengendalikan berbagai patogen tanaman, termasuk jamur, bakteri, dan nematoda adalah *T. asperellum* (Rai dan Singh, 2023).

Keunggulan utama *T. asperellum* adalah kemampuannya menghasilkan metabolit sekunder yang bersifat anti mikroba dan antinematoda. Metabolit ini, termasuk senyawa seperti *gliotoksin* dan *viridin*, bekerja dengan menyerang struktur seluler nematoda dan patogen lainnya, mengakibatkan kerusakan internal yang mengganggu fungsi biologisnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metabolit yang dihasilkan *T. asperellum* efektif dalam menurunkan populasi NPA secara signifikan, Hal ini menunjukkan potensi jamur *T. asperellum* yang besar dalam praktik budidaya tanaman tanpa ketergantungan pada pestisida kimia (Rizki dan Oemry, 2019).

Selain kemampuannya membunuh, *T. asperellum* membantu pengendalian patogen dengan cara bersaing dalam ruang dan sumber daya dengan mikroorganisme lain. Sebagai jamur yang tumbuh cepat, *T. asperellum* mampu mendominasi area tumbuh, menghalangi akses nutrisi dan ruang yang diperlukan patogen untuk berkembang. Hal ini memberikan perlindungan tambahan bagi tanaman dengan menekan pertumbuhan patogen di sekitar akar. *T. asperellum* adalah salah satu spesies yang mempunyai konidia bertekstur kasar atau sering disebut verrukosa. (Febriza dan Susanna, 2024).

2.2.2 *Trichoderma asperellum* sebagai Pengendali Nematoda Puru Akar.

Beberapa studi melaporkan bahwa aplikasi *T. asperellum* secara in vitro mampu menghambat penetasan telur nematoda hingga 96,6% (Ma *et al.*, 2023). Menurut Ardi (2024), *T. asperellum* terbukti efektif untuk mengendalikan NPA yang menyerang tanaman tomat. Jamur *T. asperellum* isolat WT1, mampu mengurangi kerusakan pada akar tanaman, dan menurunkan jumlah nematoda di dalam tanah maupun dalam akar. Jamur ini juga membantu tanaman tumbuh lebih baik, sehingga tanaman lebih sehat dan tahan terhadap serangan nematoda. *T.*

asperellum menghasilkan enzim yang dapat menghambat perkembangan telur nematoda dan menyerang nematoda. Jamur ini juga hidup di permukaan akar, sehingga dapat melindungi akar agar nematoda tidak mudah menyerang. Penggunaan *T. asperellum* adalah cara alami dan aman untuk mengatasi nematoda pada tanaman tomat sekaligus membantu tanaman tumbuh lebih baik.

Selain menekan populasi nematoda, *T. asperellum* juga mampu menurunkan indeks penyakit dan faktor reproduksi nematoda, serta meningkatkan bobot akar dan pertumbuhan tanaman (Temitope *et al.*, 2020). Keberhasilan ini tidak hanya disebabkan oleh aktivitas antagonis langsung melalui produksi enzim seperti kitinase dan protease, tetapi juga induksi ketahanan sistemik pada tanaman melalui peningkatan aktivitas enzim antioksidan dan akumulasi senyawa fenolik dan flavonoid (Elsharkawy *et al.*, 2023). Dengan demikian, *T. asperellum* dapat dikategorikan sebagai agens hayati yang efektif dan ramah lingkungan dalam pengendalian *Meloidogyne* spp. baik dalam skala laboratorium atau lapangan.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan selama 3 bulan, yaitu Mei hingga Juli 2025.

Pengambilan akar tanaman tomat yang terserang nematoda puru akara (NPA) dilakukan di Pertanaman Tomat, Desa Trimulyo, Kecamatan Natar, Kabupaten Lampung Selatan, Lampung. Pengujian daya bunuh *T. asperellum* dilaksanakan di Laboratorium Ilmu Hama Tumbuhan dan Laboratorium Bioteknologi Fakultas Pertanian Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu cawan petri, *microwave*, *autoclave*, *Laminar Air Flow* (LAF), labu erlenmeyer, aluminium foil, karet gelang, plastik tahan panas, *plastik wrap*, kaca preparat, tabung reaksi, *rotamixer*, *hand spray*, skapel, bunsen, mikroskop, nampan plastik, mikropipet, timbangan, saringan teh, *handtally counter*, *haemocytometer*, dan mangkuk.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu, isolat WT1 *T. asperellum* dari koleksi Laboratorium Bioteknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, akar tanaman yang terinfeksi nematoda puru akar, massa telur NPA, agar batang, tisu, alkohol 70%, air steril, dextrose dan asam laktat.

3.3 Pelaksanaan Penelitian

3.3.1 Pembuatan Media *Potato Dextrose Agar* (PDA)

Media PDA dibuat dengan merebus 200 g kentang menggunakan akuades. Ekstrak hasil rebusan kentang kemudian dimasukkan ke dalam labu erlenmeyer yang telah diisi 20 g agar batang dan 20 g dextrose. Setelah agar mencair, labu erlenmeyer ditutup dengan aluminium foil dan disterilkan menggunakan autoclave pada suhu 121°C dan tekanan 1 atm selama 15 menit. Kemudian ke dalam media ditambahkan asam laktat sebanyak 1,4 mL. Larutan media kemudian dituangkan ke dalam cawan petri, setelah dingin disimpan di dalam *showcase*.

3.3.2 Peremajaan dan Perbanyakan Jamur *Trichoderma asperellum*

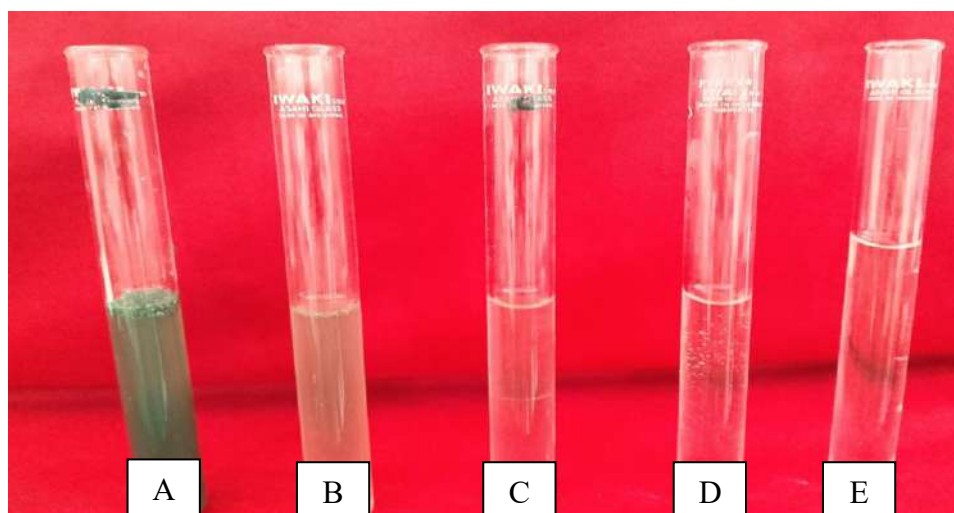
Isolat WT1 *T. asperellum* yang digunakan berasal dari koleksi Laboratorium Bioteknologi Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Peremajaan isolat dilakukan pada media PDA menggunakan teknik aseptis. Inokulasi dilakukan dengan jarum ose yang telah disterilkan, di dalam *Laminar Air Flow*. Setelah itu, dilakukan inkubasi selama 14 hari untuk mendapatkan koloni jamur yang aktif dan siap digunakan dalam penelitian.



Gambar 2. Isolat jamur *T. asperellum* berumur 7 hari .

3.3.3 Pembuatan Suspensi spora Jamur *T. asperellum*

Jamur *T. asperellum* yang telah berumur 14 hari dipanen dengan menambahkan 10 mL air steril ke dalam cawan Petri. Suspensi jamur kemudian diaduk menggunakan batang *Drigalsky* dan homogenisasi menggunakan *rotamixer* selama 1 menit hingga terbentuk suspensi. Selanjutnya, dilakukan pengenceran bertingkat dengan cara menyiapkan tabung reaksi berisi 9 mL air steril. Sebanyak 1 mL suspensi awal (alikuot) diambil dan dimasukkan ke dalam tabung pertama untuk menghasilkan pengenceran 10^{-1} . Proses ini diulang hingga diperoleh pengenceran akhir 10^{-5} .



Gambar 3. Suspensi *T. asperellum*: (A) suspensi *T. asperellum* alikuot, (B) suspensi *T. asperellum* pengenceran 10^{-1} , (C) suspensi *T. asperellum* pengenceran 10^{-2} , (D) suspensi *T. asperellum* pengenceran 10^{-3} , dan (E) isolat *T. asperellum* pengenceran 10^{-5} .

3.3.4 Perhitungan Jumlah Spora Jamur *T. asperellum*

Jumlah spora dalam suspensi jamur *T. asperellum* dihitung menggunakan *haemocytometer* dan diamati di bawah mikroskop majemuk dengan perbesaran 400 kali. Spora dihitung dengan memilih lima kotak sedang pada *haemocytometer*, kemudian dilakukan perhitungan jumlah spora pada tiap kotak sedang, dan dirata-ratakan. Berdasarkan rata-rata jumlah spora dari lima kotak sedang bidang pengamatan, nilai spora dihitung menggunakan rumus yang diadaptasi dari (Yuliani, 2013), yaitu.

$$S = R \times K \times F$$

Keterangan:

S = Jumlah spora,

R = Jumlah rata-rata spora pada 5 bidang kotak sedang *haemocytometer*,

K = Konstanta koefisien alat ($2,5 \times 10^5$), dan

F = Faktor pengenceran yang dilakukan.

3.3.5 Pengambilan Akar Tanaman Tomat Terserang Nematoda Puru Akar

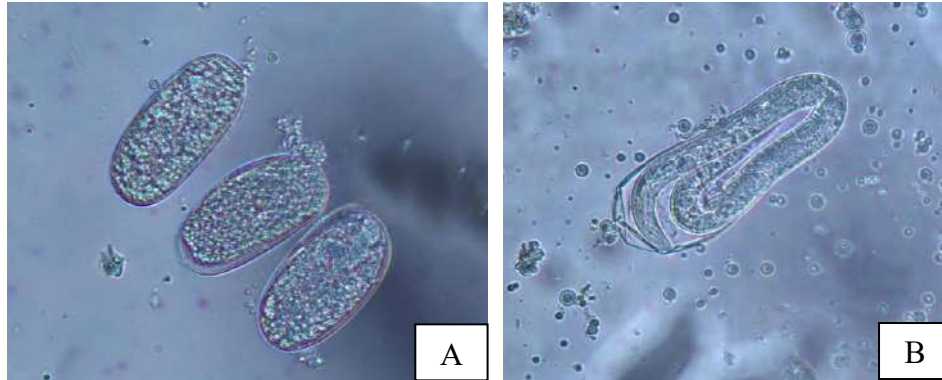
Massa telur NPA diambil dari akar tanaman bergejala terserang nematoda tersebut. Pengambilan akar dilakukan pada pertanaman tomat, Desa Trimulyo, Kecamatan Natar, Kabupaten Lampung Selatan, Lampung. Tanaman yang menunjukkan gejala dan akarnya yang menunjukkan gejala berpuhu diambil dan dikumpulkan untuk selanjutnya diproses di laboratorium.

3.3.6 Penyiapan Massa Telur Nematoda Puru Akar

Massa telur NPA diperoleh dari akar tanaman tomat berpuhu. Akar tanaman tomat berpuhu dikumpulkan, kemudian dicuci menggunakan air mengalir agar sisa tanah yang menempel hilang. Setelah bersih, massa telur diambil dengan cara mencungkil menggunakan alat khusus dengan bantuan mikroskop stereo *binocular*. Massa telur kemudian diletakan di atas kertas tisu yang dipasang sebagai lapisan saringan teh. Tiap saringan teh masing-masing diisi sebanyak 5 massa telur, sebelum diberi perlakuan.

Enam sampel massa telur yang diambil secara acak digunakan untuk perhitungan jumlah telur tiap massa telur. Dari keenam sampel tersebut didapatkan jumlah telur pada sampel pertama berisi 305 telur, sampel kedua 330 telur, sampel ketiga terkecil yaitu 210 telur, sampel keempat menunjukkan jumlah tertinggi dengan 510 telur, sampel kelima 400 telur, dan sampel keenam berjumlah 360 telur. Dengan data tersebut, nilai maksimum jumlah telur adalah 510, minimum 210,

dan rata-rata jumlah telur per massa sampel adalah 352,5. Butiran telur dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Telur nematoda puru akar (NPA), *Meloidogyne* spp: (A) telur NPA muda (400x) dan (B) telur tua mengandung J1(400x).

3.3.7 Uji Pengaruh Konsentrasi Spora *T. asperellum* Terhadap Penetasan Telur *Meloidogyne* spp.

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi suspensi (kerapatan spora) *T. asperellum* terhadap penetasan telur NPA (*Meloidogyne* spp.). Percobaan menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan 5 perlakuan dan 5 ulangan. Perlakuan yang diujikan adalah kerapatan spora suspensi *T. asperellum* dengan tingkat pengenceran berturut-turut yaitu 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} dan 10^{-5} serta satu kontrol tanpa jamur *T. asperellum*. Dengan kerapatan spora pada pengenceran 10^{-1} adalah sebanyak $11,7 \times 10^5$ spora/mL, pengenceran 10^{-2} = sebanyak $2,7 \times 10^5$ spora/mL, pengenceran 10^{-3} = sebanyak $1,75 \times 10^5$ spora/mL, dan pengenceran 10^{-5} = sebanyak $0,6 \times 10^5$ spora/mL. Sebanyak 5 massa telur NPA diletakkan pada saringan teh yang dilapisi tisu, kemudian diaplikasi dengan suspensi jamur sesuai perlakuan.

Telur NPA pada saringan teh dicelupkan ke dalam suspensi spora selama 5 menit. Setelah 5 menit, saringan teh yang berisi massa telur NPA diangkat kemudian diletakkan pada mangkuk berisi air steril. Massa telur tersebut diinkubasi selama 48 jam agar terjadi penetasan. Setelah diinkubasi selama 48 jam, dilakukan penghitungan telur yang menjadi juvenil 2 (J2) menggunakan mikroskop stereo.

Perhitungan dilakukan dengan cara mengambil sebanyak 3 mL suspensi dari mangkuk, lalu dimasukkan ke dalam cawan petri bergaris, kemudian NPA J2 yang terdapat di dalamnya dihitung menggunakan alat hitung manual (*handtally counter*). Proses pengambilan dan pengamatan sampel ini dilakukan berulang-ulang hingga seluruh air dalam mangkuk perlakuan habis. Penghitungan dilakukan sebanyak tiga kali ulangan untuk memperoleh data yang akurat.

3.3.8 Uji Pengaruh Durasi Paparan *T. asperellum* Terhadap Penetasan Telur *Meloidogyne* spp.

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh lama durasi paparan *T. asperellum* terhadap penetasan telur *Meloidogyne* spp. Percobaan dilakukan menggunakan rancangan acak lengkap dengan 5 perlakuan dan 5 ulangan. Perlakuan yang dicobakan adalah lama waktu perendaman massa telur nematoda dalam suspensi *T. asperellum* yaitu selama 10, 15, 30, 60 menit, dan (kontrol). Konsentrasi suspensi spora yang digunakan merupakan konsentrasi rendah dan menghasilkan penetasan yang rendah berdasarkan hasil uji sebelumnya, yaitu pengenceran 10^{-2} dengan kerapatan $2,7 \times 10^5$ spora/mL.

Pada setiap satuan percobaan yaitu berupa saringan teh yang dilapisi tisu diletakkan lima massa telur *Meloidogyne* spp. Saringan teh yang di lapisi tisu dan diberi massa telur, kemudian direndam dalam suspensi *T. asperellum* sesuai dengan perlakuan lama waktu yang ditentukan. Setelah perendaman selesai, saringan teh dipindahkan ke mangkuk yang berisi air steril hingga seluruh massa telur terendam. Massa telur didiamkan selama 48 jam untuk memungkinkan penetasan larva J2. Selanjutnya, jumlah larva J2 yang keluar dari telur dihitung menggunakan mikroskop stereo. Persentase mortalitas dihitung dengan rumus berikut:

$$\text{Persentase mortalitas (\%)} = \frac{J2 \text{ pada kontrol} - J2 \text{ pada perlakuan}}{J2 \text{ pada kontrol}} \times 100$$

3.3.9 Analisis Data

Data hasil pengamatan dianalisis ragam menggunakan kemudian dilanjutkan dengan pemisahan nilai tengah menggunakan uji BNT (Beda Nyata Terkecil). SAS (*Statistical Analysis System*) semua pengujian menggunakan taraf nyata 5%.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Kerapatan spora *T. asperellum* berpengaruh nyata terhadap penetasan telur nematoda puru akar (*Meloidogyne* spp.). Perlakuan P2 lebih efektif dan optimal dibandingkan dengan perlakuan yang lain, sehingga tingkat penetasan dapat ditekan hingga 46,13%, dan dipilih sebagai acuan untuk pengujian durasi paparan, dan
2. Durasi paparan *T. asperellum* berpengaruh nyata dalam menekan penetasan telur nematoda. Semakin lama durasi paparan, semakin rendah tingkat penetasan yang terjadi. Paparan selama 30 menit sudah cukup optimal dengan mortalitas mencapai 97,40%, dan hasilnya tidak berbeda nyata dibandingkan paparan 60 menit.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini disarankan untuk melakukan penelitian lanjutan mengenai pengujian efektivitas *T. asperellum* terhadap juvenil kedua (J2) nematoda puru akar (*Meloidogyne* spp.) dan dilakukan perbandingan antara penggunaan suspensi spora dan suspensi miselia *T. asperellum* untuk mengetahui efektivitas dalam menekan mortalitas dan kemampuan infeksi nematoda, sehingga dapat memberikan informasi yang lebih aplikatif bagi pengendalian hayati di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdel-Rahman, F., dan Maggenti, A. R. 1987. Embryonic and postembryonic development of *Meloidogyne californiensis* Abdel-Rahman dan Maggenti, 1987. *Journal of Nematology*, 19(4), 505.
- Affokpon, A., Coyne, D. L., Htay, C. C., Agbede, R. D., Lawouin, L., dan Coosemans, J. 2011. Biocontrol potential of native trichoderma isolates against root-knot nematodes in west Afrin vegetable production systems. *Biological Control*, 168, 104870.
- Almeida, N. O., de Oliveira, C. M., Ulhoa, C. J., Côrtes, M. V. D. C. B., Júnior, M. L., dan Rocha, M. R. 2022. *Trichoderma harzianum* and *Trichoderma asperellum* are potential biocontrol agents of *Meloidogyne javanica* in banana cv. Grande Naine. *Biological Control*, 175, 105054
- Ardi, A. P 2024. Keefektifan beberapa isolat *Trichoderma asperellum* dalam mengendalikan nematoda puru akar (*Meloidogyne* sp.) pada tanaman tomat *Skripsi*, Universitas Lampung
- Banora, M. Y. 2023. Impacting of root-knot nematodes on tomato: current status and potential horizons for its managing. dalam S. Engelhardt, R. Stam, dan R. Huckelhoven (Eds.), tomato cultivation and consumption – innovation, sustainability and health 1–20. *IntechOpen*.
- Baldoni, D. B., Antonioli, Z. I., Mazutti, M. A., Jacques, R. J. S., Dotto, A. C., de Oliveira Silveira, A., dan de Souza, A. R. C. 2022. Chitinase production by trichoderma koningiopsis UFSMQ40 using solid state fermentation. *Brazilian Journal of Microbiology*, 51(4), 1897-1908.
- Bellafiore, S., Jouglu, C., Chapuis, E., Besnard, G., Suong, M., Vu, P. N., dan Thi, X. N. 2015. Intraspecific variability of the facultative meiotic parthenogenetic root-knot nematode (*Meloidogyne graminicola*) from rice fields in Vietnam. *Comptes Rendus Biologies*, 338(7), 471-483.

- Bukhari, S., Subbarao, K. V., dan Hao, J. 2010. Effect of spore density and distribution on the efficacy of biocontrol agents against soilborne pathogens. *Biological Control*, 52(2), 191–198.
- Calderón-Urrea, A., Vanholme, B., Vangestel, S., Kane, S. M., Bahaji, A., Pha, K., dan Gheysen, G. 2016. Early development of the root-knot nematode *Meloidogyne incognita*. *BMC Developmental Biology*, 16(1), 1-14.
- Chaudhary, S., Khilari, K. dan Kumar, A. 2025 Life cycle and pathogenicity of rice root knot nematode (*Meloidogyne graminicola*), *International Journal of Agriculture Extension and Social Development*, 8(4), pp. 253–256.
- Contreras-Soto, M. B., Tovar-Pedraza, J. M., Solano-Báez, A. R., Bayardo-Rosales, H., dan Márquez-Licona, G. 2025. Biocontrol strategies against plant-parasitic nematodes using *Trichoderma spp.* mechanisms, applications, and management perspectives. *Journal of Fungi*, 11(7), 517
- Elsharkawy, M. M., Al-Askar, A. A., Behiry, S. I., Abdelkhalek, A., Saleem, M. H., Kamran, M., dan Derbalah, A. 2022. Resistance induction and nematicidal activity of certain monoterpenes against tomato root-knot caused by *Meloidogyne incognita*. *Frontiers in Plant Science*, 13, 982414.
- Febriza dan Susanna. 2024. Efektivitas *Trichoderma asperellum* dari sumber berbeda dalam menekan pertumbuhan *Colletotrichum sp.* penyebab antraknosa pada tomat. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*, 30(1), 45-54.
- Fiandani, A. 2019. Pengaruh dosis bionematisida jamur *purpureocillium lilacinum* (*syn. paecilomyces lilacinus*) isolat b01tg berbahan pembawa limbah pertanian terhadap keefektifannya dalam mengendalikan serangan *Meloidogyne spp.* *Skripsi*, Universitas Lampung.
- Fitriyanti, D., Raihana, R., dan Zairin, Z. 2019. Aplikasi perkembangan stadia hidup nematoda puru akar (*Meloidogyne spp.*) pada pertanaman tomat. *Jurnal Agrivita*, Universitas Lambung Mangkurat.
- Hidayati, S. N. 2021. Data populasi nematoda puru akar di tanah dan dampaknya pada hasil panen jambu kristal. *Repository LPPM Universitas Lampung*.
- Indarti, S., Taryono, T., Purnomo, C. W., Wulandari, A. S., dan Maharani, R. 2023. Abundance and diversity of plant parasitic nematodes associated with vegetable cultivation on various types of organic fertilizers. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 24(2).
- Karssen, G. dan Moens, M. 2006. Root-knot nematodes. *in*, plant nematology, Perry R.N and M. Moens (eds.). CABI North American office 875 massachusetts avenue 7th floor Cambridge, MA 02139 USA. pp. 59-88.

- Khan, Z., Khan, M. A., Ahmad, W., dan Paul, S. 2017. Interaction of mycorrhizal fungi and Azotobacter with root-knot nematodes and root-chewing insects. *Sustainable Agriculture Reviews*, 277-302.
- Kurniawati, F., Nursipa, N. T., dan Munif, A. 2020. Nematoda parasit pada seledri (*Apium graveolens* L.) dan pengendaliannya menggunakan bakteri endofit secara in vitro. *Agrovigor: Jurnal Agroekoteknologi*, 13(1), 70-81.
- Lahati, B. K. dan Ladjinga, E. 2022. Efektivitas *Trichoderma* sp. dalam Mengendalikan Penyakit Layu *Fusarium* sp. di lahan pertanian tomat. *Jurnal Inovasi Penelitian*, 3(7), 7227–7234.
- Li, X., Chen, J., Zhang, L., dan Zhao, Q. 2020. *Trichoderma* mycoparasitism and enzymatic penetration of nematode eggshell degradation by chitinase and protease. *Microbial Pathogenesis*, 148, 104387.
- Maggiano, F., Benucci, G. M. N., Gonthier, P., dan Zimowska, B. 2021. *Trichoderma* spp. interactions and effects on plant-parasitic nematodes: A review. *Phytopathology Research*, 3(1), 1-12
- Martinez, Y., Ribera, J., Schwarze, F. W., dan De France, K. 2023. Biotechnological development of *Trichoderma*-based formulations for biological control. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 107(18), 5595-5612.
- Ma, Y., Li, Y., Yang, S., Li, Y., dan Zhu, Z. 2023. Biocontrol potential of *Trichoderma asperellum* strain 576 against *Exserohilum turcicum* in Zea mays. *Journal of Fungi*, 9(9), 936.
- Mkandawire, T. T., Grencis, R. K., Berriman, M., dan Duque-Correa, M. A. 2022. Hatching of parasitic nematode eggs: a crucial step determining infection. *Trends in Parasitology*, 38(2), 174-187.
- Moo-Koh, L., Tan, S., Lim, Y., dan Chong, Y. 2022. Production and co-secretion of cell-wall degrading enzymes by *Trichoderma* during nematode mycoparasitism. *Frontiers in Microbiology*, 13, 89891.
- Mutala'iah, M., Indarti, S., dan Wibowo, A. 2019. Short communication: The prevalence and species of root-knot nematode which infect on potato seed in Central Java, Indonesia. *Biodiversitas*, 20, 11–16.
- Mycobank. 2024. *Trichoderma* spp. Availabel at : <https://www.mycobank.org/page/Name%20details%20page/name/Trichoderma>. Diakses 06 Mei 2025
- Pradana, A. P. 2014. Bioekologi nematoda puru akar *Meloidogyne* spp. [Bioekologi Nematoda Puru Akar Meloidogyne spp. | Mikrobiologi Pertanian](#)

- Rai, D. dan Singh, N. 2023. Khasiat *Trichoderma asperellum* terhadap berbagai patogen tanaman obat. *Jurnal Biologi Eksperimen India*, 61(4)
- Ravichandra, N. G. 2014. *Horticultural Nematology*. Springer India. India
- Rizki, R. I., dan Oemry, S. 2019. Pengaruh bahan organik (*Mucuna bracteata*) dan mikroba antagonis (*T. viride* dan *T. harzianum*) terhadap dominasi nematoda puru akar (*Meloidogyne* spp.) pada tanaman kentang di lapangan *Jurnal Agroteknologi*, 7(2), 282-290.
- Rizal, S., Novianti, D., dan Septiani, M. 2019. Pengaruh jamur *Tricoderma* sp. terhadap pertumbuhan tanaman tomat (*Solanum lycopersicum* L). *Jurnal Indobiosains*. 1(1) : 14-21.
- Saharan, R., Patil, J. A., Yadav, S., Kumar, A., dan Goyal, V. 2023. The nematicidal potential of novel fungus, *Trichoderma asperellum* FbMi6 against *Meloidogyne incognita*. *Scientific Reports*, 13, 6603.
- Sharon, E., Chet, I., Viterbo, A., Bar-Eyal, M., Nagan, H., Samuels, G. J., dan Spiegel, Y. 2007. Parasitism of *Trichoderma* on *Meloidogyne javanica* and role of the gelatinous matrix. *European Journal of Plant Pathology*, 118(3), 247–258.
- Sheng, L., Wang, X., Chen, Q., dan Lu, D. 2019. Optimization of *Trichoderma*-based biocontrol agents for sustainable agriculture. *Journal of Applied Microbiology*, 126(5), 1354–1364.
- Swibawa, I. G., Fitriana, Y., Suharjo, R., Monica, E., dan Wardhana, R. A. 2020. Pengendalian hayati nematoda puru akar pada pertanaman jambu biji kristal di Lampung. *Jurnal universitas sriwijaya*, 457-465.
- Sayed, M., Abdel-Rahman, T., Ragab, A., dan Abdellatif, A. 2019. Biocontrol of root-knot nematode *Meloidogyne incognita* by chitinolytic *Trichoderma* spp. *Egyptian Journal of Agronematology*, 18(1), 30-47.
- Takeuchi, T., Suzuki, T., Kimura, T., dan Kiuchi, M. 2024. Self-inhibition of growth and allelopathy through volatile organic compounds in *Fusarium solani* and *Aspergillus fumigatus*. *Mycological Research*, 128(4), 367–379.
- Temitope, A. E., Patrick, A. A., Abiodun, J., Olasekan, A. A., Onye, A. C., Vincent, A. O. T., dan Elliseus, R. J. 2020. *Trichoderma asperellum* affects *Meloidogyne incognita* infestation and development in *Celosia argentea*. *Open Agriculture*, 5(1), 778-784.
- Vinasari, A. 2018. Efektivitas ekstrak daun paitan (*Tithonia diversifolia*) sebagai nematisida nabati terhadap *Meloidogyne* spp. pada tanaman tomat. *Jurnal Pengendalian Hayati dan Pestisida*, 12(2), 85–92

- Yao, X., Guo, H., Zhang, K., Zhao, M., Ruan, J., dan Chen, J. 2023. Trichoderma and its role in biological control of plant fungal and nematode disease. *Frontiers in microbiology*, 14, 1160551.
- Yuliani, L. A. 2013. Pengaruh Konsentrasi Inokulum *Monascus purpureus* terhadap produksi pigmen pada substrat tepung biji nangka (*Artocarpus heterophyllus*). *Skripsi*, Universitas Pendidikan Indonesia. Bandung.
- Yulianti, E. 2017. Populasi dan tingkat serangan *Meloidogyne* spp. pada beberapa umur tanaman jambu biji di Lampung. *Skripsi*, Universitas Lampung.
- Zhang, S., Gan, Y., Ji, W., Xu, B., Hou, B., dan Liu, J. 2017. Mechanisms and characterization of *Trichoderma longibrachiatum* T6 in suppressing nematodes (*Heterodera avenae*) in wheat. *Frontiers in plant science*, 8, 1491.
- Zhang, L., Wang, Y., Liu, J., dan Zhao, Q. 2020. Enzymatic degradation of nematode eggshells by fungi: A key mechanism in biocontrol. *Journal of Agricultural Science and Technology* 22