

**KEEFEKTIFAN BEBERAPA ISOLAT *Trichoderma asperellum* DALAM
MENGENDALIKAN NEMATODA PURU AKAR (*Meloidogyne* spp.) PADA
TANAMAN TOMAT**

Skripsi

Oleh

**Adit Pramudya Ardi
1954191008**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

KEEFEKTIFAN BEBERAPA ISOLAT *Trichoderma asperellum* DALAM MENGENDALIKAN NEMATODA PURU AKAR (*Meloidogyne* spp.) PADA TANAMAN TOMAT

Oleh

Adit Pramudya Ardi

Banyak laporan mengenai serangan nematoda puru akar (*Meloidogyne* spp.) pada tanaman tomat. *Trichoderma asperellum* dilaporkan dapat digunakan sebagai alternatif pengendali nematoda puru akar pengganti nematisida kimiawi. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh aplikasi *T. asperellum* terhadap populasi nematoda puru akar, kerusakan akar serta peranan jamur ini sebagai pemacu pertumbuhan. Penelitian ini dilaksanakan bulan Juni 2023 sampai Februari 2024 di rumah kaca Laboratorium Lapangan Terpadu dan Laboratorium Ilmu Hama Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Percobaan menggunakan rancangan acak lengkap dengan 6 perlakuan dan 5 ulangan. Perlakuan yang dicobakan yaitu 5 isolat jamur *T. asperellum* yaitu isolat spv, isolat 30 Gy T111, isolat WT1, isolat WT3, isolat 30 Gy TH3 dan 1 kontrol tanpa jamur. Variabel yang diamati yaitu pertumbuhan tanaman dan populasi dan tingkat serangan nematoda. Data dianalisis ragam dan pemisahan nilai tengah menggunakan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf nyata 5% dengan bantuan program *R-Studio*. Hasil penelitian menunjukkan aplikasi *T. asperellum* isolat WT1 lebih baik dalam mengendalikan kerusakan akar, jumlah puru, massa telur, dan populasi nematoda dalam akar dan dalam tanah daripada isolat *T. asperellum* lainnya. Jamur *T. asperellum* berperan sebagai pemacu pertumbuhan tanaman, performa tanaman tomat yang diinfestasi nematoda puru akar (*Meloidogyne* spp.) dan diaplikasi *T. asperellum* lebih baik dibandingkan dengan tananaman tomat kontrol.

Kata kunci : nematoda puru akar, performa tanaman, pemacu tumbuh

**KEEFEKTIFAN BEBERAPA ISOLAT *Trichoderma asperellum* DALAM
MENGENDALIKAN NEMATODA PURU AKAR (*Meloidogyne* spp.) PADA
TANAMAN TOMAT**

Oleh

Adit Pramudya Ardi

Skripsi

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

pada

**Jurusan Proteksi Tanaman
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

Judul Skripsi : Keefektifan Beberapa Isolat *Trichoderma asperellum* dalam Mengendalikan Nematoda Puru Akar (*Meloidogyne* spp.) pada Tanaman Tomat

Nama Mahasiswa : Adit Pramudya Ardi

Nomor Pokok Mahasiswa : 1954191008

Jurusan : Proteksi Tanaman

Fakultas : Pertanian

MENYETUJUI
1. Komisi Pembimbing



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



Dr. Yuyun Fitriana, S.P., M.P.
NIP.198108152008122001

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 Penguji : Dr. Yuyun Fitriana, S.P., M.P.



Penguji
Bukan Pembimbing : Dr. Radix Suharjo, S.P., M.Agr.



2 Dekan Fakultas

Perwakilan

Dr. Ir. Kusyanta Futas Hidayat, M.P.
NIP. 19641181989021002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 5 Agustus 2024

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul "**Keefektifan Beberapa Isolat *Trichoderma asperellum* dalam Mengendalikan Nematoda Puru Akar (*Meloidogyne spp.*) pada Tanaman Tomat**" 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 salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 27 September 2024

Pembuat Pernyataan



Adit Pramudya Ardi
NPM. 1954191008

RIWAYAT HIDUP

Penulis lahir di Bandar Lampung pada 23 Juni 2001 dan merupakan anak kedua dari tiga bersaudara, putra dari Bapak Ledy Hariswan dan Ibu Sri Aryani. Pendidikan penulis dimulai di TK As-salam, yang dilanjutkan ke Sekolah Dasar (SD) Negeri 2 Rawa Laut, Kota Bandar Lampung, diselesaikan pada tahun 2013. Sekolah Menengah Pertama (SMP) diselesaikan di SMP Negeri 23 Bandar Lampung pada tahun 2016. Sekolah Menengah Atas (SMA) diselesaikan di SMA Negeri 10 Bandar Lampung pada tahun 2019. Pada tahun 2019 penulis masuk Jurusan Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Selama kuliah penulis aktif berorganisasi, penulis mengikuti organisasi HIMAPROTEKTA (Himpunan Mahasiswa Proteksi Tanaman) sebagai anggota bidang eksternal periode 2021 dan pernah menjabat sebagai Ketua Umum HIMAPROTEKTA periode 2022. Penulis juga aktif mengikuti dan menjadi asisten praktikum pada mata kuliah Dasar-Dasar Perlindungan Tanaman AGB A (2022).

PERSEMBAHAN

Puji syukur kehadiran Tuhan YME yang telah memberikan kesehatan dan kesempatan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “**Keefektifan Beberapa Isolat *Trichoderma asperellum* dalam Mengendalikan Nematoda Puru Akar (*Meloidogyne spp.*) pada Tanaman Tomat**”.

Dengan penuh rasa syukur ini penulis persembahkan sebagai ungkapan terima kasih untuk:

1. Kedua orang tua penulis yaitu Bapak Ledy Hariswan dan Ibu Sri Aryani yang selalu membantu dan memberikan dukungan doa dan material kepada penulis hingga saat ini.
2. Teman-teman jurusan Proteksi Tanaman 2019, kakak tingkat 2016-2018 dan adik tingkat 2020-2022 yang memberikan semangat kepada penulis disaat jenuh menulis skripsi ini.

MOTTO

“Jika percaya akan adanya tuhan, kau tidak akan pernah cemas akan hari esok”

-Sujiwo Tejo-

“Ilmu ada tiga tahapan, jika seseorang memasuki tahapan pertama ia akan sombong, jika memasuki tahapan kedua maka ia akan rendah hati. Jika ia sudah memasuki tahapan ketiga maka ia akan merasa bahwa dirinya tidak ada apa-apanya”

-Umar bin Khattab-

“Cobalah dulu, baru bercerita. Pahami dulu, baru menjawab. Pikirkan dulu, baru berkata. Dengarlah dulu baru beri penilaian. Bekerjalah dahulu, baru berharap”

-Socrates-

SANWACANA

Puji syukur kehadiran Tuhan YME yang telah memberikan rahmat dan kasihnya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Keefektifan Beberapa Isolat *Trichoderma asperellum* dalam Mengendalikan Nematoda Puru Akar (*Meloidogyne* spp.) pada Tanaman Tomat”. Penulisan skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk meraih gelar Sarjana Pertanian di Universitas Lampung. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna dan mungkin tidak akan selesai tanpa bantuan dan arahan dari dosen pembimbing, rekan-rekan, dan juga semua pihak yang terlibat dalam proses penelitian dan penulisan skripsi. Oleh karena itu, perkenankan penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P. selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung, yang telah memberikan fasilitas dalam penelitian dan penyusunan skripsi,
2. Dr. Yuyun Fitriana, S.P., M.P., selaku Ketua Jurusan Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung (periode 2019-2024), selaku pembimbing kedua dan pembimbing akademik yang selalu memberikan masukan dalam penulisan skripsi dan motivasi dalam menjalani perkuliahan serta telah memberikan fasilitas dalam penelitian dan penyusunan skripsi,
3. Dr. Tri Maryono, S.P., M.Si., selaku Ketua Jurusan Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung yang selalu memberikan fasilitas dalam penelitian dan penyusunan skripsi,

4. Prof. Dr. Ir. I Gede Swibawa, M.S., selaku pembimbing pertama skripsi yang selalu memberikan arahan dan masukan selama penelitian berlangsung dan penulisan skripsi ini,
5. Dr. Radix Suharjo, S.P., M.Agr., selaku pembahas dan pembina HIMAPROTEKTA yang memberi isolat jamur uji dan selalu memberikan arahan dan masukan terkait penelitian maupun organisasi,
6. Keluarga besar Laboratorium Bioteknologi Fakultas Pertanian Universitas Lampung Mba Tari, Mba Yeyen, dan Bang Nando yang selalu membantu penulis dalam melaksanakan penelitiannya,
7. Kedua orang tua penulis yaitu Bapak Ledy Hariswan dan Ibu Sri Aryani yang telah mendorong dan menjadi semangat saya dalam perkuliahan dan menyelesaikan skripsi ini, dan
8. Kakak dan adik penulis yaitu Anindya Nur Rahmi dan Aulia Dita Maharani yang selalu mendorong penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.
9. Keluarga besar HIMAPROTEKTA yang selalu menjadi semangat dalam menjalani perkuliahan,
10. Teman-teman Proteksi Tanaman angkatan 19 yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu yang telah membantu,
11. Kakak dan adik tingkat Jurusan Proteksi Tanaman Fakultas Pertanian Universitas Lampung yang selalu menjadi semangat,

Dengan segenap ketulusan hati, penulis hanya mampu mengucapkan terimakasih kepada seluruh pihak dan semoga diberikan balasan yang istimewa oleh Sang Pencipta kelak. Semoga tulisan ini dapat memberikan manfaat untuk setiap orang yang membacanya.

Penulis

Adit Pramudya Ardi
1954191008

DAFTAR ISI

	halaman
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	xii
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang dan Masalah	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	4
1.3 Kerangka Berpikir	4
1.4 Hipotesis	5
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Klasifikasi dan Morfologi Tanaman Tomat	6
2.2 Agensi Hayati	7
2.3 <i>Trichoderma</i> sp.....	8
2.4 Nematoda Puru Akar (NPA).	10
BAB III. BAHAN DAN METODE	12
3.1 Waktu dan Tempat	12
3.2 Alat dan Bahan	12
3.3 Metode Penelitian.....	14
3.4 Pelaksanaan Penelitian	14

3.4.1 Pembuatan Media PDA	15
3.4.2 Perbanyakkan Jamur <i>Trichoderma asperellum</i>	15
3.4.3 Persiapan Media Tanam.....	16
3.4.4 Penyiapan Bibit Tomat	16
3.4.5 Aplikasi Trichoderma	16
3.4.5 Penyiapan Telur Nematoda.....	16
3.4.6 Inokulasi Telur Nematoda	17
3.5 Perawatan Tanaman Tomat	17
3.5.1 Penyiraman dan pemupukan Tanaman	17
3.5.3 Pemasangan Ajir dan Pengendalian Gulma.....	18
3.6 Variabel Pengamatan.....	18
3.6.1 Pegamatan Pertumbuhan Tanaman.....	18
3.6.2 Populasi Nematoda dari Tanah dan Akar	19
3.6.3 Penghitungan Populasi Nematoda	21
3.6.4 Kerusakan Akar, jumlah puru dan massa telur	21
3.7 Analisis Data	23
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	24
4.1 Hasil Pengamatan	24
4.1.1 Kerusakan Akar	24
4.1.2 Pertumbuhan Tanaman	30
4.2 Pembahasan	33
BAB V. SIMPULAN DAN SARAN.....	37
5.1 Simpulan.....	37
5.2 Saran	37
DAFTAR PUSTAKA	38
LAMPIRAN.....	42

DAFTAR TABEL

Tabel	halaman
1. Kode, asal, dan tahun isolasi isolat <i>T. asperellum</i> yang digunakan dalam penelitian ini.....	13
2. Skala kerusakan atau puru akar menurut (Zeck 1971).....	22
3. Kerusakan akar tanaman tomat 15 MST yang diinfestasi nematoda puru akar dan diberi perlakuan beberapa isolat jamur <i>T. asperellum</i> (skoring)	25
4. Jumlah puru akar dan massa telur NPA pada tanaman tomat yang diinfestasi nematoda puru akar dan diberi perlakuan beberapa isolat jamur <i>T. asperellum</i>	28
5. Populasi J2 (Juvenile 2) NPA pada akar dan tanah pada tanaman tomat yang diinfestasi nematoda puru akar dan diberi perlakuan beberapa isolat jamur <i>T. asperellum</i>	29
6. Tinggi tanaman tomat yang diinfestasi nematoda puru akar dan diberi perlakuan beberapa isolat <i>T. asperellum</i>	30
7. Jumlah daun tanaman tomat yang diinfestasi nematoda puru akar dan diberi perlakuan beberapa isolat <i>T. asperellum</i>	31
8. Berat brangkasan kering tanaman tomat 15 MST yang diinfestasi nematoda puru akar dan diberi perlakuan beberapa isolat jamur <i>T.asperellum</i>	32
9. Jumlah buah tanaman tomat yang diinfestasi nematoda puru akar dan diberi perlakuan beberapa isolat jamur <i>T. asperellum</i>	35

DAFTAR GAMBAR

Gambar	halaman
1. Jamur <i>T.asperellum</i> pada media beras	13
2. Tata letak satuan percobaan P0=Kontrol, P1=Isolat SPV, P2= Isolat 30 Gy T111, P3= Isolat WT1, P4= Isolat WT3, P5= Isolat 30 Gy TH3, U1= Ulangan 1, U2= Ulangan 2, U3= Ulangan 3, U4= Ulangan 4, U5= Ulangan.....	14
3. Skor dan kriteria kerusakan akar terserang NPA menurut (Zeck 1971).....	23
4. Skor tingkat kerusakan akar tanaman yang terserang NPA (<i>Meloidogyne</i> spp.), (A) Skor 1, (B) Skor 2, (C) Skor 3, (D) Skor 4, (E) Skor 5, (F) Skor 6, (G) Skor 7, (H) Skor 8.....	25
5. Akar tanaman tomat berpuru dan massa telur nematoda puru akar (<i>Meloidogyne</i> spp.); (A) Puru akar pada tanaman tomat, (B) massa telur NPA (<i>Meloidogyne</i> spp.) pada puru akar tanaman tomat	27
6. Stadium juvenile 2 (j-2) <i>Meloidogyne</i> spp. dibawah mikroskop streo binokuler perbesaran 60 x	29

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Tanaman hortikultura merupakan salah satu komoditi pertanian yang mempunyai peluang besar untuk dikembangkan. Tanaman hortikultura meliputi tanaman buah-buahan, sayur-sayuran, obat-obatan serta tanaman hias (Pitaloka, 2020).

Meningkatnya kesadaran masyarakat terhadap produk hortikultura diikuti peningkatan konsumsi produk ini. Perkembangan teknologi memudahkan budidaya tanaman hortikultura.

Tomat merupakan salah satu tanaman hortikultura penting karena memiliki banyak manfaat. Buah tomat memiliki cita rasa yang unik, mengandung vitamin dan mineral yang tinggi. Tomat segar merupakan bahan pembuatan saus, kosmetik, bahkan sebagai bahan obat-obatan. Tiap 100 g buah tomat mengandung vitamin C 40 mg, vitamin A 1500 SI, vitamin B 60 mg, kalori 30 kal, protein 1 g, lemak 0,3 g, karbohidrat 4,2 g, zat besi 0,5 mg, dan kalsium 5 mg (Rahmawati, 2011). Di Indonesia buah tomat banyak diminati dan permintaan pasarnya tinggi (Halid, 2021). Oleh karena itu, upaya perbaikan budidaya tanaman tomat untuk peningkatan produktivitas dan mutu produksinya perlu dilakukan.

Budidaya tanaman tomat di Indonesia masih belum optimum dikarenakan banyaknya organisme pengganggu tumbuhan (OPT). Salah satu OPT penting pada tanaman tomat adalah nematoda puru akar (*Meloidogyne* spp.). Nematoda ini menyerang perakaran dan menyebabkan bagian akar membengkak sehingga mengganggu fungsi akar. Pada bagian akar yang membengkak atau terinfeksi terdapat nematoda yang hidup di dalamnya (Dropkin, 1992).

Nematoda puru akar betina hidup dalam jaringan akar, menetap dan menyebabkan terbentuk puru. Akar yang terserang nematoda akan menjadi sumber makanan nematoda betina dan pada jaringan tempat nematoda menetap terjadi proses *hypertrophy* atau *hyperplasia*. *Hypertrophy* adalah fenomena bertambahnya ukuran sel yang menyebabkan terbentuk sel raksasa (*giant cell*), sedangkan *hyperplasia* adalah bertambahnya jumlah sel karena terjadi pembelahan sel yang cepat. Terbentuknya puru akar ini mengganggu fungsi akar dalam menyerap air dan unsur hara (Ravichandra, 2014).

Selama siklus hidupnya, nematoda puru akar menghasilkan telur yang terbungkus matriks gelatin. Nematoda puru akar betina menghasilkan banyak telur, umumnya nematoda betina dapat menghasilkan 500-1000 telur. Telur yang terbungkus matriks gelatin dapat bertahan di dalam tanah dan perakaran inangnya walaupun kondisi kekeringan (Ravichandra, 2014). Sifat seperti ini, yang menyebabkan nematoda puru akar cepat meningkat populasinya dan sulit dikendalikan.

Pengendalian nematoda puru akar pada tanaman tomat dapat dilakukan secara kimiawi dan hayati. Pengendalian kimiawi menggunakan nematisida kimiawi sintetik, sedangkan pengendalian hayati menggunakan agensi hayati. Pengendalian kimiawi terbukti efektif, tetapi penggunaan nematisida kimiawi yang berlebihan dapat memberikan dampak negatif bagi lingkungan dan kesehatan masyarakat. Penggunaan agensi hayati menjadi alternatif dalam teknik pengendalian nematoda puru akar yang aman terhadap lingkungan dan kesehatan. Pengendalian hayati adalah teknik pengendalian yang menggunakan agensi hayati yaitu musuh alami atau biota

antagonis nematoda puru akar. *Trichoderma* sp. merupakan salah satu agensi hayati yang dilaporkan dapat mengendalikan nematoda puru akar pada tanaman tomat. Oleh karena itu, potensi *Trichoderma* sp. semakin meningkat untuk dikembangkan sebagai agen pengendalian hayati (*biocontrol*) nematoda puru akar yang aman terhadap lingkungan dan kesehatan masyarakat (Moo-Koh *et al.*, 2022).

Potensi *Trichoderma* sp. dilihat dari kemampuannya memproduksi berbagai macam metabolit seperti antibiotik dan senyawa enzim yang bersifat antagonis. Jamur ini juga dapat mengkolonisasi rizhosfer tanaman. Selain sebagai pengendali nematoda, *Trichoderma* sp. juga dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman inang (Syahrok dkk., 2021). Enzim kitinase, glukonase, dan protease yang dihasilkan jamur ini berperan dalam proses parasitasi dan dalam mengambat menetasnya telur nematoda. *Trichoderma* sp. juga memiliki kemampuan mengkoloni permukaan akar dan jaringan korteks, sehingga jamur ini dapat menahan infeksi nematoda puru akar (Rachman dkk., 2020).

Selain mengendalikan populasi nematoda, *Trichoderma* sp. juga dapat meningkatkan ketahanan tanaman. Jamur *Trichoderma* sp. dapat berperan untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman. Jamur *Trichoderma* sp. dapat merangsang pertumbuhan tanaman dengan cara meningkatkan kemampuan akar menyerap unsur hara karena infeksi jamur ini pada bagian akar tanaman. Jamur *Trichoderma* dapat berperan sebagai penyubur tanah, jamur ini berperan sebagai dekomposer bahan organik di dalam tanah. Pemberian *Trichoderma* sp. memberikan pengaruh positif terhadap pertumbuhan vegetatif dan perkembangan generatif tanaman. Tanaman yang diaplikasi *Trichoderma* sp. tumbuh lebih cepat dan berbunga lebih banyak (Rizal dkk., 2019). Tanaman yang tumbuh sehat akan lebih toleren terhadap serangan nematoda puru akar.

Di Laboratorium Bioteknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung tersimpan beberapa koleksi isolat *T. asperellum* yang diambil dari beberapa lokasi di Provinsi Lampung. Isolat *T. asperellum* yang tersimpan di laboratorium tersebut belum diuji keefektifannya sebagai pengendali nematoda puru akar dan sebagai pemacu pertumbuhan tanaman. Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, beberapa masalah penelitian dapat dirumuskan sebagai berikut: 1) bagaimana pengaruh aplikasi *Trichoderma* sp. dalam mengendalikan populasi nematoda puru akar?, dan 2) apakah *Trichoderma* sp. dapat berperan sebagai pengatur pertumbuhan tanaman tomat?

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah :

1. Mempelajari pengaruh aplikasi beberapa isolat *T. asperellum* terhadap populasi nematoda puru akar dan tingkat kerusakan tanaman tomat, dan
2. Mengetahui peranan beberapa isolat *T. asperellum* sebagai pemacu pertumbuhan tanaman tomat.

1.3 Kerangka Berpikir

Agensi hayati adalah musuh alami atau organisme antagonis bagi organisme pengganggu tumbuhan (OPT) termasuk nematoda. Agensi hayati dari kelompok mikroba seperti jamur mempunyai potensi mengendalikan populasi nematoda parasit tumbuhan, serta memiliki kemampuan dalam mengkolonisasi perakaran tanaman yang dapat meningkatkan toleransi tanaman terhadap serangan nematoda parasit tumbuhan. Penggunaan agensi hayati dari kelompok jamur bertujuan untuk mengendalikan populasi nematoda parasit tumbuhan sehingga tidak menyebabkan kerusakan tanaman. Aplikasi agensi hayati ini, selain berpengaruh terhadap nematoda dan tanaman, juga berpengaruh terhadap lingkungan. Dalam interaksi jamur agensi hayati dengan tanaman, tanaman menyediakan nutrisi bagi jamur dalam bentuk

eksudat akar yang diperlukan untuk pertumbuhannya, sementara tanaman memperoleh perlindungan dari serangan nematoda (Lestari dkk., 2021).

Nematoda puru akar (*Meloidogyne* spp.) adalah spesies nematoda endoparasit tumbuhan yang menetap di dalam jaringan akar tanaman inangnya. Nematoda puru akar membentuk puru pada akar tanaman yang diserangnya, puru akar ini menghambat penyerapan air dan nutrisi oleh akar. Akibatnya tanaman tumbuh merana, timbul gejala klorosis pada daun, dan pada umumnya menyebabkan tanaman menjadi kerdil (Khotimah dkk., 2020).

Trichoderma sp. merupakan jamur antagonis terhadap mikroorganisme lainnya. Sifat antagonis jamur ini, menyebabkan jamur ini dapat digunakan sebagai agensi hayati (Jumadi dkk., 2021). Kemampuan *Trichoderma* sp. berperan sebagai agensi hayati karena mampu menginduksi ketahanan tanaman inang serta memproduksi antibiotik berspektrum luas yaitu *phytoxin viridol*. Kemampuan sebagai agensi hayati tersebut mungkin juga dapat digunakan untuk mengendalikan nematoda puru akar. Mekanisme pengendaliannya yaitu melalui peningkatan ketahanan tanaman dan pengendalian populasi nematoda puru akar karena pengurangan kemampuan nematoda ini dalam memperbanyak diri (Indarti dan Rahayu, 2014).

1.4 Hipotesis

1. Aplikasi beberapa isolat *T. asperellum* mempengaruhi populasi nematoda puru akar dan tingkat kerusakan tanaman tomat, dan
2. Beberapa isolat *T. asperellum* berperan sebagai pemacu pertumbuhan pada tanaman tomat.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Klasifikasi dan Morfologi Tanaman Tomat

Tomat (*Solanum lycopersicum*) merupakan salah satu tanaman hortikultura yang sangat diminati di Indonesia. Tanaman tomat dimanfaatkan sebagai bahan sayuran pokok atau bahan tambahan dalam masakan. Klasifikasi tanaman tomat sebagai berikut (USDA, 2024):

Kingdom	: Plantae
Subkingdom	: Tracheobionta
Superdivisi	: Spermatophyta
Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Magnoliopsida
Subkelas	: Asteridae
Ordo	: Solanales
Famili	: Solanaceae Juss
Genus	: <i>Solanum</i> L
Spesies	: <i>Solanum lycopersicum</i>

Tanaman tomat mempunyai akar tunggang, akar cabang, serta akar serabut. Perakaran tanaman tomat tidak menyebar terlalu dalam yaitu sekitar 60 -70 cm dari permukaan tanah. Akar tanaman tomat mempunyai fungsi sebagai penopang dan menyerap air serta unsur hara yang berada di dalam tanah (Pitojo, 2005). Tanaman tomat mempunyai batang tegak, berkayu lemah, dan berbentuk silindris dengan permukaan berbulu halus, serta memiliki banyak percabangan yang sering merambat

atau menjalar. Daun tomat adalah daun majemuk menyirip dengan helai daun berbentuk oval hingga lanset, memiliki tepi bergerigi, dan permukaan daun yang berbulu halus. Buah tomat merupakan buah buni yang berbentuk bulat hingga oval, dengan warna yang bervariasi dari hijau, kuning, hingga merah saat matang. Buahnya memiliki daging yang berair, biji yang banyak, dan kulit yang halus (Gunadi, 2015).

Batang tanaman tomat berbentuk bulat dan pada bagian yang muda cenderung berambut biasa dan berkelenjar serta berdaun yang bentuknya khas. Batang tanaman tomat mudah patah, oleh karena itu dalam budidaya tanaman ini, batang dibantu beberapa penopang yang diikatkan di batang tanaman tomat. Tanaman tomat memiliki daun dengan bentuk yang khas, yaitu berbentuk oval, bergerigi, dan mempunyai celah menyirip. Daun yang berwarna hijau serta berbulu mempunyai panjang sekitar 20-30 cm dan lebar 15-20 cm. Daun tomat tumbuh di ujung dahan atau cabang (Rismunandar, 2001).

Tanaman tomat memerlukan kondisi lingkungan yang optimal untuk pertumbuhan dan produksi buah yang baik. Tanaman tomat dapat ditanaman di dataran rendah atau tinggi, tanah yang cocok untuk tanaman tomat yaitu tanah yang gembur, porus, subur, dan tanah liat yang mengandung pasir, pH tanah yang cocok untuk tanaman tomat berkisar antara 5-6. Tanaman tomat tumbuh baik di daerah yang memiliki curah hujan 750-1250 mm/tahun, curah hujan yang tinggi dapat menghambat pertumbuhan tanaman tomat. Kelembaban yang dibutuhkan tanaman tomat sekitar 25 % akan dapat merangsang pertumbuhan tanaman tomat karena asimilasi CO₂ menjadi lebih baik (Efendi dan Rasdanelwati, 2020).

2.2 Agensi Hayati

Agensi hayati adalah setiap organisme yang dapat menghambat atau mengendalikan populasi organisme pengganggu tumbuhan (OPT). Suatu organisme dapat dikatakan menjadi agensi hayati bagi patogen tanaman jika organisme tersebut mempunyai kemampuan antagonisme terhadap patogen tersebut. Beberapa golongan organisme yang dapat menjadi agensi hayati yaitu bakteri, jamur, actinomycetes dan virus.

Mikroorganisme ini telah terbukti keefektifannya dalam menghambat penyakit tanaman, dan diantaranya sudah diformulasikan dalam bentuk biopestisida. Beberapa mikroorganisme yang telah digunakan sebagai agensi hayati antara lain *Bacillus* spp., *Trichoderma* spp., dan *Gliocladium* spp. Agensi hayati yang berasal dari actinomycetes yaitu *Streptomyces* spp. Mikroorganisme ini mengandung antibiotik yang efektif mengendalikan *Ralstonia solani* dan *Fusarium oxysporum* (Patara, 2019).

Penggunaan agensi hayati dimaksudkan untuk menggantikan penggunaan pestisida sintetik dalam mengendalikan OPT. Penggunaan agensi hayati adalah pengendalian yang bersifat biologis, yang tidak berdampak negatif terhadap lingkungan sehingga keseimbangan ekosistem terjaga (Helmi dkk., 2015). Menurut Patara (2019) penggunaan agensi hayati dalam pengendalian penyakit tanaman pada umumnya bertujuan untuk mengurangi jumlah patogen, kemudian menekan kemampuan patogen dalam menginfeksi inangnya serta mengurangi keparahan penyakit yang ditimbulkan oleh patogen.

2.3 *Trichoderma* sp.

Trichoderma sp. adalah jamur yang dikenal luas karena kemampuannya sebagai agensi hayati terhadap berbagai penyakit tanaman dan meningkatkan resistensi tanaman terhadap penyakit. Jamur ini berinteraksi dengan tanaman inang dan patogen melalui berbagai mekanisme untuk mencegah pertumbuhan dan perkembangan patogen (Vinale *et al.*, 2008). Menurut Harman *et al.* (2004), *Trichoderma* sp. tidak hanya mengendalikan patogen tanaman tetapi juga dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman dan meningkatkan ketahanan lingkungannya. *Trichoderma* sp. mampu mengendalikan patogen melalui berbagai mekanisme seperti kompetisi, antibiosis, dan aktivasi sistem pertahanan tanaman. Kemampuan ini berasal dari fakta bahwa

Trichoderma sp. menghasilkan senyawa bioaktif seperti enzim hidrolitik dan metabolit sekunder yang memiliki efek antagonis terhadap patogen. *Trichoderma* sp. dapat digunakan untuk bioremediasi tanah yang tercemar dan untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman melalui solubilisasi mineral.

Klasifikasi ilmiah jamur *Trichoderma* spp. 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	: <i>Trichoderma</i>
Spesies	: <i>Trichoderma</i> spp.

Terdapat beberapa spesies *Trichoderma* diantaranya: *Trichoderma piluliferum*, *T. polysporum*, *T. hamatum*, *T. koningii*, *T. aureoviride*, *T. harzianum*, *T. longibrachyatum*, *T. pseudokoningii* dan *T. viridae* (Jumadi dkk., 2021).

Jamur *T. asperellum* adalah salah satu spesies yang mempunyai konidia bertekstur kasar atau sering disebut verrukosa seperti yang terdapat di dalam kelompok *T. viride*. Konidia jamur ini memiliki proyeksi seperti sayap atau bulat dari dinding luar. Konidia *T. asperellum* mempunyai pigmen yang khas dan bervariasi, ada konidi yang tidak berpigmen atau transparan, berwarna coklat, atau abu-abu, tetapi pada umumnya mempunyai pigmen yang berwarna hijau. *T. asperellum* dewasa memiliki pigmen berwarna hijau gelap. Chlamydospores jamur ini pada umumnya berbentuk globose atau elipsoidal, terminal dan intercalary, berdinding halus, kekurangan pigmen, kekuningan atau kehijauan, dan memiliki diameter 6-15 µm pada sebagian besar spesies (Jumadi dkk., 2021).

Trichoderma sp. juga diketahui dapat mengendalikan nematoda puru akar. *Trichoderma* sp. mengkoloni dan merusak telur dan stadium lain dalam siklus hidup nematoda. Jamur ini menghasilkan substansi toksik atau antibiotik terhadap telur nematoda sehingga telur nematoda tidak berkembang dengan baik. Jamur ini mempunyai aktivitas yang bersifat nematisidal, yaitu mengendalikan mobilitas larva stadium ke-2 nematoda puru akar. Isolat *Trichoderma* sp. yang diisolasi dari rizosfer tanaman yang terserang nematoda mempunyai patogenesisitas tinggi terhadap nematoda puru akar (Indarti dan Rahayu, 2014).

2.4 Nematoda Puru Akar (NPA)

Nematoda puru akar (*Meloidogyne* spp.) merupakan nematoda parasit tumbuhan yang bersifat parasit obligat bagi tanaman dengan kisaran inang yang luas. Nematoda puru akar dapat menyerang sekitar 2000 spesies tanaman. Serangan nematoda puru akar dapat menyebabkan berkurangnya fungsi akar tanaman secara normal. Serangan nematoda puru akar mengganggu proses pengangkutan unsur hara di dalam jaringan akar. Serangan nematoda ini menyebabkan terbentuknya puru akar. Tanaman yang terserang nematoda puru akar akan menjadi kerdil, mengalami klorosis, layu serta daun berguguran (Syahid *et al.*, 2021). Terbentuknya gall atau puru akar dikarenakan infeksi nematoda yang menyebabkan akar mengalami hipertrofi atau hiperplasia yaitu pembengkakan jaringan akar tanaman serta pembelahan sel atau pembesaran sel secara berlebihan (Suciyananda, 2017).

Klasifikasi nematoda puru akar (NCBI, 2024) :

Kingdom : Animalia
 Filum : Nematoda
 Kelas : Chromadorea
 Ordo : Rhabditida
 Famili : Meloidogynidae
 Genus : *Meloidogyne*
 Spesies : *Meloidogyne* spp.

Secara umum siklus hidup nematoda dimulai dari fase telur, juvenile 1 sampai 4, dan nematoda dewasa. Telur nematoda berbentuk oval memanjang, fase juvenile 1 terbentuk di dalam telur, fase juvenil 2 berbentuk cacing (*vermiform*) dan berkembang menjadi juvenil 3. Nematoda betina pada umumnya mempunyai posterior yang membulat dan menetap di dalam jaringan tanaman. Spesies *M. incognita* memiliki ciri pola perineal khas berupa lengkungan dorsal yang tinggi dan menyempit, pola *striae* terlihat kasar dan bergelombang, serta tidak memiliki garis lateral, dan berbentuk bulat (Kurniawati dkk., 2017). Nematoda betina dewasa mempunyai leher pendek dan tanpa ekor, memiliki stilet dengan panjang 12-15 μm , dan memiliki pangkal knob yang jelas. Nematoda betina meletakkan telur-telurnya di dalam massa telur dalam matriks gelatin yang terdapat pada bagian posterior di luar tubuh nematoda betina. Matriks gelatin ini disekresikan oleh sel-sel kelenjar rektum (Suciyananda, 2017).

Siklus hidup nematoda puru akar (*Meloidogyne spp.*) dimulai dari telur yang diletakkan oleh betina di dalam atau di sekitar jaringan akar inang. Telur-telur ini menetas menjadi larva stadium kedua (L2), yang merupakan stadium infeksi. Larva L2 bergerak menuju akar tanaman inang, menembus jaringan akar, dan menetap di dalam korteks akar. Di sini, larva L2 mengalami beberapa kali pergantian kulit menjadi larva stadium ketiga (L3) dan keempat (L4), sebelum akhirnya berkembang menjadi nematoda dewasa (Perry *et al.*, 2009). Nematoda jantan hidup di dalam tanah dan biasanya berasosiasi dengan jamur dan bakteri patogen. Nematoda betina hidup di dalam jaringan akar dan mendapatkan sumber makanan dari dalam akar yang menyebabkan akar membentuk *gall* atau puru. Tanaman yang terinfeksi akan terganggu pertumbuhannya karena sistem perakaran yang menunjang pertumbuhan tanaman terganggu (Ravichandra, 2014).

III. BAHAN DAN METODE

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni 2023 hingga Februari 2024. Penelitian dilaksanakan di rumah kaca Laboratorium Lapangan Terpadu Fakultas Pertanian Universitas Lampung, Laboratorium Bioteknologi Pertanian, dan Laboratorium Ilmu Hama Tumbuhan, Jurusan Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

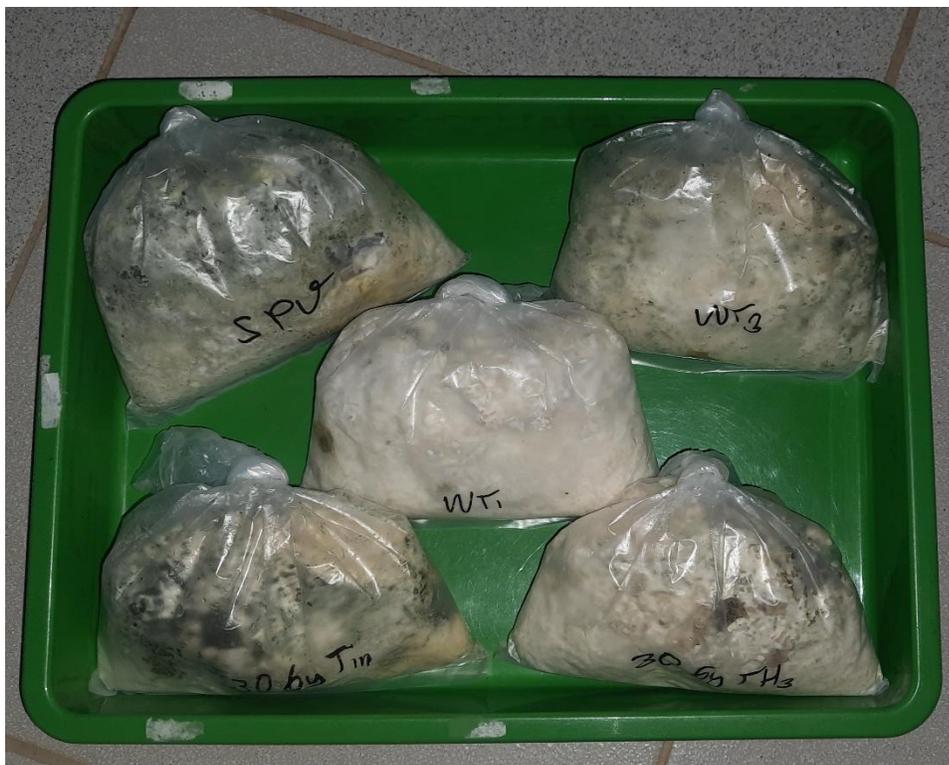
Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu cawan petri, erlenmeyer, autoklaf, oven, *Laminar Air Flow* (LAF), gunting, pisau, jarum ose, bunsen, mikroskop stereo binokuler (Leica EZ40 HD), nampan plastik, mikropipet, timbangan, *handtally counter*, saringan 1 mm, 5,3 μm , 3,8 μm , mortar, *sentrifuge*, dan tabung *sentrifuge*.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu *polybag*, *tissue*, *plastic wrap*, *Potato Dextrose Agar* (PDA), isolat *T. asperellum* dengan kode SPV, 30 Gy T111, WT1, WT3, dan 30 Gy TH3 (Tabel 1 dan Gambar 1), benih tomat (varietas umami), spritus, alkohol, klorok, tanah, pasir, aquades, gula, asam laktat, agar batang, plastik tahan panas dan pupuk NPK.

Tabel 1. Kode asal, dan tahun isolasi isolat *T. asperellum* yang digunakan dalam penelitian ini

No	Kode isolat	Asal isolat	Tahun isolasi
1.	SPV	Rizosfer tanaman karet (Balitgetas)	2016
2.	30 Gy T111	Hasil iradiasi sinar gamma	2016
3.	WT1	Rizosfer tanaman nanas	2015
4.	WT3	Rizosfer tanaman nanas	2015
5.	30 Gy TH3	Hasil iradiasi sinar gamma	2016

Sumber: Adi (2020).



Gambar 1. Lima isolat jamur *T. asperellum* yang ditumbuhkan pada media beras.

3.3 Metode Penelitian

Percobaan dilakukan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 6 perlakuan dan 5 ulangan. Tata letak satuan percobaan disajikan pada Gambar 2. Perlakuan yang dicobakan yaitu 5 isolat jamur *T. asperellum* yaitu; isolat spv, isolat 30 Gy T111, isolat WT1, isolat WT3, isolat 30 Gy TH3 dan 1 kontrol tanpa jamur *Trichoderma*. Dosis aplikasi jamur adalah 40 g biakan pada beras tiap polybag berisi 3 Kg media tanam.

P3 U5	P4 U1	P0 U4	P1 U5	P5 U4	P4 U5
P3 U3	P2 U1	P0 U2	P0 U1	P1 U4	P4 U4
P2 U3	P5 U2	P5 U1	P5 U3	P1 U3	P1 U2
P2 U5	P3 U4	P3 U2	P5 U5	P4 U3	P0 U5
P0 U3	P1 U1	P2 U2	P2 U4	P4 U2	P3 U1

Gambar 2. Tata letak satuan percobaan: P0=Kontrol, P1=Isolat SPV, P2= Isolat 30 Gy T111, P3= Isolat WT1, P4= Isolat WT3, P5= Isolat 30 Gy TH3, U1= Ulangan 1, U2= Ulangan 2, U3= Ulangan 3, U4= Ulangan 4, U5= Ulangan 5 dst.

3.4 Pelaksanaan Penelitian

Langkah-langkah dalam penelitian ini meliputi pembuatan media PDA, peremajaan dan perbanyakkan *T. asperellum*, persiapan bibit tanaman tomat, penyiapan media tanam, *Transplanting* bibit tanaman, penyiapan telur dan infestasi telur nematoda puru akar, perawatan tanaman, pengukuran variabel pengamatan.

3.4.1 Pembuatan Media PDA

Potato Dextrose Agar (PDA) dibuat dari kentang, sukrosa, dan agar. Untuk membuat 1000 mL media PDA dibutuhkan 200 g kentang yang direbus dengan aquades sampai mendidih. Air rebusan kentang dimasukkan ke dalam tabung erlenmeyer yang sudah diisi agar batang sebanyak 20 g, dan sukrosa sebanyak 20 g. Setelah agar batang mencair, erlenmeyer kemudian ditutup menggunakan *aluminium foil*, disterilkan menggunakan autoklaf pada suhu 121 °C dan tekanan 1 atm selama 15 menit. Setelah disterilkan, agar ditambah asam laktat sebanyak 1,4 mL, kemudian dituangkan ke dalam cawan petri dan disimpan di dalam showcase.

3.4.2 Peremajaan dan Perbanyakan Jamur *T. asperellum*.

Jamur *T. asperellum* diremajakan pada media PDA. Isolat jamur *T. asperellum* diambil dari koleksi Laboratorium Bioteknologi Fakultas Pertanian menggunakan jarum ose secara aseptis di dalam *Laminar Air Flow*, jamur diinkubasi selama 7 hari. Selanjutnya, jamur *T. asperellum* diperbanyak menggunakan media beras. Beras yang dibutuhkan sebanyak 2 Kg, beras dimasak sampai setengah matang, setelah dingin beras kemudian dimasukkan ke dalam plastik 1 Kg. Setiap cawan petri *T. asperellum* dibagi menjadi empat bagian, sehingga satu isolat dapat dimasukkan ke dalam empat kantung media beras. Isolat yang sudah dimasukkan ke dalam kantung plastik dicampurkan secara merata, dan kantung plastik diikat dan diinkubasi pada suhu ruang selama 10 hari. Jamur yang berhasil tumbuh dicirikan dengan tumbuhnya jamur *T. asperellum* yang berwarna hijau pada media beras. *T. asperellum* pada media beras ini yang diaplikasikan 3 hari sebelum transplanting tanaman tomat, dengan cara ditaburkan pada lubang sedalam 5 cm pada media tanam.

3.4.3 Persiapan Media Tanam

Media tanam terdiri dari campuran tanah dan pasir dengan perbandingan 3:1 steril. Media tanam ini dimasukkan ke dalam plastik tahan panas berkapasitas 5 Kg, dikukus menggunakan drum besar selama 4 jam. Setelah didinginkan media tanam steril dimasukkan ke dalam polybag kapasitas 3 Kg. Setiap polybag diisi 3 Kg media tanam.

3.4.4 Penyiapan dan Penanaman benih Tomat

Varietas tomat yang digunakan pada percobaan ini adalah varietas Umami. Benih tomat disemaikan pada nampan yang diisi media tanah plus pasir dengan perbandingan volume 3:1 steril. Benih tomat ditanam pada lubang sedalam 1 cm kemudian ditutup kembali, nampan memuat 60 benih tomat. Penyiraman pagi dan sore dilakukan selama pemeliharaan bibit. Bibit tomat ditransplanting setelah berumur 2 minggu.

3.4.5 Aplikasi Trichoderma

Isolat jamur *T. asperellum* yang sudah dibiakkan di media beras diaplikasikan pada lubang tanam, sebelum transplanting bibit tomat. Pada setiap polybag dibuat lubang sedalam 5 cm pada media tanam. Pada setiap lubang tanam diaplikasikan 40 g biakan isolat jamur *T. asperellum* sesuai perlakuan. Lubang tanam yang diisi jamur kemudian ditutup kembali dan didiamkan selama 3 hari. Selanjutnya media tanam siap ditanami bibit tomat.

3.4.5 Penyiapan Telur Nematoda

Telur nematoda puru akar diekstraksi dari akar jambu biji kristal yang terserang nematoda di kebun jambu kristal Taman Ria Kecamatan Sumberejo Tanggamus Lampung. Akar tanaman bergejala puru yang menunjukkan terserang Nematoda Puru Akar (NPA) dikumpulkan dari pertanaman jambu biji kristal. Akar bergejala puru kemudian dicuci dengan air mengalir, dipotong dengan ukuran kurang lebih 1-2 cm.

Potongan akar ini dimasukkan ke dalam tabung erlenmeyer berkapasitas 500 mL yang diberi larutan Klorok (NaOCl) 1% (bahan pemutih 95 mL yang dilarutkan dalam 500 mL air). Potongan akar berpuru ini kemudian dikocok menggunakan shaker selama 10-15 menit sehingga telur nematoda puru akar dalam massa gelatin terlepas dari akar. Suspensi telur NPA dalam larutan klorok kemudian dibilas menggunakan air mengalir dengan bantuan saringan 3,8 μ m hingga larutan NaOCl 1% hilang yang dicirikan oleh bau klorok tidak tercium. Telur dalam suspensi dihitung di bawah mikroskop stereo binokuler menggunakan cawan petri berdiamter 6-7 cm bergaris untuk menentukan jumlah telur tiap mililiter suspensi.

Penghitungan 2000 telur nematoda dilakukan dengan cara mengambil suspensi telur nematoda menggunakan mikropipet sebanyak 3 mL, suspensi dituangkan ke dalam cawan petri bergaris dan dihitung menggunakan *handtaly counter* dibawah mikroskop binokuler dengan perbesaran 60x, dalam 3 mL terdapat 1000 telur nematoda

3.4.6 Infestasi Telur Nematoda

Setiap tanaman diinfestasi dengan 2000 telur nematoda, telur nematoda diinfestasikan pada tanaman tomat yang sudah berumur 3 minggu setelah transplanting menggunakan mikropipet. Untuk infestasi 2000 telur dibutuhkan 6 mL suspensi telur nematoda. Dari hasil penghitungan diketahui setiap 3 mL suspensi telur terdapat 1000 butir.

3.5 Perawatan Tanaman Tomat

Perawatan tanaman tomat meliputi penyiraman, pemupukan, pemasangan ajir dan pengendalian gulma

3.5.1 Penyiraman dan Pemupukan Tanaman

Tanaman tomat disiram secara rutin setiap hari, menggunakan botol aqua yang sudah dilubangi tutupnya, penyiraman dilakukan pagi dan sore setiap hari. Pemupukan

tanaman tomat dilakukan tiga kali yaitu saat tanaman berumur 2 , 5, dan 8 minggu setelah tanam (mst). Pemupukan menggunakan pupuk NPK (15:15:15) dengan dosis 30 g/tanaman, yang diberikan tiga kali yaitu 10 g/tanaman ketika tanaman berumur 2 mst, 10 g/tanaman ketika tanaman bermur 5 mst, dan 10 g/tanaman ketika tanaman berumur 8 mst. Pemupukan dilakukan dengan melubangi tanah sekitar tanaman sedalam 2-5 cm, pupuk NPK ditaburkan pada lubang kemudian ditutup kembali dengan tanah. Selanjutnya, setelah diberi pupuk tanaman disiram.

3.5.3 Pemasangan Ajir dan Pengendalian Gulma

Pemasangan ajir pada tanaman tomat dilakukan agar tanaman tomat tidak roboh. Ajir dibuat menggunakan bambu yang dibagi menjadi 4 bagian lalu dipotong dengan panjang sekitar 70-90 cm. Gulma dikendalikan dengan cara manual, gulma yang tumbuh dicabut dengan tangan, kemudian dikumpulkan dan dibuang

3.6 Variabel Pengamatan

Variabel yang diamati pada penelitian ini adalah pertumbuhan tanaman dan tingkat serangan nematoda. Pertumbuhan tanaman meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah buah, bobot brangkasan kering tanaman. Pengamatan tingkat serangan nematoda meliputi populasi nematoda pada akar dan tanah, skor kerusakan akar, jumlah puru dan massa telur nematoda.

3.6.1 Pengamatan Pertumbuhan Tanaman

Variabel pertumbuhan pada tanaman tomat meliputi berat brangkasan kering tanaman tomat, tinggi tanaman, jumlah daun tanaman, dan jumlah buah setiap satuan percobaan.

3.6.1.1 Tinggi Tanaman

Tinggi tanaman diukur pada ke minggu 4, 8, dan 12. Pengukuran dilakukan dari atas permukaan tanah sampai bagian tertinggi pada tanaman tomat dengan menggunakan meteran.

3.6.1.2 Jumlah Daun

Jumlah daun tanaman tomat dihitung pada minggu ke 4, 8, dan 12. Penghitungan jumlah daun dilakukan dengan cara menghitung seluruh daun setiap tanaman tomat

3.6.1.3 Brangkasan kering

Pengukuran bobot brangkasan kering tanaman dilakukan setelah panen, tanaman tomat dipotong-potong menjadi beberapa bagian dan dimasukkan ke dalam amplop. Selanjutnya brangkasan dioven pada suhu 80 °C selama 3 hari. Setelah di oven brangkasan kering tanaman tomat ditimbang menggunakan timbangan analitik.

3.6.1.4 Jumlah Buah Tanaman Tomat

Panen dilakukan setelah tanaman tomat berumur 100 hst. Jumlah buah tanaman tomat pada setiap satuan percobaan dihitung.

3.6.2 Populasi Nematoda dalam Tanah dan Akar

Nematoda dalam tanah diekstraksi dengan metode penyaringan bertingkat dan sentrifugasi menggunakan larutan gula. Saringan yang digunakan berukuran 1 mm, 5,3 μm , dan 3,8 μm . Larutan gula dibuat dari 500 g yang dilarutkan dalam air sehingga volume larutan 1000 mL. Sebanyak 300 cc sampel tanah dari setiap tanaman diekstraksi. Sampel tanah dimasukkan ke dalam ember kecil berukuran 2 L dan ditambah air sebanyak 2 L. Sampel tanah dalam air, kemudian dihancurkan secara manual dengan tangan sampai tidak ada gumpalan tanah yang tersisa. Setelah itu, sampel tanah dan air diaduk sampai terlarut dan didiamkan selama satu menit sampai terbentuk endapan. Kemudian, suspensi tanah disaring menggunakan saringan

1 mm dan filtratnya ditampung pada ember kedua, penyaringan ini dilakukan untuk memisahkan kotoran seperti batu dan akar tanaman. Setelah didiamkan selama 2-5 menit penyaringan kedua dilakukan dengan saringan 5,3 μm untuk menyaring kembali suspensi tanah pada ember kedua. Filtrat ditampung pada ember, dan tanah yang tertambat pada saringan 5,3 μm diambil dan disimpan di *Beaker glass*. Filtrat tanah pada ember kedua disaring kembali menggunakan saringan 3,8 μm , tanah yang tertambat di saringan diambil dan dicampur dengan suspensi tanah hasil penyaringan dengan saringan 5,3 μm . Suspensi tanah diaduk merata dan kemudian dimasukkan ke dalam tabung sentrifuge. Selama tiga menit suspensi tanah disentrifuge dengan kecepatan 3000 rpm. Filtrat dibuang, endapan tanah berupa pellet dicampur dengan larutan gula sebanyak 2 kali tinggi endapan. Pelet dan larutan gula diaduk sampai tercampur kemudian disentrifuge kembali dengan kecepatan 1500 rpm selama 1,5 menit. Filtrat hasil sentrifuge kedua yaitu suspensi nematoda dalam larutan gula dibilas dengan menggunakan saringan 3,8 μm dan suspensi nematoda yang tertambat di dalam saringan dimasukan ke dalam botol suspensi lalu diberi label.

Nematoda dari akar tanaman diekstraksi menggunakan metode corong *Bearman* yang dimodifikasi. Alat yang digunakan pada ekstraksi akar yaitu mangkuk dengan diameter 15 cm, saringan diameter 12-13 cm, saringan yang digunakan adalah saringan yang biasa digunakan untuk menyaring tepung halus dan *tissue* minyak. Saringan diletakan pada mangkuk kemudian diisi air sampai menggenang di dasar saringan, lalu *tissue* minyak diletakkan pada dasar saringan. Sebanyak 5 g sampel akar dicuci sampai bersih. Sampel akar yang sudah dicuci dipotong-potong berukuran 1-2 cm, kemudian dimaserasi (dihancurkan menggunakan mortar) sampai puru dan bagian akar hancur selama 10-15 menit. Akar yang sudah dimaserasi dimasukan ke dalam saringan yang diberi lapisan *tissue*, kemudian mangkuk diberi label sampel akar dan diinkubasi selama 48 jam pada suhu kamar. Nematoda akan keluar dan menembus saringan dan tertampung pada bagian bawah mangkuk. Setelah 48 jam nematoda dalam mangkuk disaring menggunakan saringan 3,8 μm , kemudian ditampung di dalam botol suspensi dan diberi label.

3.6.3 Penghitungan Populasi Nematoda

Suspensi 25 cc nematoda dibuat dengan cara memindahkan suspensi hasil saringan dengan pipet tetes ke dalam botol sampel, penghitungan populasi nematoda dari sampel akar dilakukan dengan mengambil 3 cc dari 25 cc suspensi nematoda. Dari suspensi ini diambil 3 cc kemudian suspensi dituangkan ke dalam cawan petri bergaris dan dihitung dibawah mikroskop binokuler dengan menggunakan *handtaly counter*, penghitungan diulang sebanyak 3 kali, kemudian dirata-rata untuk menentukan populasi nematoda tiap 3 cc. Populasi nematoda tiap 3 cc ini dikalikan dengan $25/3$, maka diperoleh populasi nematoda tiap 25 cc suspensi atau populasi nematoda tiap 5 g akar.

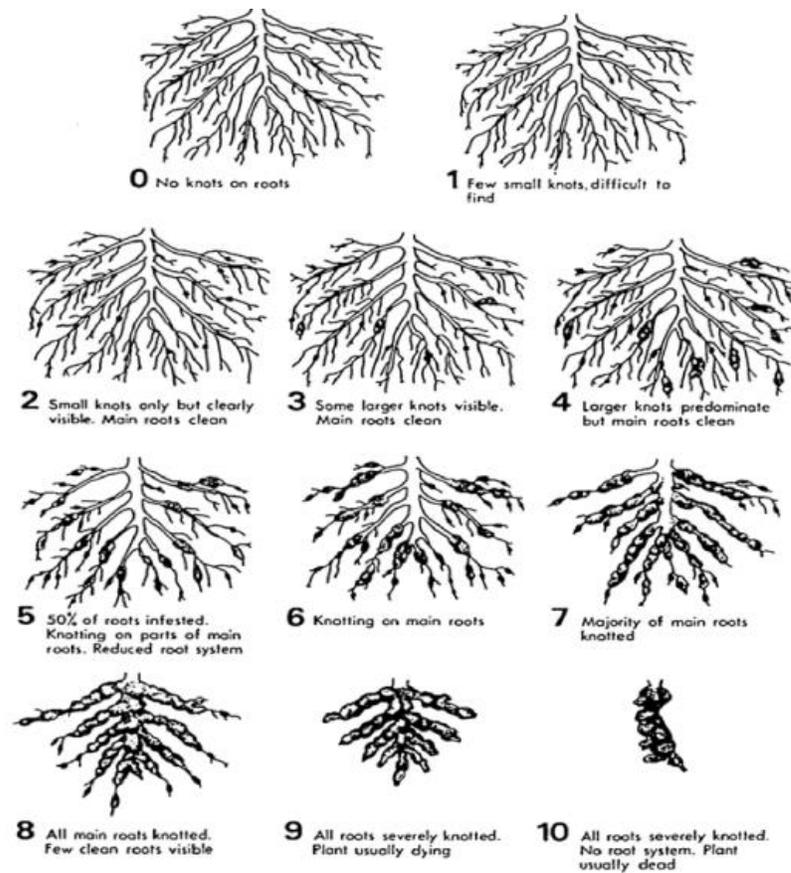
Demikian pula, suspensi nematoda hasil penyaringan dipindahkan dengan menggunakan pipet tetes kedalam botol sampel sebanyak 10 cc, penghitungan populasi nematoda dari sampel tanah dilakukan dengan cara mengambil suspensi sebanyak 3 cc dari 10 cc suspensi nematoda kemudian dituangkan ke dalam cawan petri bergaris dan dihitung dengan menggunakan *handtaly counter*. Penghitungan diulang sebanyak 3 kali, dan dicari rata-ratanya dan dikalikan $10/3$, maka diperoleh populasi nematoda untuk setiap 10 cc suspensi atau populasi nematoda tiap 300 cc tanah.

3.6.4 Kerusakan Akar, jumlah puru dan massa telur

Pengamatan kerusakan akar dilakukan ketika tanaman berumur 100 HST. Tanaman dibongkar, bagian akar dan batang tanaman tomat dipisahkan, bagian akar dicuci sampai bersih menggunakan air mengalir, kemudian diberi skor kerusakan menggunakan skala kerusakan akar atau puru akar menurut Zeck (1971) pada Tabel 2 dan visualisasi berdasarkan Gambar 3.

Tabel 2. Skala kerusakan atau puru akar menurut Zeck (1971)

Skala	Kriteria Terbentuknya Puru
0	Sistem akar sehat tanpa puru
1	Terdeteksi sedikit puru kecil (2%)
2	Sangat jelas tampak banyak puru kecil (4%)
3	Terdapat banyak puru kecil, beberapa menyatu dan tumbuh menjadi lebih besar tapi belum mempengaruhi fungsi akar
4	Terdapat banyak puru kecil dan beberapa puru besar, tetapi sebagian akar masih berfungsi
5	Sekitar 50 % sistem perakaran tidak berfungsi karena puru yang parah
6	Puru membesar di bagian akar utama dan sekelilingnya
7	Sebesar 75 % sistem perakaran tidak berfungsi karena puru yang parah
8	Tidak ada akar yang sehat terisisa, pertumbuhan pucuk terganggu, tetapi tanaman masih tampak hijau
9	Sistem perakaran dan puru membusuk, tanaman mati
10	Tanaman dan akar mati



Gambar 3. Skor dan kriteria kerusakan akar terserang NPA menurut Zeck (1971).

Pengamatan jumlah puru dilakukan untuk setiap 1 g akar tanaman. Setelah ditimbang, akar dicuci sampai bersih menggunakan air mengalir, kemudian dikeringkan menggunakan tisu. Selanjutnya akar diletakkan pada cawan petri bergaris dan dihitung jumlah puru di bawah mikroskop binokuler. Bersamaan dengan menghitung jumlah puru akar dihitung juga jumlah massa telur pada puru akar yang diamati.

3.7 Analisis Data

Data yang meliputi kerusakan akar tanaman tomat, populasi nematoda, jumlah massa telur nematoda, berat berangkasan, tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah buah dianalisis ragam (ANARA), dilanjutkan dengan Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf nyata 5%. Analisis data menggunakan bantuan program R-studio.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

1. Aplikasi isolat *T. asperellum* isolat efektif mengendalikan populasi nematoda dan tingkat kerusakan akar tanaman tomat yang diinfestasi nematoda puru akar (*Meloidogyne* spp.). Jamur *T. asperellum* isolat WT1 dan 30 Gy T111 lebih baik dibandingkan isolat lain yang diuji, dan
2. Aplikasi lima isolat jamur *T. asperellum* efektif dalam memacu pertumbuhan tanaman tomat yang diinfestasi nematoda puru akar (*Meloidogyne* spp.).

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini disarankan untuk melakukan penelitian mengenai mekanisme *Trichoderma* spp. sebagai agensi hayati dalam mengendalikan nematoda puru akar (*Meloidogyne* spp.).

DAFTAR PUSTAKA

- Adi, J. H. 2020. Uji kemampuan metabolit sekunder tiga isolat agensia hayati terpilih untuk menekan busuk pangkal batang lada (*Phytophthora capsici*) secara in planta. *Skripsi*. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Dropkin, V. H. 1992. *Pengantar Nematologi Tumbuhan (Terjemahan Supratoyo)*. Edisi Kedua. Gadjah mada University Press. Yogyakarta.
- Efendi, F. dan Rasdanelwati. 2020. Respon pertumbuhan tanaman tomat (*Lycopersicum escelentum* Mill) terhadap kombinasi pemberian pupuk organik POS, EP, dan ST. *Jurnal Hortuscoler*. 1(2): 63-69.
- Fan, H., Yao, M., Wang, H., Zhao, D., Zhu, X., Wang, Y., Liu, X., Duan, Y., and Chen, L. 2020. Isolation and effect of *Trichoderma citrinoviride* Snf1910 for the biological control of root-knot nematode, *Meloidogyne incognita*. *BMC Microbiol*. 20(1): 1-11.
- Gunadi, N. 2015. *Morfologi dan Anatomi Tanaman Tomat*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Halid, E. 2021. Pertumbuhan dan produksi tanaman tomat (*Lycopersecum esculentum* MILL) pada pemberian berbagai dosis bubuk cangkang telur. *Agroplanta: Jurnal Ilmiah Terapan Budidaya dan Pengelolaan Tanaman Pertanian dan Perkebunan*. 10(1): 59-66.
- Helmi, Sulistyanto, D., dan Purwatiningsih. 2015. Aplikasi agen pengendali hayati terhadap populasi hama (*Plutella xylostella* Linn dan *C. pavonana* Zell) Dan musuh alaminya pada tanaman kubis di Desa Kalibaru Kulon, Kab. Banyuwangi. *Jurnal Ilmu Dasar*. 16 (2): 26-32.
- Harman, G. E., Howell, C. R., Viterbo, A., Chet, I., and Lorito, M. (2004). *Trichoderma* species opportunistic, avirulent plant symbionts. *Nature Reviews Microbiology*. 2(1): 43-56.

- Indarti, S., dan Rahayu, B. TP. 2014. Potensi jamur parasit telur sebagai agens hayati pengendali nematoda puru akar *Meloidogyne incognita* pada tanaman tomat. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*. 18(2): 65-70.
- Jumadi, O., Junda, M., Caronge, W, M., dan Syafruddin. 2021. *Trichoderma dan pemanfaatan*. Biologi FMIPA UNM. Makassar.
- Khotimah, N., Wijaya, I. N., dan Sritamin, M. 2020. Perkembangan populasi nematoda puru akar (*Meloidogyne* spp.) dan tingkat kerusakan pada beberapa tanaman familia solanaceae. *Jurnal Agroekoteknologi Tropika*. 9(1): 23-31.
- Kurniawati, F., Supramana, dan Adnam, A. M. 2017. Spesies *Meloidogyne* penyebab puru akar pada sledri di Pacet, Cianjur, Jawa Barat. *Jurnal Fitopatologi Indonesi.*, 13(1): 26-30.
- Lestari, S. A., Kalsum, U., dan Ramdan, E. P. 2021. Efikasi beberapa agens hayati terhadap penekanan pertumbuhan *Pyricularia grisea* secara InVitro. *Agrosains : Jurnal Penelitian Agronomi*. 23(1): 31-36.
- Moo-Koh, F. A., Cristóbal-Alejo, J., Andrés, M. F., Martín, J., Reyes, F., Tun-Suárez, J. M., and Gamboa-Angulo, M. 2022. In vitro assessment of organic and residual fractions of nematicidal culture filtrates from thirteen tropical *Trichoderma* strains and metabolic profiles of Most-Active. *Journal of Fungi*. 8(1): 1-16.
- Mycobank. 2024. *Trichoderma* spp. Available at : <https://www.mycobank.org/page/Name%20details%20page/name/Trichoderma>. Diakses : 27 April 2024.
- NCBI. 2024. *Meloidogyne* spp. Available at : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/datasets/taxonomy/tree/?taxon=2782023>. Diakses : 27 April 2024.
- Patara R. 2019. Efektifitas Agens Hayati terhadap Jamur Patogen *Phytophthora colocasiae* pada Umbi Talas Jepang Secara Invitro. *Skripsi*. FMIPA Unviersitas Hasanudin. Makassar.
- Perry, R. N., Moens, M., and Starr, J. L. 2009. *Root Knot Nematodes*. Wallingford, UK: CABI.
- Pitaloka, D. 2020. Hortikultura: potensi, pengembangan dan tantangan. *Jurnal Teknologi Terapan: G-Tech*. 1(1): 1-4.
- Pitojo, S. 2005. *Benih Tomat*. Kanisius. Yogyakarta.
- Rachman, N. R., Manan, A., dan Sakhidin. 2020. Uji kemampuan isolat *Trichoderma* sp. terhadap nematoda puru akar tomat. *Agro Wiralodra*. 3(2): 52-59.

- Rahmawati, R. 2011. Pertumbuhan dan produksi tomat (*Lycopersicum esculentum*) akibat berbagai jenis pupuk organik dan dosis mulsa sekam padi. *NICHE Journal of Tropical Biology*. 3(1): 18-25.
- Ravichandra, N. G. 2014. *Horticultural Nematology*. Springer India. India.
- Rizal, S., Novianti, D., dan Septiani, M. 2019. Pengaruh jamur *Trichoderma* sp. terhadap pertumbuhan tanaman tomat (*Solanum lycopersicum* L.). *Jurnal Indobiosains*. 1(1): 14-21.
- Rismunandar. 2001. *Tanaman Tomat*. Sinar Baru Algesindo. Jakarta.
- Saharan, R., Patil, J. A., Yadav, S., Kumar, A., Goyal, V. 2023. The nematicidal potential of novel fungus, *Trichoderma asperellum* FbMi6 against *Meloidogyne incognita*. *Scientific Reports*. 13(1): 1-10.
- Sharon, E., Chet, I., Viterbo, A., Bar-Eyal, M., Nagan, H., Samuels, G. J., and Spiegel, Y. 2007. Parasitism of *Trichoderma* on *Meloidogyne javanica* and role of the gelatinous matrix. *European Journal of Plant Pathology*. 118(3): 247-258.
- Santoso, A., Himawan, T., dan Tarno, A. 2014. Pengaruh Filtrat Biakan *Trichoderma* spp. Terhadap Penetasan Telur Nematoda Puru Akar (*Meloidogyne* sp.). *Jurnal HPT*. 2(4): 85-91.
- Suciyanda, I. E. 2017. Uji efektivitas *Bacillus* sp. untuk menurunkan daya tetas telur nematoda puru akar (*Meloidogyne incognita*) pada akar tembakau. *Skripsi*. FKIP Universitas Muhammadiyah Malang. Malang.
- Syahid, A., Swibawa, I. G., Solikhin, S., dan Fitriana, Y. 2021. Identifikasi berbasis morfologi nematoda puru akar (*Meloidogyne* spp.) pada pertanaman jambu biji kristal di Provinsi Lampung. *Jurnal Agrotek Tropika*. 9(1): 35-44.
- Syahrok, S. F., Suryaminarsih, P., dan Widiyati, W. 2021. Potensi *Trichoderma* sp. dan *Streptomyces* sp. sebagai agensi hayati nematoda puru akar (*Meloidogyne* sp.) pada tanaman tomat ceri secara *In vitro*. *Seminar Nasional Dalam Rangka Dies Natalis Ke-45 UNS Tahun 2021*. 5(1): 1199–1206.
- USDA. 2024. *Solanum lycopersicum*. Available at : <https://plants.usda.gov/home/plantProfile?symbol=SOLYL> . Diakses: 27 April 2024.
- Vinale, F., Sivasithamparam, K., and Lorito, M. 2008. *Trichoderma* plant pathogen interactions. *Soil Biology and Biochemistry*. 40(1): 1-10.

Zeck, W. M. 1971. A rating scheme for field evaluation of root-knot nematode infestations. *Pflanzenzucht Nachrichten Bayer*. 24: 141-144.