

**POTENSI JAMUR *Purpureocillium lilacinum* SEBAGAI ENDOFIT
PENGENDALI NEMATODA PURU AKAR PADA TANAMAN TOMAT
(*Solanum lycopersicum* L.)**

(Skripsi)

Oleh

**Dimas Bagus Pamungkas
NPM 1914191020**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

POTENSI JAMUR *Purpureocillium lilacinum* SEBAGAI ENDOFIT PENGENDALI NEMATODA PURU AKAR PADA TANAMAN TOMAT (*Solanum lycopersicum L.*)

Oleh
DIMAS BAGUS PAMUNGKAS

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari keefektifan jamur *P. lilacinum* sebagai pengendali nematoda puru akar dan potensinya sebagai jamur endofit pada tanaman tomat. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus 2023 – Februari 2024 di Laboratorium Bioteknologi, Laboratorium Ilmu Hama Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Lampung, dan di rumah kaca atau *green house* Laboratorium Lapang Terpadu Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Percobaan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari 5 perlakuan dan 5 ulangan. Perlakuan yang dicobakan yaitu tingkat dosis biakan jamur *P. lilacinum* pada beras yaitu, 5 g, 10 g, 20 g, 40 g dan 0 g sebagai kontrol per polybag berisi 2,5 kg media tanam. Jamur diaplikasikan dengan cara ditaburkan pada media tanam dan perendaman akar dalam suspensi konidia jamur *P. lilacinum* sebelum ditransplanting. Infestasi nematoda puru akar pertama dilakukan tujuh hari setelah *transplanting*, tanaman tomat di infestasi dengan 2000 telur nematoda *Meloidogyne spp.*, infestasi kedua dilakukan 14 hari setelah aplikasi pertama dengan 2000 telur nematoda tiap tanaman. Setelah berumur 70 hari setelah tanam (HST) tanaman tomat dibongkar dan diambil akarnya untuk di amati kerusakan dan adanya jamur yang mengkolonisasi akar. Akar diwarnai dengan *tryphan blue*, untuk mengamati koloni jamur *P. lilacinum* dalam jaringan akar sebagai endofit. Variabel pengamatan meliputi tingkat kerusakan akar (skor puru akar 0-10), koloni jamur dalam akar, populasi nematoda dalam tanah dan dalam akar. Data hasil pengamatan dianalisis ragam dan dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf 5%. Hasil penelitian menunjukkan perbedaan dosis jamur *P. lilacinum* mempengaruhi populasi *Meloidogyne sp.* serta pada dosis 40 g per tanaman efektif mengendalikan NPA. Jamur *P. lilacinum* terbukti bersifat endofit dalam perakaran tanaman tomat dan terdapat perbedaan tingkat kolonisasi akar pada dosis jamur *P. Lilacinum* yang berbeda.

Kata Kunci: kerusakan akar, koloni jamur, nematoda puru akar

**POTENSI JAMUR *Purpureocillium lilacinum* SEBAGAI ENDOFIT
PENGENDALI NEMATODA PURU AKAR PADA TANAMAN TOMAT
(*Solanum lycopersicum* L.)**

Oleh

DIMAS BAGUS PAMUNGKAS

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 : **POTENSI JAMUR *Purpureocillium lilacinum* SEBAGAI ENDOFIT PENGENDALI NEMATODA PURU AKAR PADA TANAMAN TOMAT (*Solanum lycopersicum* L.)**

Nama Mahasiswa : **Dimas Bagus Pamungkas**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1914191020**

Jurusan : **Proteksi Tanaman**

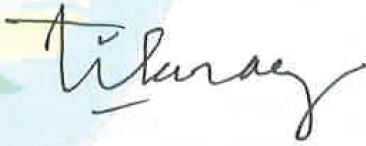
Fakultas : **Pertanian**



MENYETUJUI
1. Komisi Pembimbing




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



Dr. Ir. Titik Nur Aeny, M.Sc.
NIP. 196201071986032001

2. Ketua Jurusan Proteksi Tanaman



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

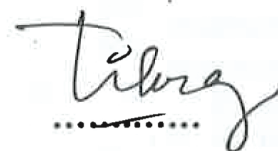
MENGESAHKAN

1. Tim penguji

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



Sekretaris : **Dr. Ir. Titik Nur Aeny, M.S.c.**



Penguji
bukan pembimbing : **Dr. Ir. Sudi Pramono, M.P.**



2. Dekan Fakultas Pertanian



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

NIP. 196411181989021002

Tanggal lulus ujian skripsi : **23 Oktober 2024**

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini, menyatakan bahwa skripsi yang berjudul **POTENSI JAMUR *Purpureocillium lilacinum* SEBAGAI ENDOFIT PENGENDALI NEMATODA PURU AKAR PADA TANAMAN TOMAT (*Solanum lycopersicum* L.)** merupakan hasil karya saya yang dibimbing oleh komisi pembimbing Prof. Dr. Ir. I Gede Swibawa, M.S. dan Dr.Ir. Titik Nur Aeny, M.Sc. Semua hasil yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Apabila dikemudian 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, 13 Desember 2024
Penulis



Dimas Bagus Pamungkas
NPM 1914191020

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Desa Negeri Ratu Tenumbang 09 Januari 2001. Penulis merupakan anak ke 3 dari 3 bersaudara pasangan Bapak Joni Sapari dan Ibu Amini. Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar (SD) Negeri 01 Tenumbang, Kecamatan Pesisir Selatan pada tahun 2013, Sekolah Menengah Pertama (SMP) Negeri 03 Pesisir Selatan pada tahun 2016 dan Sekolah Menengah Atas (SMA) Negeri 01 Pesisir Tengah, Kabupaten Pesisir Barat, Provinsi Lampung pada tahun 2019. Penulis terdaftar sebagai mahasiswa Program studi Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung pada tahun 2019 melalui jalur seleksi Mandiri Penerimaan Mahasiswa Perluasan Akses Pendidikan (PMPAP) Universitas Lampung

Selama menjadi mahasiswa, penulis tergabung di organisasi HIMAPROTEKTA Fakultas Pertanian Universitas Lampung sebagai anggota Pengembangan Minat dan Bakat pada periode 2021 dan 2022. Penulis juga pernah tergabung di organisasi UKM Persaudaraan Setia Hati Terate (PSHT) sebagai Ketua Umum pada periode 2022 dan Organisasi Forum Komunikasi Mahasiswa PMPAP sebagai Bendahara Umum pada periode 2022. Pada bulan Juli-Agustus 2021, penulis melaksanakan kegiatan Praktik Umum (PU) di Unit Produksi Benih (UPB) Tanaman Sayuran Sekincau, Kabupaten Lampung Barat. Pada bulan Januari-Februari 2022, penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Way Jambu, Kecamatan Pesisir Selatan, Kabupaten Pesisir Barat.

PERSEMBAHAN

Dengan menyebut nama Allah SWT Yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang kupersembahkan skripsi ini untuk kedua orangtua ku tercinta Bapak Joni Sapari dan Ibu Amini, juga kakak-kakak ku tersayang Aliman Surya dan Novita Esa Putri dan Saudara kembar saya Dandi Bagas Pramestu yang tak pernah berhenti memberi dukungan dan motivasi kepada penulis, juga sebagai penyemangat penulis dalam mewujudkan cita-cita hingga mampu menyelesaikan tugas akhir ini. Terimakasih juga saya tujukan kepada Almamater yang kubanggakan Universitas Lampung. Serta semua pihak yang sudah terlibat dalam penulisan karya ilmiah ini.

*“ Untuk mendapatkan apa yang kamu suka, pertama kamu harus sabar dengan apa yang tidak kamu suka”
(Imam Al – Ghazali)*

*“Jangan pernah merasa tertinggal, setiap orang memiliki proses, rezeki dan jalannya masing masing”
(QS . Maryam :4)*

*”Sepiro gedhening sengsoro yen tinompo among dadi coba” yang artinya :
Sebesar apapun kesusahan atau kesengsaraan yang kita hadapi, jika kita terima dengan ikhlas dan lapang dada, semua itu hanyalah sekedar cobaan semata”
(PSHT)*

SANWACANA

Alhamdulillah Rabil' Alamin, Puji dan syukur diucapkan kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis bisa menyelesaikan skripsi yang berjudul **POTENSI JAMUR *Purpureocillium lilacinum* SEBAGAI ENDOFIT PENGENDALI NEMATODA PURU AKAR PADA TANAMAN TOMAT (*Solanum lycopersicum* L.)**

Penulisan skripsi ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada:

1. Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung, yang telah memberi bantuan dan persetujuan dalam proses penelitian dan penulisan skripsi ini,
2. Dr. Tri Maryono S.P. M.Si., selaku ketua jurusan Proteksi Tanaman Fakultas Pertanian Universitas Lampung, yang telah membantu proses administrasi dalam penelitian dan penulisan skripsi,
3. Prof. Dr. Ir. I Gede Swibawa, M.S., selaku Dosen Pembimbing Pertama yang telah memberikan bimbingan, saran dan arahan selama penelitian sampai penulisan skripsi ini selesai,
4. Dr. Ir. Titik Nur Aeny, M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Kedua yang telah memberikan bimbingan, saran dan arahan selama penelitian sampai penulisan skripsi ini selesai,
5. Dr. Ir. Sudi Pramono, M.P., selaku Dosen Penguji atas kritik, saran, arahan dan semangat kepada penulis,
6. Puji Lestari, S.P, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberi bimbingan dan arahan akademik dan motivasi selama proses penelitian dan penulisan skripsi ini,

7. Kedua orang tua Bapak Joni Sapari dan Ibu Amini, kakak Aliman Surya dan Novita Esa Putri, saudara kembar saya Dandi Bagas Pramestu dan keluarga besar penulis yang selalu memberikan kasih sayang, doa, dan pengorbanan untuk penulis,
8. Sahabat seperjuangan Angraini, Carsinah, Bella, Ajis atas dukungan semangat dan motivasi, saran, dan nasihat selama penulis penelitian dan menyelesaikan skripsi ini,
9. Rekan Penelitian Adit Pramudya Ardi atas kebersamaan, motivasi, semangat, serta bantuan selama penelitian yang diberikan kepada penulis,
10. Sahabat serta saudara dari Pesisir barat, Mas Ardian, Beni, Wardi, Setiawan, Yuni, Dina dan Delya yang telah memberikan semangat, motivasi serta bantuan selama penelitian yang diberikan kepada penulis,
11. Krui Squad, Lady, Anis, yang telah memberikan motivasi semangat serta dukungan kepada penulis,
12. Mahasiswa Proteksi Tanaman 2019 yang telah memberikan dukungan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi, dan
13. Semua pihak yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian dan penulisan skripsi.

Tidak ada kata yang dapat penulis ucapkan selain ucapan terimakasih yang sedalam dalam nya kepada semua pihak yang sudah membantu menyusun skripsi ini.

Bandar Lampung, 13 Desember 2024
Penulis

Dimas Bagus Pamungkas
NPM 191419102

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|---|---------|
| DAFTAR ISI | xi |
| DAFTAR TABEL | xvi |
| DAFTAR GAMBAR | xvii |
| | |
| I. PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar belakang | 1 |
| 1.2 Tujuan Penelitian | 3 |
| 1.3 Kerangka Pemikiran | 3 |
| 1.4 Hipotesis | 5 |
| | |
| II. TINJAUAN PUSTAKA | 6 |
| 2.1 Tanaman Tomat..... | 6 |
| 2.1.1 Penyebaran dan Manfaat Tanaman Tomat..... | 6 |
| 2.1.2 Klasifikasi dan Morfologi Tanaman Tomat | 7 |
| 2.2 Nematoda Puru Akar | 9 |
| 2.3 Jamur <i>Purpureocillium lilacinum</i> | 12 |
| 2.4 Jamur Endofit | 13 |
| | |
| III. METODOLOGI PENELITIAN | 15 |
| 3.1 Tempat dan Waktu | 15 |
| 3.2 Alat dan Bahan | 15 |
| 3.3 Metode Penelitian..... | 15 |
| 3.4 Pelaksanaan Penelitian | 16 |
| 3.4.1 Pembuatan Media PDA | 16 |
| 3.4.2 Peremajaan Jamur <i>P. lilacinum</i> pada Media PDA | 16 |

| | |
|--|-----------|
| 3.4.3 Perbanyakkan Jamur pada Media Beras | 17 |
| 3.4.4 Persiapan Media Tanam..... | 17 |
| 3.4.5 Penyiapan Bibit Tanaman..... | 17 |
| 3.4.6 Penyiapan Telur Nematoda..... | 17 |
| 3.5 Aplikasi Jamur <i>P. Lilacinum</i> | 18 |
| 3.6 Infestasi Nematoda pada Tanaman Tomat | 19 |
| 3.7 Perawatan Tanaman Tomat | 19 |
| 3.7.1 Penyiraman Tanaman | 19 |
| 3.7.2 Pemasangan Ajir | 19 |
| 3.7.3 Pengendalian Gulma | 20 |
| 3.8 Variabel Pengamatan | 20 |
| 3.8.1 Populasi nematoda dari tanah dan akar | 20 |
| 3.8.1.1 Ekstraksi Nematoda dari Akar | 20 |
| 3.8.1.2 Ekstraksi Nematoda dari Tanah | 21 |
| 3.8.1.2.1 Metode Penghitungan Nematoda | 21 |
| 3.8.3 Kerusakan Akar | 22 |
| 3.8.4 Jamur yang Mengkoloni Akar sebagai Endofit | 23 |
| 3.9 Analisis Data | 24 |
| IV. HASIL DAN PEMBAHASAN..... | 25 |
| 4.1 Hasil Penelitian | 25 |
| 4.1.1 Kerusakan Akar | 25 |
| 4.1.2 Kolonisasi Jamur pada Akar sebagai Endofit | 26 |
| 4.1.3 Populasi Nematoda dalam Akar | 27 |
| 4.1.4 Populasi Nematoda dalam Tanah | 28 |
| 4.2 Pembahasan | 29 |
| V. SIMPULAN DAN SARAN | 31 |
| 5.1 Simpulan..... | 31 |
| 5.2 Saran..... | 31 |
| DAFTAR PUSTAKA | 32 |
| LAMPIRAN..... | 35 |

DAFTAR TABEL

| Tabel | halaman |
|---|---------|
| 1. Skala kerusakan akar (Zeck 1971 dalam Fiandani, 2019)..... | 22 |
| 2. Kategori status koloni jamur endofit pada akar tanaman | 24 |
| 3. Kerusakan akar tanaman tomat yang diinfestasi NPA dan diberi perlakuan jamur <i>P. lilacium</i> | 25 |
| 4. Kolonisasi jamur endofit <i>P. lilacinum</i> pada akar tanaman tomat yang diberi perlakuan dosis <i>P. lilacinum</i> | 27 |
| 5. Populasi nematoda di dalam akar tanaman yang diinfestasi NPA dan diberi perlakuan jamur <i>P. lilacinum</i> | 28 |
| 6. Populasi nematoda dalam tanah pada tanaman yang diinfestasi NPA dan diiberi perlakuan jamur <i>P. lilacinum</i> | 29 |
| 7. Skor kerusakan tanaman tomat..... | 36 |
| 8. Data mentah skor kerusakan tanaman tomat | 36 |
| 9. Analisis ragam skor kerusakan akar tanaman tomat | 37 |
| 10. Hasil uji BNT skor kerusakan akar tanaman tomat..... | 37 |
| 11. Skor jamur yang mengkoloni akar sebagai endofit | 37 |
| 12. Data mentah kolonisasi jamur sebagai endofit..... | 38 |
| 13. Analisis ragam jamur yang mengkolonisasi akar sebagai endofit... | 38 |
| 14. Hasil uji BNT skor jamur yang mengkoloni akar sebagai endofit .. | 39 |
| 15. Hasil uji BNT skor jamur yang mengkoloni akar sebagai endofit .. | 39 |
| 16. Perhitungan populasi nematoda puru akar dalam tanah pada tanaman tomat (3 cc) | 40 |
| 17. Analisis ragam populasi nematoda puru akar dalam tanah pada tanaman tomat | 40 |
| 18. Uji BNT populasi nematoda puru akar dalam tanah tanaman tomat..... | 41 |
| 19. Jumlah nematoda puru akar dalam akar tanaman tomat | 41 |

| | |
|---|----|
| 20. Perhitungan populasi nematoda puru akar dalam akar pada tanaman tomat (3cc) | 42 |
| 21. Analisis Ragam Populasi Nematoda Puru Akar dalam Akar Tanaman Tomat | 42 |
| 22. Uji BNT Populasi Nematoda Puru Akar dalam Akar Tanaman Tomat..... | 43 |

DAFTAR GAMBAR

| Gambar | halaman |
|---|---------|
| 1. Siklus hidup <i>Meloidogyne</i> sp. | 11 |
| 2. Skor dan kriteria kerusakan akar terserang NPA. | 23 |
| 3. Skor tingkat kerusakan akar tanaman tomat yang terserang..... | 26 |
| 4. Struktur jamur endofit pada akar tanaman tomat | 27 |
| 5. Biakan murni jamur <i>P. lilacinum</i> dalam cawan. | 44 |
| 6. Biakan jamur <i>P. lilacinum</i> dalam media beras. | 44 |
| 7. Kegiatan menentukan dosis jamur <i>P. lilacinum</i> | 45 |
| 8. Aplikasi <i>P. lilacinum</i> dalam media beras ke dalam tanah..... | 45 |
| 9. Perendaman akar tomat disuspensi jamur <i>P. lilacinum</i> | 46 |
| 10. Bibit Tanaman Tomat. | 46 |
| 11. Lokasi pengambilan sampel akar jambu kristal yang terserang nematoda puru akar. | 47 |
| 12. Sampel akar jambu krtistal..... | 47 |
| 13. Proses ekstraksi akar jambu kristal untuk penyiapan telur nematoda | 48 |
| 14. Proses infestasi nematoda. | 48 |
| 15. Penyiraman rutin tanaman tomat. | 48 |
| 16. Proses pewarnaan akar tanaman tomat. | 49 |

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tomat (*Solanum lycopersicum* L.) merupakan salah satu komoditas hortikultura penting yang bernilai ekonomi tinggi. Komoditas ini digemari oleh masyarakat karena buahnya memiliki banyak manfaat dan mengandung vitamin yang sangat penting bagi tubuh manusia. Selain itu, potensi pasar buah tomat juga besar karena harganya yang terjangkau oleh seluruh lapisan masyarakat (Dalimartha dan Felix, 2011).

Buah tomat baik bagi kesehatan karena kandungan gizinya. Buah tomat mengandung serat makanan alami yang baik bagi pencernaan dan protein sebagai sumber gizi. Selain itu, buah tomat mengandung nutrisi penting seperti vitamin A, dan likopen yang bermanfaat bagi kesehatan tubuh. Selain itu, buah tomat juga merupakan sumber antioksidan yang baik dan telah digunakan dalam pengobatan tradisional berbagai penyakit. Dalam 180 g buah tomat segar, terkandung 34,38 mg vitamin C yang cukup memenuhi kebutuhan vitamin C dalam sehari, serat sebanyak 1,98 g dan protein 1,53 g (Wenny, 2007).

Sampai saat ini masih terjadi ketimpangan antara produksi dan permintaan buah tomat di Indonesia. Pada tahun 2016 produksi tomat sebesar 851.701 ton per tahun. Tahun 2017 produksi buah tomat turun mencapai 745.777 ton per tahun dan pada tahun 2018 turun kembali menjadi 707.601 ton per tahun (Badan Pusat Statistik 2018). Data konsumsi tomat oleh masyarakat Indonesia pada tahun 2017 sebesar 3,76 kg per kapita per tahun. Oleh karena itu, kebutuhan tomat pada tahun tersebut mencapai 878.742 ton. Akibatnya terjadi selisih yang cukup tinggi antara permintaan dan persediaan buah tomat (Dirjen Hortikultura, 2019).

Ketimpangan antara permintaan dan persediaan buah tomat di Indonesia antara lain disebabkan oleh adanya penurunan produksi. Salah satu penyebab penurunan produksi tomat di Indonesia adalah adanya gangguan organisme pengganggu tumbuhan (OPT).

Nematoda parasit tumbuhan merupakan salah satu organisme pengganggu tumbuhan (OPT) penting pada tanaman tomat. Nematoda parasit tumbuhan juga diketahui menyerang berbagai jenis tanaman selain tomat di Indonesia. Namun demikian, kerusakan tanaman karena nematoda parasit tumbuhan di Indonesia kurang disadari oleh para petani maupun para pengambil kebijakan yang bekerja di bidang pertanian. Hal ini mungkin disebabkan oleh gejala serangan nematoda parasit tumbuhan yang tidak spesifik serta OPT ini berukuran renik sehingga sulit diamati secara visual dengan mata telanjang (Nurul, 2020). Salah satu nematoda parasit tumbuhan penting adalah nematoda puru akar (*Meloidogyne* sp.).

Serangan nematoda puru akar menjadi salah satu hambatan produksi tanaman tomat di Indonesia. Serangan nematoda ini menyebabkan terbentuknya puru pada akar. Puru yang terbentuk pada sistem perakaran menyebabkan terganggunya penyerapan nutrisi dan air oleh akar yang selanjutnya mengganggu proses fotosintesis dan transpirasi. Akibatnya pertumbuhan tanaman terhambat, tanaman tumbuh kerdil warna daun kuning atau klorosis, tanaman lebih mudah terserang patogen atau OPT lainnya, dan bahkan tanaman dapat mengalami kematian (Nurul, 2020).

Berbagai teknik pengendalian dapat diterapkan untuk mengatasi permasalahan nematoda puru akar pada tanaman tomat. Salah satu teknik pengendalian yang dapat diterapkan adalah pengendalian hayati menggunakan jamur parasit telur nematoda seperti *Purpureocillium lilacinum*. Pengendalian hayati adalah penggunaan musuh alami untuk mengendalikan nematoda puru akar. Pengendalian hayati bersifat ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Jamur *P. lilacinum* telah digunakan sebagai bahan aktif bionematisida untuk mengendalikan nematoda puru akar. Jamur *P. lilacinum* bersifat antagonis yang

berperan sebagai parasit telur nematoda puru akar. Pemanfaatan jamur *P. lilacinum* untuk pengendalian nematoda puru akar merupakan pilihan teknologi yang tepat untuk dikembangkan.

Jamur *P. lilacinum* dilaporkan dapat berperan sebagai jamur endofit. Diana *et al.* (2014) melaporkan jamur *P. lilacinum* bersifat endofit pada tanaman kapas dan efektif mengendalikan kutu daun kapas. Sementara Lenta *et al.* (2016) melaporkan bahwa ekstrak jamur endofit *P. lilacinum* mengandung senyawa yang memiliki sifat anti mikroba.

Jamur endofit merupakan jamur yang hidup dalam jaringan tanaman tanpa menimbulkan gejala sakit pada tanaman, bersifat simbiosis mutualisme yang seluruh atau sebagian siklus hidupnya berada di dalam jaringan tanaman sehat, menerima nutrisi dan tempat hidupnya dari tanaman (Vega *et al.*, 2008). Banyak jenis jamur endofit yang bersifat antagonis dan digunakan untuk mengendalikan nematoda. Namun demikian, belum diketahui apakah jamur *P. lilacinum* yang diaplikasikan pada tanaman tomat dapat berperan sebagai endofit dan dapat mengendalikan nematoda puru akar. Oleh karena itu, penelitian mengenai hal tersebut perlu dilakukan.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mempelajari keefektifan jamur *P. lilacinum* sebagai pengendali nematoda puru akar pada tanaman tomat, dan
2. Mempelajari potensi jamur *P. lilacinum* sebagai endofit pada tanaman tomat.

1.3 Kerangka Pemikiran

Dalam budidaya tanaman tomat terdapat beberapa kendala, salah satunya adalah serangan nematoda puru akar atau NPA (*Meloidogyne* sp.). Serangan nematoda ini menyebabkan tanaman kerdil, mudah layu, daun menguning, dan akar berpuhu. Infeksi NPA juga menyebabkan tomat menjadi rentan terhadap infeksi *Ralstonia*

solanacearum dan *Fusarium oxysporum*. Keberadaan puru menyebabkan rusaknya sistim dan fungsi perakaran, sehingga hasil panen tomat menurun.

Salah satu teknik pengendalian NPA adalah penggunaan jamur musuh alaminya. Jamur *P. lilacinum* adalah parasit telur nematoda puru akar. Pemanfaatan jamur ini belum optimal karena belum adanya formulasi yang tepat dan juga proses pendistribusiannya kurang tersedia (Oktarina *et al.*, 2011). Akibatnya, jamur ini tidak dimanfaatkan secara maksimal baik oleh peneliti dalam pengembangan pertanian maupun oleh petani secara umum.

Jamur *P. lilacinum* diketahui efektif untuk mengendalikan NPA. Manan dan Munadjat (2012), melaporkan bahwa jamur *P. lilacinum* mampu menekan 64,89% populasi nematoda kista pada pertanaman kentang. Selain dapat menekan nematoda, jamur *P. lilacinum* juga dapat mendegradasi bahan organik.

Jamur *P. lilacinum* juga diketahui dapat berperan sebagai jamur endofit yang bersifat patogen terhadap beberapa biota terutama nematoda *Meloidogyne* sp. Jamur endofit di dalam jaringan tanaman akan memberikan keuntungan bagi tanaman, yaitu meningkatnya toleransi tanaman terhadap logam berat, meningkatnya ketahanan tanaman terhadap kekeringan, menekan serangan hama, dan memberi resistensi sistemik terhadap patogen (Diana *et al.*, 2014).

Baazem *et al.* (2022) melaporkan bahwa jamur bersifat endofit yang diisolasi dari bunga mawar memiliki 22 bahan-bahan yang unik. Jamur endofit mengandung senyawa yang bersifat nematisida yang menyebabkan mortalitas pada nematoda puru akar. Diana *et al.* (2014) menyatakan bahwa jamur endofit *P. lilacinum* efektif untuk mengendalikan kutu daun (*Aphids*). Dalam percobaannya jamur endofit *P. lilacinum* diketahui dapat menginfeksi hingga mematikan 60% kutu daun. Diperkirakan *P. lilacinum* berperan sebagai jamur endofit yang hidup intraseluler dalam jaringan akar dan efektif mengendalikan nematoda puru akar pada tanaman tomat.

1.4 Hipotesis

Bedasarkan kerangka pemikiran yang telah disusun, hipotesis yang diajukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Jamur *P. lilacinum* efektif sebagai agen pengendali nematoda puru akar (*Meloidogyne* sp.) pada tanaman tomat, dan
2. Jamur *P. lilacinum* dapat berkembang sebagai endofit pada tanaman tomat.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Tomat

2.1.1 Penyebaran dan Manfaat Tanaman Tomat

Tomat (*Solanum lycopersicum* L.) merupakan sayuran yang telah dibudidayakan selama ratusan tahun, namun kapan pertama kali tersebar luas di Indonesia belum dapat dipastikan. Dilihat dari sejarahnya, tomat berasal dari wilayah Amerika yaitu Bolivia, Chili, Kolombia, Ekuador, dan Peru. Di daerah asalnya, tomat awalnya hanya dikenal sebagai gulma. Namun, seiring berjalannya waktu, tomat ditanam sebagai tanaman pangan di ladang dan di pekarangan rumah (Purwati dan Khairunisa, 2007).

Tomat adalah tanaman semusim, berbentuk perdu atau semak dan termasuk ke dalam golongan tanaman berbunga. Tanaman tomat termasuk tanaman semusim (berumur pendek). Artinya tanaman hanya satu kali berproduksi dan setelah itu mati. Tanaman tomat berbentuk perdu yang tingginya dapat mencapai ± 2 m. Oleh karena itu, tanaman tomat perlu diberi penopang atau ajir agar tidak roboh dan tumbuh tegak secara vertikal (Tugiyono, 2007).

Tomat sangat bermanfaat bagi tubuh, karena mengandung vitamin dan mineral yang diperlukan untuk pertumbuhan dan kesehatan. Buah tomat juga mengandung zat pembangun jaringan tubuh manusia dan zat yang dapat meningkatkan energi untuk bergerak dan berpikir, yakni karbohidrat, protein, lemak, dan kalori. Sebagai sumber vitamin, buah tomat sangat baik untuk mencegah dan mengobati berbagai macam penyakit, seperti sariawan karena kekurangan vitamin C, *xerophthalmia* pada mata karena kekurangan vitamin A, bibir merah dan radang lidah karena kekurangan vitamin D.

Sebagai sumber mineral, buah tomat bermanfaat untuk pembentukan tulang dan gigi (zat kapur dan fosfor). Zat besi (Fe) yang terkandung dalam buah tomat dapat berfungsi dalam pembentukan sel darah atau hemoglobin (Cahyono, 2008).

Buah tomat mengandung gizi yang lengkap dan penting bagi manusia. Buah tomat kaya akan vitamin C dan beberapa antioksidan, diantaranya vitamin E dan likopen. Selain itu, buah tomat juga mengandung serat makanan alami yang sangat baik bagi pencernaan manusia dan juga adanya protein dalam buah tomat menjadikannya buah yang sangat sarat gizi. Dalam 180 g buah tomat matang, vitamin C yang terkandung sekitar 34,38 mg yang memenuhi 57,3% vitamin C dalam sehari. Kandungan seratnya mencapai 1,98 g dan protein sebesar 1,53 g (Wenny, 2007).

2.1.2 Klasifikasi dan Morfologi Tanaman Tomat

Menurut USDA (2014), klasifikasi tomat adalah sebagai berikut:

| | |
|----------|---------------------------------|
| Kingdom | : Plantae, |
| Division | : Magnoliophyta |
| Class | : Magnoliopsida |
| Ordo | : Solanales |
| Family | : Solanaceae |
| Genus | : <i>Solanum</i> L |
| Spesies | : <i>Solanum lycopersicum</i> L |

Tanaman tomat mempunyai ciri berupa herba yang hidup tegak atau bersandar pada tanaman lain, berbau kuat, tinggi 30-90 cm. Batang berbentuk bulat, kasar, memiliki trikoms, rapuh dan sedikit memiliki percabangan. Daun majemuk menyirip gasal berselang seling dan memiliki trikhoma pada helaian dan tangkai daunnya (Cahyono, 2008).

Bunga pada tanaman tomat berkelamin dua (hermaprodit), berjumlah 5 buah dengan warna hijau dan memiliki trikhoma, sedangkan mahkotanya yang berjumlah 5 buah warna kuning. Alat kelamin terdiri atas benang sari dan putik. Buah tomat merupakan buah tunggal dan merupakan buah buni dengan daging

buah lunak agak keras, bewarna merah apabila sudah matang, mengandung banyak air dengan kulit buah yang sangat tipis (Cahyono, 2008).

Tomat memiliki akar tunggang, akar cabang, dan akar serabut, berwarna putih keputihan, dan memiliki bau yang khas. Akar tanaman tidak terlalu dalam, rata-rata sedalam 30-40 cm ke segala arah, tetapi dapat mencapai kedalaman maksimum 60-70 cm. Akar tanaman tomat membantu tanaman membentuk dirinya sendiri dan menyerap air dan unsur hara dari dalam tanah. Tingkat kesuburan tanah memiliki dampak yang signifikan terhadap pertumbuhan tanaman seperti produksi buah, dan pada benih tomat yang dihasilkan (Pitojo, 2005).

Buah tomat mempunyai warna yang bervariasi dari kuning, orange sampai merah tergantung dari pigmen yang dominan. Buah tomat yang masih muda memiliki warna yang hijau dan memiliki bulu yang keras, setelah tua buah akan berwarna merah muda, merah atau kuning mengkilat dan relative lunak. Buah tomat memiliki diameter sekitar 4 – 5 cm, rasanya juga bervariasi mulai dari asam hingga asam kemanisan. Buah tomat berdaging dan banyak mengandung air, didalamnya terdapat biji berbentuk pipih berwarna coklat kekuningan. Biji Buah tomat memiliki panjang 3 – 5 mm dan lebar 2 – 4 mm, biji tomat saling melekat diselimuti daging buah dan tersusun berkelompok dengan dibatasi daging buah. Jumlah biji tomat setiap buah bervariasi, umumnya adalah 200 biji per buah (Rismunandar, 2001).

Daun tomat mudah dikenali karena bentuknya yang lonjong, bergerigi, dan menyirip. Daun hijau berbulu panjang sekitar 20-30 cm dan lebar 15-20 cm. Daun tomat ini tumbuh di dekat ujung cabang dan ranting. Tangkai daun, sebaliknya, berbentuk bulat dan panjang, sekitar 7-10 cm dan tebal 0,3-0,5 cm (Wiryanta, 2004).

2.2 Nematoda Puru Akar (*Meloidogyne* sp.)

Menurut Taylor dan Sasser (1978) nematoda puru akar (*Meloidogyne* sp.), diklasifikasikan sebagai berikut :

Kingdom : Animalia
 Filum : Nematoda
 Kelas : Secernenteae
 Ordo : Thylenchida
 Famili : Meloidogyneidae
 Genus : *Meloidogyne*
 Spesies : *Meloidogyne* sp.

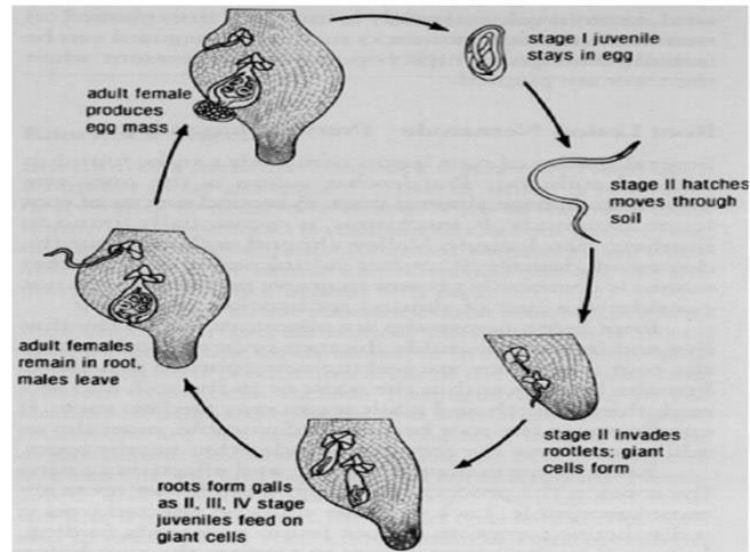
Nematoda puru akar (NPA) ditemukan pertama kali oleh Berkeley di Inggris pada tahun 1885. Nematoda ini menyebabkan puru pada akar mentimun. Nematoda puru akar adalah jenis nematoda parasit tumbuhan penting di dunia. Nama nematoda puru akar berasal dari puru yang disebabkan oleh serangan nematoda tersebut. Nematoda puru akar adalah nama umum untuk spesies *Meloidogyne* sp. Perkembangan dan siklus hidup nematoda *Meloidogyne* sp. sebagian besar dilalui di dalam jaringan tanaman inang. Dalam satu siklus hidupnya, *Meloidogyne* sp. mengalami perubahan bentuk yaitu dari telur, larva (juvenil), dan dewasa (jantan dan betina). Tahapan siklus hidup nematoda dimulai dari telur yang disimpan dalam massa gelatin (paket telur), sebagian atau semuanya melekat pada jaringan akar, menyelubungi telur dan bertindak sebagai pelindung dari kehilangan air. (Dropkin 1992 dalam Wilandari *et al.*, 2022).

Menurut Taylor dan Sasser (1978) terdapat setidaknya 36 spesies dari genus *Meloidogyne* telah diberi nama dan dideskripsikan, spesies- spesies ini hanya sebagian kecil dari spesies *Meloidogyne* yang telah dideskripsikan, untuk sebagian besar spesies *Meloidogyne* ditemukan di lahan pertanian, sebagian besar hutan dan area lahan yang belum diolah. Nematoda puru akar menyebar hampir di seluruh dunia. Tiga jenis nematoda puru akar yang dominan di daerah tropis adalah *Meloidogyne incognita*, *Meloidogyne javanica* (Treub) Chitwood, *Meloidogyne arenaria* (Neal.) Chitwood. Ketiga jenis tersebut bersifat polifag dan

banyak menimbulkan masalah. Selain ketiga jenis nematoda puru akar yang dominan, di Indonesia juga ditemukan jenis *Meloidogyne* lain. (Taylor dan Sasser, 1978).

Meloidogyne sp. berkembang sangat cepat dan serangannya menghambat pertumbuhan tanaman dengan gejala serangan yang khas pada akar, yaitu berupa puru akar. Selain itu, tanaman terserang *Meloidogyne* sp. juga mengalami gejala lain seperti daun banyak yang gugur, daun mengalami klorosis, kerdil, layu, akar sedikit dan bila terserang hebat tanaman dapat mati (Taylor dan Sasser, 1978).

Perkembangbiakan nematoda puru akar (*Meloidogyne* sp.) melalui beberapa fase (Gambar 1). Tahapan siklus hidup nematoda dimulai dari telur yang disimpan dalam massa gelatin (paket telur), sebagian atau semuanya melekat pada jaringan akar, menyelubungi telur dan bertindak sebagai pelindung dari kehilangan air. Fase pertama embrio berkembang menjadi juvenil 1 (J1) dan kemudian terjadi pergantian kulit pertama di dalam telur dan menjadi juvenil 2 (J2). Telur menetas J2 yang muncul aktif bergerak di dalam tanah menuju ke ujung akar di daerah meristem, kemudian menembus korteks, akibatnya pada tanaman yang rentan terjadi infeksi dan menyebabkan sel-sel menjadi membengkak (puru). J2 akan menetap pada sel-sel tersebut, kemudian juvenil mengalami perkembangan dan melakukan pergantian kulit menjadi juvenil 3 (J3) dan juvenil 4 (J4). Yang selanjutnya menjadi nematoda jantan atau betina dewasa berbentuk memanjang. Nematoda betina bertelur dan menghasilkan massa telur. Lama siklus hidup nematoda puru akar sekitar 18-21 hari. Jumlah telur yang dihasilkan oleh satu ekor nematoda betina tergantung pada kondisi lingkungannya. Pada kondisi normal bisa menghasilkan 300-800 telur (Abad *et al.*, 2008 dalam Yulianti, 2017).



Gambar 1. Siklus hidup *Meloidogyne* sp. Abad et al., 2008 dalam Yulianti, 2017).

Nematoda betina dewasa memiliki tubuh yang khas dan berwarna transparan, memiliki panjang rata-rata 0,4 hingga 1,3 mm dan lebar rata-rata sekitar 0,3 hingga 0,7 mm. Nematoda betina dari sebagian spesies memiliki tubuh simetris. Tubuh nematoda betina berwarna putih, ovariumnya susah terlihat, leher lebih transparan dan yang jelas terlihat adalah stilet dan saluran eksresinya. Nematoda jantan dan betina memiliki stilet yang berbentuk titik meruncing dan lurus, stilet dapat digunakan untuk menusuk sel tanaman, stilet nematoda memiliki panjang 12-15 μm , melengkung ke arah dorsal dan berfungsi sebagai pompa untuk memindahkan makanan ke usus. Belum ada penelitian lebih lanjut mengenai beberapa lama nematoda hidup di dalam akar, pengamatan di lapangan menunjukkan bahwa nematoda betina dapat terus menghasilkan telur selama tiga bulan, dan hidup beberapa waktu setelah produksi telur berhenti. Sementara itu waktu hidup nematoda jantan lebih singkat hanya berminggu minggu tidak sampai berbulan (Taylor dan Sasser, 1978).

2.3 Jamur *Purpureocillium lilacinum*

Jamur *P. lilacinum* adalah jamur parasit telur nematoda puru akar (*Meloidogyne* sp.). Selain sebagai musuh alami nematoda, jamur *P. lilacinum* juga berperan sebagai decomposer bahan organik. Jamur *P. lilacinum* efektif untuk mengendalikan nematoda puru akar. Jamur ini merupakan jamur parasit nematoda puru akar (*Meloidogyne* sp.) yang mekanisme kerjanya yaitu mengkolonisasi nematoda betina sebelum bertelur. Jamur *P. lilacinum* mampu menurunkan 64,89% populasi nematoda puru akar pada pertanaman sayuran. Selain dapat menekan nematoda, jamur *P. lilacinum* juga dapat mendegradasi bahan organik. Dengan demikian, jamur ini dapat hidup di berbagai habitat seperti tanah, hutan, rumput, gurun dan endapan. lumpur sehingga penyebarannya sangat luas (Kurniawan *et al.*, 2021).

Menurut Luangsa-Ard *et.al.* (2011) klasifikasi jamur *Purpureocillium lilacinum* adalah sebagai berikut:

| | |
|---------|------------------------------------|
| Kingdom | : Fungi |
| Filum | : Ascomycota |
| Kelas | : Sordariomycetes |
| Ordo | : Hypocreales |
| Famili | : Ophiocordycipitaceae |
| Genus | : <i>Purpureocillium</i> |
| Spesies | : <i>Purpureocillium lilacinum</i> |

Jamur *P.lilacinum* ditemukan di berbagai lingkungan darat dan laut. Jamur ini sering diisolasi dari serangga, nematoda dan rizosfer banyak jenis tanaman. Spesies ini dapat tumbuh pada kisaran suhu yang luas yaitu 8-38 °C dengan suhu optimal 26-30 °C, memiliki toleransi pH yang luas dan dapat tumbuh pada berbagai substrat. Jamur *P. lilacinum* memiliki potensi yang menjanjikan sebagai agen biokontrol untuk mengendalikan nematoda parasit tumbuhan. Mekanisme paratisme jamur ini pada nematoda yaitu hifa jamur langsung menyerang permukaan telur nematoda dan kemudian menghasilkan appressoria di permukaan kulit telur. Dalam proses infeksi *P. lilacinum* mengeluarkan berbagai enzim, yaitu

protease serin dan kitinase, yang dapat menyebabkan degradasi komponen protein dan kitin dari epidermis telur nematoda, yang kondusif untuk invasi jamur dan penghancuran sel.

Jamur *P. lilacinum* adalah jamur yang berasal dari filum Ascomycota. *P. lilacinum* yang sebelumnya bernama *Paecilomyces lilacinus* adalah jamur berfilamen saprotrofik tanah yang umum (Banguenab & Sibani, 2020). Koloni *P. lilacinum* berkembang menjadi 5-7 cm dalam waktu 7-14 hari pada suhu 25°C pada media PDA. Koloni berwarna putih dan akan berubah menjadi ungu. Konidiofor terbentuk dengan panjang 400-600 µm. Hifa vegetatif hialin, lurus dan lebar dengan ukuran 5,0-4,0 µm. Cabang verticillate muncul dengan lingkaran 2-4 phialides. Phialides berbentuk silindris atau elips dibagian basal yang membengkak, menyempit secara tiba-tiba menjadi leher pendek dengan lebar sekitar 1 µm dan berukuran 8,4-13,5 x 1,9-3,1 µm. Konidia terbentuk dalam rantai divergen, yang kadang-kadang menjadi sedikit kasar hingga fusiform elips, berdinding halus hingga sedikit kasar. Jamur *P. lilacinum* tidak memiliki *chlamydospora* (Kepenekci *et al.*, 2015).

2.4 Jamur Endofit

Jamur endofit merupakan jamur yang hidup di dalam jaringan tanaman seperti batang, daun, bunga, buah atau akar tumbuhan. Pada periode tertentu, jamur endofit mampu hidup dengan membentuk koloni dalam jaringan tanaman tanpa membahayakan inangnya (Clay, 1988). Jamur endofit memiliki peranan penting pada jaringan tanaman inang yang memperlihatkan interaksi mutualistik, yaitu interaksi positif dengan inangnya dan interaksi negatif terhadap OPT. Istikorini (2005) menyatakan bahwa jamur endofit mampu menjadi agen antagonis yang baik untuk pengendalian hayati. Peran ini dapat dilakukan apabila jamur endofit memiliki kemampuan dalam mengkolonisasi jaringan tanaman dan berkompetisi dengan mikroorganisme lain. Jamur endofit melindungi tanaman dari serangan patogen melalui mekanisme kompetisi, antibiosis, antagonisme dan mikoparasit.

Jamur endofit menghasilkan senyawa aktif biologi secara *in-vitro* antara lain alkaloid, paxilin, lolitrens, dan tetranose steroid.

Menurut Siddiqui dan Shaukat, (2003 dalam Yulianti, 2013) mekanisme jamur endofit dalam mengendalikan nematoda parasit tanaman ada dua, yaitu: antagonisme langsung dan induksi ketahanan tanaman terhadap serangan nematoda parasit. Kolonisasi endofit dalam jaringan akar selain mempersempit ruang bagi nematoda (kompetisi ruang), juga racun yang dihasilkan atau senyawa yang menginduksi ketahanan tanaman.

Endofit bisa berperan sebagai perangsang pertumbuhan tanaman dan meningkatkan hasil. Hal ini dilakukan melalui produksi fitohormon dan penyedia hara sebagai penetral kontaminan tanah sehingga meningkatkan fitoremediasi, dan agensia pengendali hayati (Magnani *et al.*, 2010 dalam Habtuti 2018). Melalui kemajuan bioteknologi, saat ini endofit dimanfaatkan sebagai sarana produksi antibiotik untuk keperluan obat dan farmasi, pertanian, serta sarana transgenik gen-gen ketahanan (Yulianti, 2013).

Jamur endofit dapat bertindak sebagai pemacu pertumbuhan tanaman, meningkatkan perkecambahan, meningkatkan pembentukan bibit, dan meningkatkan ketahanan tanaman terhadap faktor biotik dan cekaman abiotik dengan memproduksi senyawa antimikroba, fitohormon dan senyawa bioaktif lainnya. Selain itu, jamur endofit bertanggung jawab untuk akuisisi nutrisi tanah, termasuk makronutrien seperti fosfor, nitrogen, kalium dan magnesium, dan mikronutrien seperti seng, besi, dan tembaga (Rai *et al.*, 2014 dalam Khan *et al.*, 2015).

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Bioteknologi, Laboratorium Ilmu Hama Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Lampung, dan di rumah kaca atau *green house* Laboratorium Lapang Terpadu Fakultas Pertanian Universitas Lampung pada Bulan Agustus 2023 - Februari 2024.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu cawan petri, gelas preparat, cover glass, pisau, timbangan analitik, oven, erlenmeyer, autoklaf, botol kaca, LAF (*Laminar Air Flow*), gunting, botol semprot, jarum ose, pisau, bunsen, *handtally counter*, mangkuk, sentrifuge, tabung sentrifuge, saringan plastik, mikroskop, mortal dan alu, dan saringan 1 mm, 53 μ m, 38 μ m.

Bahan yang digunakan adalah kantong plastic, polybag, *Potato Dextrose Agar* (PDA), Isolat *Purpureocillium lilacinum*, benih tomat varietas servo F1, tanah, pasir, plastik wrap, plastik tahan panas, akuades, alkohol, tisu, karet, tanah, KOH, NaOCl, aluminium foil, label, spritus dan spidol permanen.

3.3 Metode Penelitian

Percobaan dilakukan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL), yang terdiri dari 5 perlakuan dan 5 ulangan. Perlakuan yang dicobakan adalah dosis jamur *P. lilacinum* yaitu berturut turut dosis 0, 5, 10, 20, dan 40 g per *polybag*. Jamur *P. lilacinum* diperbanyak menggunakan media beras. Tiap *polybag* diisi 2,5 kg media

tanam yaitu tanah dan pasir (3:1) steril. Sebagai satuan percobaan adalah tanaman tomat pada *polybag* yang diinfestasi telur *Meloidogyne* sp.

3.4 Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini meliputi langkah-langkah yaitu: 1) pembuatan media PDA, 2) peremajaan jamur *P. lilacinum* pada media PDA, 3) perbanyak jamur *P. lilacinum* pada media beras, 4) persiapan media tanam, 5) penyiapan bibit tanaman, 6) penyiapan telur nematoda, 7) aplikasi jamur *P. lilacinum*, 8) infestasi nematoda pada tanaman, dan 9) perawatan tanaman dan pengamatan. Variabel yang diamati pada penelitian ini adalah, populasi nematoda dari tanah dan akar, kolonisasi jamur endofit, dan kerusakan akar.

3.4.1 Pembuatan Media PDA

Media PDA dibuat dari bahan-bahan yaitu kentang, dextrose, dan agar. Kentang sebanyak 200 g direbus menggunakan aquades 1000 ml, air rebusan kentang kemudian dimasukkan ke dalam tabung erlenmayer yang sudah berisi agar batang 20 g, dan sukrosa 20 g. Erlenmeyer selanjutnya ditutup menggunakan kertas alumunium foil lalu disterilkan menggunakan autoklaf pada tekanan 1 atm dan suhu 121°C, selama 4 jam. Setelah suhunya turun yaitu hangat ditambahkan sebanyak 1,4 ml asam laktat.

3.4.2 Peremajaan Jamur *P. lilacinum* pada Media PDA

Peremajaan jamur *P. lilacinum* menggunakan media PDA. Isolat *P. lilacinum* diambil dari koleksi di Laboratorium Bioteknologi Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Langkah pertama adalah mengambil isolat *P. lilacinum* menggunakan alat bor gabus 4 mm. Setelah diambil isolat dipindahkan ke dalam cawan petri yang telah berisi media PDA tepat di tengah cawan. Setelah itu, cawan ditutup rapat menggunakan plastik wrap kemudian diberi label lalu diinkubasi selama 7 hari dalam suhu ruang.

3.4.3 Perbanyak Jamur pada Media Beras

Jamur *P. lilacinum* diperbanyak menggunakan media beras. Sebelum digunakan sebagai media tumbuh, beras dicuci, lalu dikukus selama 10 menit. Setelah dikukus, beras dimasukkan ke dalam plastik tahan panas kurang lebih 50 g tiap kantong, kemudian ditunggu sampai dingin. Setelah dingin beras ditempatkan di dalam *Laminar Air Flow* (LAF) untuk diinokulasi jamur. Isolat jamur *P. lilacinum* pada media PDA diambil sebanyak empat bor gabus lalu diinokulasikan pada media beras. Kantong plastik berisi media beras ini diikat dengan karet gelang agar tertutup rapat dan terhindar dari kontaminasi jamur lain, kemudian diinkubasi selama 14 hari agar jamur tumbuh merata dan siap untuk diaplikasikan.

3.4.4 Persiapan Media Tanam

Media tanam terdiri dari campuran tanah dan pasir steril dengan perbandingan (3:1). Sterilisasi tanah dilakukan dengan cara dikukus menggunakan dandang besar selama 4 jam. Setiap polybag berkapasitas 3 kg diisi \pm 2,5 kg media tanam.

3.4.5 Penyiapan Bibit Tanaman

Bibit tanaman tomat diperoleh dari pembibitan menggunakan benih bersertifikat *Servo*. Benih direndam kurang lebih 3 menit, setelah mengembang benih disemaikan pada sebuah nampan yang sudah diberi campuran tanah steril. Setelah 2 minggu benih siap untuk dipindah tanam.

3.4.6 Penyiapan Telur Nematoda

Telur nematoda diperoleh dari perakaran tanaman jambu biji kristal yang terserang nematoda di Balai Pelatihan Pertanian (BPP) Provinsi Lampung dan Kebun Jambu Kristal Taman Ria di Kecamatan Sumberejo, Kabupaten Tanggamus. Akar tanaman terserang nematoda puru akar (NPA) ditandai oleh adanya puru akar. Setelah diambil akar dicuci menggunakan air mengalir yang bertujuan untuk menghilangkan sisa tanah yang menempel pada akar. Setelah bersih akar dipotong-potong kurang lebih sepanjang 1-2 cm, lalu dimasukkan ke

dalam erlenmeyer 500 ml berisi larutan klorok (NaOCl) 1% . Potongan akar dalam larutan kloroks ini kemudian dikocok menggunakan shaker selama \pm 10 menit sehingga telur lepas dari akar. Selanjutnya suspensi telur nematoda puru akar dibilas menggunakan air mengalir dengan saringan 38 μ m hingga NaOCl hilang yang ditandai oleh tidak terciumnya bau klorok. Telur dalam suspensi dihitung dibawah mikroskop stereo binokuler menggunakan cawan petri bergaris untuk menentukan jumlah telur tiap cc suspensi.

3.5 Aplikasi Jamur *P. lilacinum*

Aplikasi jamur *P. lilacinum* dilakukan melalui dua tahap. Aplikasi tahap pertama yaitu jamur *P. lilacinum* pada media beras diaplikasikan pada media tanam di dalam *polybag* yaitu 3 hari sebelum tanam (Gambar 9 Lampiran). Jamur diaplikasikan menurut perlakuan yaitu 0, 5, 10, 20, dan 40 g jamur *P. Lilacinum*, tiap *polybag* berisi media tanam 2,5 kg, jamur diaplikasikan pada lubang tanam yang dibuat sedalam 5 cm.

Aplikasi tahap kedua yaitu pencelupan akar tanaman pada suspensi *P. lilacinum* sebelum *transplanting*. Suspensi jamur *P. lilacinum* dibuat dengan langkah sebagai berikut. Pertama biakan jamur dalam cawan dikerok menggunakan jarum oose, lalu dimasukkan ke dalam tabung reaksi dan ditambahkan air steril sebanyak 10 ml menggunakan mikropipet, lalu dikocok manual kurang lebih 1 menit. Hasil dari pengenceran ini digunakan untuk merendam akar bibit tanaman tomat dengan perlakuan dosis 40 g per *polybag*. Untuk dosis perlakuan 20 g, dari suspensi perlakuan dosis 40 g per *polybag* diambil sebanyak 1 ml, lalu dimasukkan ke dalam tabung reaksi dan ditambah air steril sebanyak 10 ml. Untuk perlakuan dosis 10 g per *polybag*, dari suspensi perlakuan 20 g diambil 1 ml, kemudian ditambahkan 10 ml air steril. Perlakuan dosis 5 g per *polybag*, dari suspensi untuk perlakuan 10 g diambil 1 ml kemudian ditambahkan 10 ml air steril,

dan untuk perlakuan 0 g atau kontrol, tidak dilakukan perendaman akar. Aplikasi jamur dilakukan dengan cara merendam akar bibit tanaman tomat pada suspensi jamur sesuai dosis perlakuan. Akar direndam \pm 3 menit sebelum tanaman di pindahkan ke media tanam.

3.6 Infestasi Nematoda pada Tanaman Tomat

Infestasi nematoda puru akar pertama dilakukan satu minggu setelah aplikasi jamur *P. lilacinum* menggunakan 2000 telur tiap tanaman. Infestasi kedua dilakukan 14 hari setelah aplikasi pertama dengan 2000 telur nematoda tiap tanaman. Infestasi telur nematoda menggunakan mikropipet. Sebelum dilakukan infestasi, dibuat lubang melingkar dengan kedalaman kurang lebih 10 cm di sekitar pangkal batang tanaman. Suspensi diteteskan secara merata, kemudian lubang ditutup kembali dengan tanah. Kandungan telur nematoda tiap 1 cc suspensi sebanyak 200-250 telur jadi untuk mendapatkan 2000 telur nematoda diperlukan sebanyak 8-9 ml suspensi setiap satuan percobaan.

3.7 Perawatan Tanaman Tomat

Perawatan tanaman meliputi penyiraman, pemasangan ajir, dan pengendalian gulma.

3.7.1 Penyiraman Tanaman

Penyiraman tanaman tomat dilakukan setiap pagi dan sore hari menggunakan botol bekas air mineral 2 liter yang telah dilubangi tutupnya lalu diisi air. Botol yang telah diisi air kemudian disiramkan pada tanaman dimulai dari daun hingga ke akar tanaman.

3.7.2 Pemasangan Ajir

Pemasangan ajir pada tanaman tomat dilakukan untuk penopang batang tomat agar tetap berdiri tegak dan kokoh sehingga buah tomat tidak menempel di tanah.

Pemasangan ajir dilakukan sekitar 2 minggu setelah tanam. Ajir dibuat dari bambu yang dipotong berukuran 30- 40 cm dengan ketebalan sekitar 2 cm.

3.7.3 Pengendalian Gulma

Pengendalian gulma dilakukan secara manual yaitu gulma yang tumbuh dan mengganggu tanaman, dicabut dan dibuang.

3.8 Variabel Pengamatan

Variabel yang diamati yaitu, populasi nematoda dari tanah dan akar, kerusakan akar dan kolonisasi jamur endofit pada akar.

3.8.1 Populasi nematoda dari tanah dan akar

Populasi nematoda dari akar dan tanah diamati setelah tanaman tomat berumur kurang lebih 70 HST. Untuk mengetahui populasi nematoda pada tanah dan akar langkah pertama adalah membongkar tanaman kemudian dilakukan ekstraksi nematoda.

3.8.1.1 Ekstraksi Nematoda dari Akar

Ekstraksi nematoda dari akar dilakukan untuk mengetahui jumlah nematoda yang ada dalam akar tanaman tomat. Ekstraksi nematoda menggunakan metode Baerman yang dimodifikasi yaitu peralatan berupa mangkuk plastik berdiameter 17 cm yang dilengkapi saringan. Sampel akar sebelumnya dicuci kemudian ditimbang, lalu diambil 5 gram untuk dipotong dengan ukuran kurang lebih 1 cm dan dimaserasi dengan cara ditumbuk selama 30 detik. Sebelumnya, telah disiapkan alat ekstraksi yaitu saringan yang telah dialasi dengan tissue dapur dan diletakkan diatas mangkuk. Potongan akar yang telah ditumbuk ditaburkan secara merata diatas saringan yang telah dilapisi tissue, kemudian mangkuk diisi air hingga volumenya merendam potongan akar. Setelah diinkubasi selama 48 jam, suspensi nematoda pada mangkuk ditampung kemudian disaring menggunakan saringan 38 μm untuk mengurangi volumenya. Setelah itu suspensi nematoda disimpan dalam botol suspensi nematoda.

3.8.1.2 Ekstraksi Nematoda dari Tanah

Metode ekstraksi nematoda dari tanah yang digunakan yaitu metode penyaringan bertingkat (saringan 1 mm, 53 μ m, 38 μ m) dan sentrifugasi dengan larutan gula. Larutan gula disiapkan dengan cara melarutkan 500 g gula dalam air sampai volume larutan menjadi 1000 ml. Sampel tanah sebanyak 300 cc dimasukkan ke dalam ember kecil berukuran 2 l yang sudah berisi air, lalu dihancurkan dengan meremas-remas sambil diaduk sampai bongkahan tanah hancur, kemudian didiamkan selama 1 menit. Suspensi disaring menggunakan saringan 1 mm, ditampung pada ember kedua. Krikil, akar dan seresah yang tertambat pada saringan dibuang. Suspensi tanah pada ember kedua didiamkan selama 3 menit, kemudian disaring kembali menggunakan saringan 53 μ m. Filtrat ditampung pada ember ketiga, tanah yang tertambat pada saringan diambil dan ditampung didalam beaker glass dengan bantuan botol semprot. Suspensi tanah pada ember ketiga disaring kembali menggunakan saringan 38 μ m, tanah tertambat pada saringan diambil dan dicampur dengan tanah hasil penyaringan 53 μ m. Suspensi tanah diaduk merata, kemudian dimasukkan ke dalam tabung sentrifuges dan disentrifius dengan kecepatan 3000 rpm selama 3 menit. Supernatant dibuang dan endapan tanah ditambah larutan gula sebanyak 2 kali tinggi endapat, kemudian diaduk sampai merata, lalu disentrifius kembali dengan kecepatan 1500 rpm selama 1,5 menit. Supernatant yang dihasilkan adalah suspensi nematoda yang tercampur larutan gula. Supernatant nematoda yang tercampur dengan larutan gula dibilas menggunakan saringan 38 μ m, kemudian ditampung pada botol suspense, lalu diberi label.

3.8.1.2.1 Metode Penghitungan Nematoda

Populasi nematoda dari sampel tanah dan akar dihitung. Penghitungan dilakukan dengan cara membuat volume suspensi nematoda menjadi 10 cc, dengan cara pemipetan secara hati-hati. Dari suspensi ini diambil sebanyak 3 ml menggunakan pipet berskala, kemudian dituangkan ke dalam cawan petri bergaris, dan dihitung dibawah mikroskop *stereo binokuler* dengan bantuan *handtaly counter*. Penghitungan dilakukan berulang sampai seluruh suspensi habis. Total nematoda

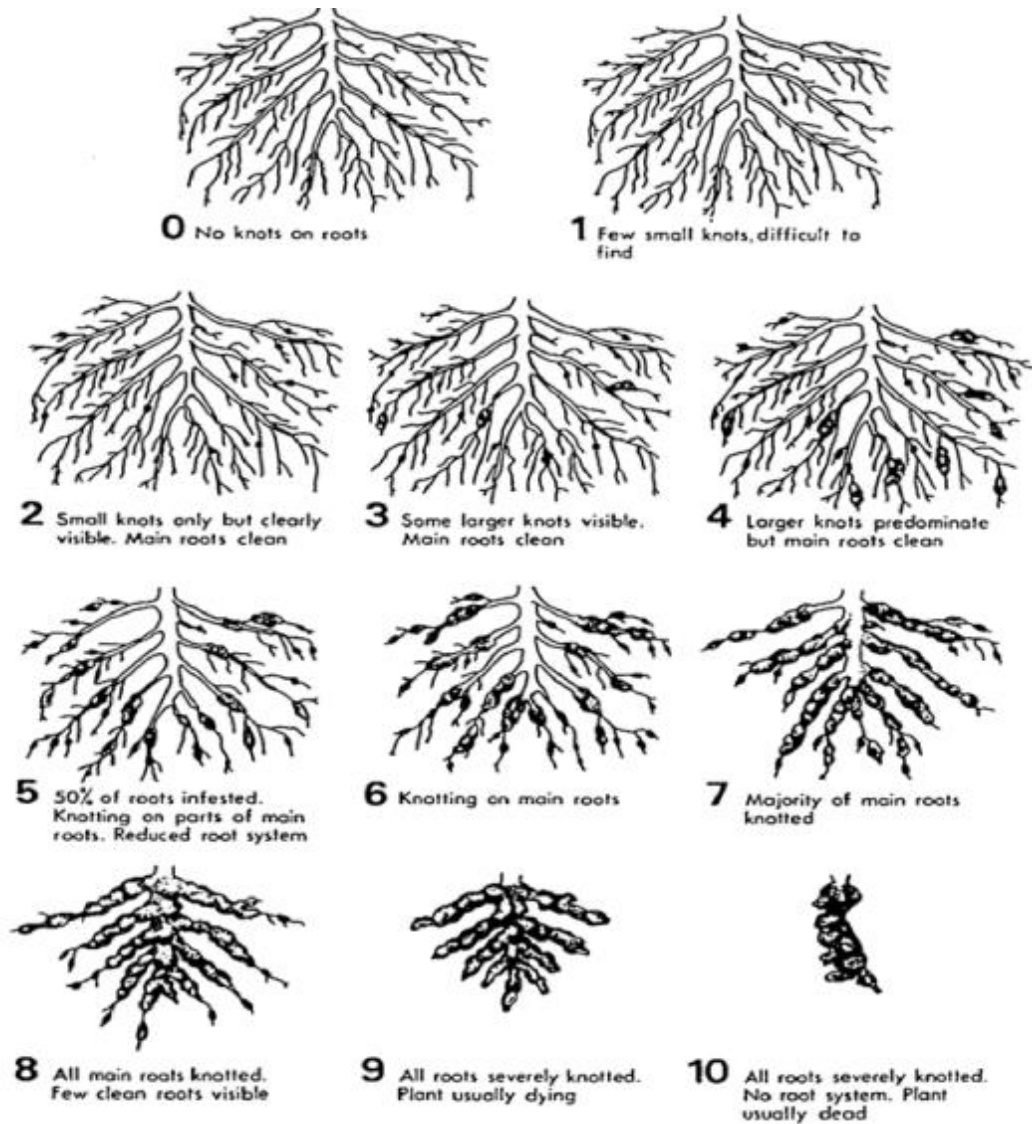
adalah populasi NPA tiap 300 cc. Perhitungan populasi nematoda dari sampel akar sama dengan penghitungan nematoda dari sampel tanah. Total nematoda adalah populasi NPA per 5 g akar.

3.8.3 Kerusakan Akar

Kerusakan akar berupa puru akibat serangan Nematoda Puru Akar (NPA) diberi skor menggunakan skala Zeck yang terdiri dari 10 skala yaitu 0 sampai 10 (Tabel 1). Sebelum diberi skor, sampel akar dicuci hingga bersih dari tanah, kemudian skala kerusakan berupa keparahan puru terbentuk diterapkan berdasarkan skala Zeck seperti pada Tabel 1 dan Gambar 1. (1971 dalam Fiandani *et al.*, 2021).

Tabel 1. Skala kerusakan akar (Zeck 1971 dalam Fiandani *et al.*, 2021).

| Skala Zeck | Kriteria Terbentuknya Puru Akar |
|------------|---|
| 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 2. Skor dan kriteria kerusakan akar terserang NPA (Hay et al., 2014 dalam Fiandani, 2019).

3.8.4 Jamur yang Mengkoloni Akar sebagai Endofit

Pengamatan jamur endofit menggunakan metode pengecatan akar. Dengan pengecatan dapat dilakukan identifikasi jamur endofit pada tanaman. Metode ini adalah pewarnaan atau pengecatan khusus yang dapat menunjukkan keberadaan jamur endofit di dalam jaringan akar (Arnold *et al.*, 2007).

Langkah pertama akar dipilih dan dicuci bersih, kemudian di potong potong 3-5 cm. Sebanyak 2 g akar direndam dalam 3 ml alkohol 70% selama 24 jam dalam tabung reaksi. Selanjutnya alkohol dibuang dan digantikan dengan 3 ml larutan KOH 10%, kemudian dioven selama 10 menit pada suhu 100 °C. Setelah dioven akar didiamkan dan cuci sampai bersih. Selanjutnya akar ini direndam lagi di dalam larutan HCl 2% selama 10 menit. Setelah itu akar diberi pewarna *tryphan blue* dan dioven selama 30 menit pada suhu 100 °C. Setelah itu akar dipotong dengan ukuran 2 cm, lalu dipotong lagi menjadi 10 bagian dan disusun pada kaca preparat, kemudian diamati dibawah mikroskop pada perbesaran 100 x dan di catat hasilnya (Suharno *et.al.*, 2014).

$$\text{Persentase akar terinfeksi endofit} = \frac{\text{jumlah akar terinfeksi}}{\text{jumlah akar yang diamati}} \times 100\%$$

Nilai persentase keberadaan jamur endofit yang mengkoloni perakaran tanaman tomat, status koloni akar digolongkan dalam 5 kategori yang menunjukkan status koloni yaitu, rendah, sedang, tinggi dan sangat tinggi (Nusantara *et al.*, 2012 dalam Alayya dan Prasetya, 2022) (Tabel 2).

Tabel 2. Kategori status koloni jamur endofit pada akar tanaman

| Koloni (%) | Status Koloni |
|------------|--------------------|
| 0 | Tidak dikolonisasi |
| 1 - 10 | Rendah |
| 11 - 30 | Sedang |
| 31 - 75 | Tinggi |
| ≥76 | Sangat tinggi |

3.9 Analisis Data

Data yang meliputi populasi nematoda dalam akar, dan tanah, tingkat kerusakan akar dianalisis ragam (ANARA) dan dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf nyata 5%.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian kali ini, maka dapat disimpulkan:

1. Perbedaan dosis aplikasi jamur *Purpureocillium lilacinum* mempengaruhi populasi *Melioidogyne* sp. serta pada dosis 40 g per tanaman efektif mengendalikan NPA,
2. Jamur *P. lilacinum* terbukti bersifat endofit dalam perakaran tanaman tomat dan terdapat perbedaan tingkat kolonisasi akar pada dosis jamur *P. Lilacinum* yang berbeda.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, disarankan untuk melakukan penelitian lanjutan agar lebih dikembangkan lagi mengenai pewarnaan akar untuk mengamati jamur endofit dalam jaringan akar tanaman.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, R. Z. 2013. Kapang *Paecilomyces lilacinum* dan *Verticillium chlamydosporium* sebagai pengendali hayati fasciolosis. *Jurnal WARTAZOA*. 23(3):135-141.
- Alayya, N. P. dan Prasetya, B. 2022. Kepadatan spora dan persen koloni *Mikoriza Vesikula Arbuskula* (MVA) pada beberapa tanaman pangan di lahan pertanian kecamatan jabung Malang. *Jurnal Tanah dan Sumber Daya Alam*. 9(2): 267-276.
- Arnold, A. E. dan Engelbrecht, B. M. 2007. Fungal endophytes nearly double minimum leaf conductance in seedlings of a neotropical tree species. *Journal of Tropical Ecology*. 23(3): 369-372.
- Badan Pusat Statistik. 2018. *Badan Pusat Statistik dan Direktorat Jendral Hortikultura*. 2018. Produksi Tomat Nasional per Propinsi. <https://www.bps.go.id>. Diakses pada 14 Februari 2023
- Banguenab, A. dan Sibani, A. 2020. Biodegradation of petroleum hydrocarbons by filamentous fungi (*Aspergillus ustus* and *Purpureocillium lilacinum*) isolated from used engine oil contaminated soil. *Journal Acta Ecologica Sinica*. 10 (8): 8-16.
- Baazem, A., Alorabi, M., Darwesh, H., Alotaibi, S.S., El-Deen, A.N., Iqbal, S., Naqvi, H.A. 2022. Biological control of Root-knot nematode (*Meloidogyne javanica*) by potential antagonism of endophytic fungi isolated from Taify roses. *Journal of King Saud University-Science*. 34(22):1-6
- Cahyono, B. 2008. *Tomat usaha Tani dan penanggulangan pasca panen*. Kanisius. Yogyakarta
- Clay, K. 1988. Fungal Endophyte of Grasses: a defensive mutualism between plants fungi. *Journal of Ecology*. 69(1): 10-16.
- Dirjen Hortikultura. 2019. *Statistik Konsumsi Hortikultura*. <http://hortikultura.go.id>. Diakses pada 14 februari 2023
- Dalimartha, dan A. Felix, A. 2011. *Khasiat Buah dan Sayur Cetakan ke 2*. Penebar Swadaya. Jakarta.

- Fiandani, A., Swibawa, I. G., Fitriana, Y., dan Poernomo. 2021. Pengaruh dosis bionematisida jamur *Purpureocillium lilacinum* (Syn. *Paecilomyces lilacinus*) isolate B01TG berbahan pembawa limbah pertanian terhadap keefektifannya dalam mengendalikan *Meloidogyne* sp. *Jurnal Agrotek Tropika*. 9(2): 189-197.
- Fiandani, A. 2019. Pengaruh dosis bionematisida jamur *Purpureocillium lilacinum* (Syn. *Paecilomyces lilacinus*) isolate B01TG berbahan pembawa limbah pertanian terhadap keefektifannya dalam mengendalikan *Meloidogyne* sp (*Skripsi*). Universitas Lampung. Bandar Lampung. 51 hlm.
- Habtuti, N. 2018. Potensi jamur endofit sebagai plant growth promoting fungi (PGPF) terhadap pertumbuhan bibit *Singgle bud side* tanaman tebu. (*Skripsi*). Universitas Brawijaya. Malang. 44 hlm
- Istikorini, 2005. *Eksplorasi Cendawan Endofit dari Tanaman Cabai (Capsicum annumL) dan Teki (Cyperus rotundus)*. IPB. Bogor.
- Iwan, P., Panca, D. M. H., Edit, L. A., dan Shandathyana, N. 2023. Kualitas Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) yang diproduksi dengan teknik Fortifikasi dan Fertigasi berbeda pada Pertumbuhan *Indigofera zoollingeriana*. *Jurnal Ilmu pertanian Indonesia*. 28(3) 377-385.
- Kepenekci, I., Oksal, E., Saglam, H. D., Atay, T., Tulek, A., dan Evlice, E. 2015. Identification of Turkish Isolate of the Entomopathogenic Fungi, *Purpureocillium lilacinum* (syn: *Paecilomyces lilacinus*) and its Effect on Potato Pests, *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae) and *Leptinotarsa decemlineata* (Say) (Coleoptera: Chrysomelidae). *Egypton journal of Biological Pest Control*.
- Khan, A. L., Hussain, J., Al-Harrasi, A., Al-Rawahi, A., dan Lee, I. J. 2015. Endophytic fungi: resource for gibberellins and crop abiotic stress resistance. *Critical Reviews in Biotechnology*. 35(1):62–74.
- Kurniawan, M., Swibawa, I. G., Solikhin., dan Fitriana. Y. 2021. Pengaruh media limbah pertanian padat terhadap pertumbuhan jamur *Purpureocillium lilacinum* (Syn *Paecilomyces Lilacinus*). *Jurnal Agrotek Tropika*. 9(3): 397-406.
- Lenta, B. N., Jules, N., Marcel, F., Flora, L. Y., Steve, V., Flore, N., dan Carmela, M. 2016. Purpureone, an antileishmanial ergochromr from the endophytic fungus *Purpureocillium lilacinum*. *Z. Naturforsch.* 71(11) :1159-1167
- Luangsa Ard, J., Houbraken, J., Van Doorn, T., Hong, S. B., Borman, A. M., Hywel-Jones, N.L., dan Samson, R. A. 2011. Research Letter: *Purpureocillium* a new genus for the medically important *Paecilomyces lilacinus*. *Federation of European Microbiological Societes (FEMS) Microbiol Lett* 321. 141-149.
- Manan, A. dan Munadjat, A. 2012. Pemanfaatan jamur parasite dan ekstrak gulma untuk mengendalikan nematoda sista kuning *Globodera rostochiensis* pada tanaman kentang. *Agrin*. 16(2): 93-100.

- Nurul, R. A. M. 2020. Uji Kemempanan *Trichoderma* sp. terhadap nematoda Puru akar tomat. *Jurnal Agrowiralodra*.3(2): 52-53.
- Oktarina, I., Wijaya., dan Sigit, F. W. 2011. Pembiakan Jamur *Entomopatogen Paecilomyces fumosoroseus* Dalam Formulasi Granula sebagai Agensia Hayati Pada Kutu Kebul (*Bemisia tabaci* Genn.). *Skripsi*. Universitas Muhammadiyah Jember. Jember.
- Purwati, E. dan Khairunisa. 2007. *Budi Daya Tomat Dataran Rendah*. Penebar Swadaya. Depok.
- Pitojo, S. 2005. *Benih Tomat*. Kanisius. Yogyakarta.
- Rismunandar. 2001. *Tanaman Tomat*. Sinar Baru Algesindo. Jakarta.
- Suharno, Retno, P. S., Endang, S. S., dan Rina S. K. 2014. Keberadaan fungi mikoriza Arbuskulas di kawasan tailing tambang emas timika sebagai upaya rehabilitasi ramah lingkungan. *Jurnal Manusia dan Lingkungan*.21(03):297-298.
- Taylor, A. L. dan Sasser, J. N. 1978. *Biology, Identification and Control of Root Knot Nematodes (Meloidogyne spp)*. North Carolina State University Graphies. USA.
- Tugiyono. 2007. *Budidaya Tanaman Tomat*. PT. Agromedia Pustaka. Jakarta.
- USDA. 2014. <https://plants.usda.gov/home/plantProfile?symbol=SOLY2>. Diakses pada 6 september 2024.
- Vega, F. E., F. Posada., M. C. Aime., M. Pava-Ripoll., F. Infante., dan S. A. Rehner. 2008. *Entomopathogenic Fungal Endophytes. Biological. Control*. 46: 72-82.
- Wenny, I. 2007. *Potensi Tomat Lokal Indonesia dalam Pembuatan Pasta Tomat Menggantikan Pasta Tomat Impor*. SRKP.
- Wilandari, R., Swibawa, I G., Nur Aeny, T., dan Purnomo. 2022. Efikasi Bionematisida *Purpureocillium lilacinum* Terhadap Nematoda Puru Akar (*Meloidogyne* sp.) dari dua inang berbeda. *Jurnal Agrotek Tropika* 10(2): 187-193.
- Wiriyanta, W. T. B. 2004. *Bertanam Tomat*. Agromedia Pustaka. Jakarta.
- Yulianti, T. 2013. *Pemanfaatan Endofit sebagai Agensia Pengendali Hayati Hama dan Penyakit Tanaman*. Balai Penelitian Tanaman Pemanis Serat. Malang.
- Yulianti, E. 2017. Populasi dan Tingkat Serangan Nematoda Puru Akar (*Meloidogyne* spp.) Pada Beberapa Tingkat Umur Tanaman Jambu Biji di PT Nusantara Tropical Farm. (*Skripsi*). Universitas Lampung. Bandar Lampung. 33 hlm.