

**PENGARUH INDUKSI *Gliocladium* sp. DAN EKSTRAK TAOGE
KACANG HIJAU (*Vigna radiata* (L.) R. Wilczek) TERHADAP LAYU
FUSARIUM PADA TANAMAN TOMAT (*Solanum lycopersicum* L.)**

Skripsi

**Oleh
Nashaza Aishwardani
2057021005**



**JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
2024**

**PENGARUH INDUKSI *Gliocladium* sp. DAN EKSTRAK TAOGE
KACANG HIJAU (*Vigna radiata* (L.) R. Wilczek) TERHADAP LAYU
FUSARIUM PADA TANAMAN TOMAT (*Solanum lycopersicum* L.)**

Oleh

Nashaza Aishwardani

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

Pada

Jurusan Biologi

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

PENGARUH INDUKSI *GLIOCLADIUM* sp. DAN EKSTRAK TAOGE KACANG HIJAU (*Vigna radiata* (L.) R. Wilczek) TERHADAP LAYU FUSARIUM PADA TANAMAN TOMAT (*Solanum lycopersicum* L.)

Oleh

Nashaza Aishwardani

Tomat (*Solanum lycopersicum* L.) banyak dibudidayakan karena tingginya peminat, namun budidaya tomat masih banyak terkendala salah satunya infeksi *Fusarium oxysporum* yang menyebabkan tanaman layu. Pengendalian infeksi tanaman menggunakan fungisida sintesis memberikan dampak buruk terhadap lingkungan, sehingga diperlukan alternatif lain seperti memanfaatkan agen hayati. *Gliocladium* sp. diketahui dapat menghambat pertumbuhan *F. oxysporum*. Upaya mempercepat pemulihan tanaman dapat dilakukan dengan pemberian zat pengatur tumbuh (ZPT). ZPT alami pada ekstrak taoge kacang hijau (*Vigna radiata* (L.) R. Wilczek) diketahui mengandung hormon auksin, giberelin, dan sitokinin. Penelitian ini bertujuan untuk 1) mengetahui pengaruh kombinasi *Gliocladium* sp. dan ekstrak taoge kacang hijau dalam menghambat *F. oxysporum* dan meningkatkan pertumbuhan tanaman; 2) menemukan kombinasi dosis *Gliocladium* sp. dan ekstrak taoge kacang hijau yang tepat dalam menghambat *F. oxysporum* dan meningkatkan pertumbuhan tanaman tomat. Penelitian ini dilakukan menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan 7 perlakuan dan 3 ulangan. Hasil ANOVA pada $\alpha = 5\%$ membuktikan bahwa induksi *Gliocladium* sp. dan ekstrak taoge 60% *in vivo* secara nyata berpengaruh terhadap kejadian penyakit, keparahan penyakit, tinggi tanaman, luas daun, berat kering, dan kandungan klorofil dengan dosis terbaik pada perlakuan P_{G30T}.

Kata kunci : Tomat, *Fusarium oxysporum*, *Gliocladium* sp., Ekstrak taoge kacang hijau.

ABSTRACT

EFFECT OF *Gliocladium* sp. AND MUNG BEAN SPROUTS EXTRACT (*Vigna radiata* (L.) R. Wilczek) INDUCTION ON FUSARIUM WILT IN TOMATO PLANTS (*Solanum lycopersicum* L.)

By

Nashaza Aishwardani

Tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.) are widely cultivated due to high demand, but tomato cultivation still encounters many obstacles, one of which is *Fusarium oxysporum* infection which causes plant wilting. Control of plant infections using chemical fungicides harms the environment, so alternatives such as biological agents are needed. *Gliocladium* sp. is known to inhibit the growth of *F. oxysporum*. The natural plant growth hormones in mung bean sprouts extract (*Vigna radiata* (L.) R. Wilczek) is known to contain the hormones auxin, gibberellin, and cytokinin. This research aims to 1) find the effects of the combination of *Gliocladium* sp. and mung bean sprouts extract in inhibiting *F. oxysporum* and enhancing plant growth, 2) find the right combination doses of *Gliocladium* sp. and the mung bean sprouts extracts in inhibits *F. oxysporum* and boosts tomato crop growth. This study uses a complete random design (RAL) with seven treatments and three repetitions. ANOVA results at a level of $\alpha = 5\%$ prove that in vivo induction of *Gliocladium* sp. and 60% sprouts extract gives a real influence on disease incidence, disease severity, plant height, leaf size, dry weight, and chlorophyll content at the best dose on the treatment of P_{G30T}.

Keywords: Tomato, *Fusarium oxysporum*, *Gliocladium* sp., Mung bean sprouts extract.

Judul Skripsi : Pengaruh Induksi *Gliocladium* sp. dan Ekstrak Taoge Kacang Hijau (*Vigna radiata* (L.) R. Wilczek) Terhadap Layu Fusarium Pada Tanaman Tomat (*Solanum lycopersicum* L.)

Nama Mahasiswa : **Nashaza Aishwardani**

NPM : 2057021005

Program Studi : S1 -Biologi

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Pembimbing I

Prof. Dr. Bambang Irawan, M.Sc.
NIP. 196303031992031006

Pembimbing II

Rochmah Agustrina, Ph.D.
NIP. 196108031989032002

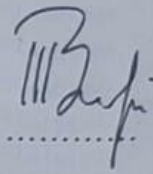
2. Ketua Jurusan Biologi FMIPA

Dr. Jani Master, S.Si., M.Si.
NIP. 198301312008121001

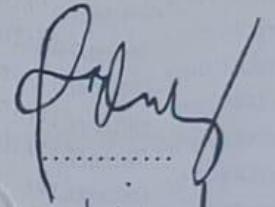
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

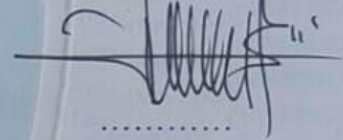
Ketua Penguji : **Prof. Dr. Bambang Irawan, M.Sc.**



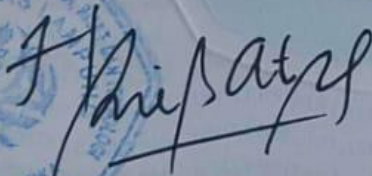
Anggota Penguji : **Rochmah Agustrina, Ph.D.**



Penguji Utama : **Dra. Yulianty, M.Si.**



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.
NIP.197110012005011002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **11 Juli 2024**

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nashaza Aishwardani
NPM : 2057021005
Jurusan : Biologi
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengatahuan Alam
Perguruan Tinggi : Universitas Lampung

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa skripsi yang berjudul:

“PENGARUH INDUKSI *Gliocladium* sp. DAN EKSTRAK TAOGE KACANG HIJAU (*Vigna radiata* (L.) R. Wilczek) TERHADAP LAYU FUSARIUM PADA TANAMAN TOMAT (*Solanum lycopersicum* L.)”

Isi skripsi ini baik data maupun pembahasannya adalah benar karya saya sendiri yang saya susun dengan mengikuti norma dan etika yang berlaku. Saya memastikan bahwa karya ini tidak berisi material yang telah dipublikasi sebelumnya atau plagiat dari karya orang lain.

Demikian pernyataan ini saya buat. Apabila di kemudian hari terbukti karya saya ini tidak benar, maka saya bersedia menemui sanksi akademik.

Bandarlampung, 17 Juli 2024

Penulis



Nashaza Aishwardani

RIWAYAT HIDUP



Penulis lahir di Jombang pada tanggal 17 September 2002, sebagai anak pertama dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Eko Takaryanto dan Ibu Siti Cholifah. Penulis menyelesaikan pendidikan pertamanya di TK Mustika Bangsa pada tahun 2007. Kemudian melanjutkan pendidikan sekolah dasar di Sekolah Dasar (SD) Yayasan Binong Permai pada tahun 2008-2014. Penulis menyelesaikan sekolah menengah pertama di Sekolah Menengah Pertama (SMP) Negeri 1 Kelapa Dua Tangerang pada tahun 2017. Selanjutnya, Penulis menyelesaikan sekolah menengah atas di Sekolah Menengah Atas (SMA) Negeri 3 Kabupaten Tangerang.

Penulis terdaftar di Universitas Lampung sebagai mahasiswa program studi Biologi pada tahun 2020. Sebagai mahasiswa biologi, Penulis pernah menjadi anggota Himpunan Mahasiswa Biologi (HIMBIO) FMIPA Universitas Lampung pada tahun 2021 sebagai anggota Bidang Komunikasi Informasi dan Hubungan Masyarakat. Penulis juga berpartisipasi dalam Biology English Club (BEC) pada tahun 2022. Penulis pernah menjadi asisten praktikum untuk mata kuliah praktikum genetika. Penulis juga berkesempatan untuk berkontribusi sebagai tim mahasiswa dalam prosedur akreditasi internasional yang diselenggarakan oleh ASIIN (Akkreditierungsagentur für Studiengänge der Ingenieurwissenschaften, der Informatik, der Naturwissenschaften und der Mathematik) pada tahun 2023.

Selama masa studinya, Penulis menyelesaikan magang di Balai Besar Pengujian Penerapan Produk Kelautan dan Perikanan (BBP3KP) pada bulan Januari-

Februari 2023. Kerja magangnya berfokus pada "Uji Keberadaan Bakteri *E. coli* Pada Produk Perikanan di Balai Besar Pengujian Penerapan Produk Kelautan dan Perikanan (BBP3KP)". Selain itu, Penulis juga berpartisipasi dalam Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Kampung Balairejo, Kec. Kalirejo, Kab. Lampung Tengah, Provinsi Lampung selama 40 hari pada bulan Juni-Agustus 2023.

MOTTO

So, surely with hardship comes ease. Surely with that hardship comes more ease. So once you have fulfilled your duty, strive in devotion. Turning to your Lord with hope (Al-Inshirah 94:5-8)

Then I am near, I will answer the call of the supplicant when he calls, so let them respond to Me and believe in Me, that they may be guided (Al-Baqarah 2:186)

PERSEMBAHAN

This undergraduate thesis is a heartfelt tribute to my beloved parents: my mother, father, sister and brother. Thank you for praying, encouraging, supporting and motivating me so that I could finish my studies.

SANWACANA

Alhamdulillahirobbilalamin. Segala puji bagi Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis mampu menyusun dan menyelesaikan skripsi dengan judul “**Pengaruh Induksi *Gliocladium* sp. dan Ekstrak Taoge Kacang Hijau (*Vigna radiata* (L.) R. Wilczek) Terhadap Layu *Fusarium* Pada Tanaman Tomat (*Solanum Lycopersicum* L.)**” sebagai syarat memperoleh gelar Sarjana Sains Universitas Lampung.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini dapat disusun dengan baik atas dukungan, arahan, dan motivasi dari berbagai pihak. Oleh sebab itu, Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT. atas kuasa dan Karunia-Nya kepada Penulis hingga dapat terselesaikannya skripsi ini.
2. Kedua orang tua, Ibu dan Bapak, terima kasih atas segala hal yang telah kalian berikan baik secara moril dan materil, kalian yang selalu memberikan doa dan dukungan kepada Penulis. Terima kasih karena kalian Penulis ada di Fase ini.
3. Bapak Prof. Dr. Bambang Irawan, M.Sc., selaku Dosen Pembimbing I yang selalu mendukung, memberi arahan, dan memotivasi sejak perumusan judul skripsi hingga penyusunan skripsi ini selesai.
4. Ibu Rochmah Agustrina, Ph.D., selaku Dosen Pembimbing II yang selalu membimbing, mendukung, dan memberi arahan dalam penyusunan skripsi.
5. Ibu Dra. Yulianty, M.Si., selaku Dosen Pembahas yang memberikan kritik dan saran untuk penyempurnaan skripsi.
6. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

7. Bapak Dr. Jani Master, M.Si., selaku Ketua Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
8. Ibu Dr. Kusuma Handayani, M.Si., selaku Ketua Program Studi S1 Biologi Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung dan Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan arahan, dukungan, dan motivasi kepada Penulis selama menempuh pendidikan di Jurusan Biologi.
9. Ibu Dhiny Suntya Putri, M.P. selaku Laboran Botani Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung yang telah memberikan arahan dan dukungan kepada penulis selama melaksanakan penelitian.
10. Teruntuk Alfina Amrani, rekan seperjuangan penelitian sekaligus sahabat yang telah kebersamai penulis dari awal masuk perkuliahan hingga seterusnya, terima kasih karena selalu saling membantu dalam pelaksanaan penelitian, selalu ada di setiap waktu dan senantiasa mendengarkan keluh kesah penulis, memberikan saran dan dukungan kepada penulis.
11. Teman-teman seperjuangan Muthia Azzahra, Innes Putri Monika, Sindi Widayanti, Helmi Setiani, Muammar Aflah, Ulfiyatul Jannah, O Ruming Pury, Adellya Salsabila, Titin Widayanti, Nova Izanah, dan Risma Mulyavelina terima kasih atas kebersamaan dan dukungannya selama masa perkuliahan.
12. Seluruh rekan-rekan Jurusan Biologi Angkatan 2020
13. Semua pihak yang terlibat yang tidak dapat disebutkan oleh penulis satu-satu, penulis mengucapkan terima kasih untuk doa dan dukungan yang telah diberikan.
14. *Last but not least, I wanna thank me for doing all of this hard work and not even give up in the lowest moment. I've worked hard, i've did it well and i'll always do well.*

Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan yang telah diberikan. Akhir kata dengan mengucapkan banyak syukur, Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Atas perhatiannya, Penulis ucapkan terima kasih.

Bandarlampung, 17 Juli 2024

Penulis

Nashaza Aishwardani

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	ii
ABSTRAK	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
MENGESAHKAN	vi
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	vii
RIWAYAT HIDUP	viii
SANWACANA.....	xii
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR	xviii
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan Penelitian	3
1.3. Kerangka Pemikiran.....	4
1.4. Hipotesis Penelitian	5
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1. Tanaman Tomat (<i>Solanum lycopersicum</i> L.).....	6
2.1.1. Syarat Tumbuh Tanaman Tomat	8
2.2. <i>Gliocladium</i> sp.....	9
2.2.1. Potensi <i>Gliocladium</i> sp.	10
2.2.2. Mekanisme Penghambatan Patogen Oleh <i>Gliocladium</i> sp.	11
2.3. Kacang Hijau (<i>Vigna radiata</i> (L.) R. Wilczek.....	13
2.3.1. Zat Pengatur Tumbuh.....	14
2.3.2. Fungisida Nabati	15
2.4. Jamur <i>Fusarium oxysporum</i>	16
2.4.1. Mekanisme Infeksi <i>Fusarium</i> Pada Tanaman	18

III. METODE PENELITIAN	19
3.1. Waktu dan Tempat	19
3.2. Alat dan Bahan	19
3.3. Rancangan Penelitian	20
3.4. Prosedur Penelitian	20
3.4.1. Pembuatan <i>Potato Dextrose Agar</i> (PDA)	20
3.4.2. Pembuatan Ekstrak Taoge Konsentrasi 60%.....	21
3.4.3. Peremajaan Jamur <i>Gliocladium</i> sp. dan Jamur <i>Fusarium</i> <i>oxysporum</i>	21
3.4.4. Perbanyak Isolat <i>Gliocladium</i> sp.	21
3.4.5. Pembuatan Suspensi <i>F. oxysporum</i>	22
3.4.6. Penyemaian dan Penanaman Bibit.....	23
3.4.7. Uji Antagonis <i>Gliocladium</i> sp. secara <i>in vitro</i>	23
3.4.8. Uji Pengaruh Pemberian <i>Gliocladium</i> sp. dan ekstrak taoge kacang hijau terhadap tanaman tomat yang diinfeksi <i>F oxysporum</i>	24
3.5. Pengamatan.....	25
3.6. Analisis Data	28
3.7. Diagram Alir.....	29
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	30
4.1. Hasil Pengamatan	30
4.2. Pembahasan	39
V. SIMPULAN DAN SARAN.....	47
5.1. Simpulan.....	47
5.2. Saran	47
DAFTAR PUSTAKA	48
LAMPIRAN.....	59

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Masa inkubasi <i>F. oxysporum</i> pada tanaman tomat setelah induksi <i>Gliocladium</i> sp. dan ekstrak taoge kacang hijau.....	31
2. Kejadian penyakit pada tanaman tomat setelah induksi <i>Gliocladium</i> sp. dan ekstrak taoge kacang hijau.....	33
3. Keparahan penyakit pada tanaman tomat setelah induksi <i>Gliocladium</i> sp. dan ekstrak taoge kacang hijau.....	34

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Morfologi akar, batang, dan daun tomat.....	7
2. Morfologi bunga, buah, dan biji tomat.....	8
3. Morfologi <i>Gliocladium</i> sp.	10
4. Morfologi tanaman kacang hijau.....	13
5. Morfologi makroskopis <i>F. oxysporum</i>	17
6. Morfologi mikroskopis <i>F. oxysporum</i>	17
7. Ilustrasi uji antagonis metode <i>dual culture</i> secara <i>in vitro</i>	23
8. Diagram alir.....	29
9. Hasil uji daya hambat <i>Gliocladium</i> sp. terhadap <i>F.oxysporum</i> secara <i>in vitro</i>	30
10. Tanaman tomat dengan gejala layu fusarium	32
11. Grafik tinggi tanaman tomat.....	35
12. Grafik luas daun tanaman tomat.....	36
13. Grafik kandungan klorofil tanaman tomat.....	37
14. Grafik berat kering tanaman tomat.....	38

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Tomat (*Solanum lycopersicum* L.) merupakan komoditas hortikultura yang banyak dikonsumsi karena kandungan nutrisinya, antara lain vitamin C, B, A, dan E, dan mineral yang baik untuk kesehatan tubuh sehingga banyak dibudidayakan di Indonesia (Suleman dkk., 2022 dan Marina dan Sukmawati, 2017). Namun budidaya tomat masih menemui banyak kendala salah satunya infeksi jamur patogen.

Salah satu jamur patogen penghambat pertumbuhan tanaman tomat yaitu *Fusarium oxysporum*. Infeksi jamur patogen pada tanaman dapat melalui luka pada akar kemudian menyebar ke bagian batang, daun, bunga, dan buah. Tanaman tomat yang terinfeksi *F. oxysporum* menunjukkan gejala perubahan warna akar dan batang menjadi coklat, daun menguning, tanaman layu, produksi buah menurun, dan akhirnya kematian tanaman (Renu, 2018).

Pengendalian penyakit pada tanaman tomat umumnya dilakukan menggunakan fungisida sintesis yang mengandung bahan aktif kimia untuk mengontrol pertumbuhan dan penyebaran jamur (Huang *et al.*, 2020). Fungisida sintesis dinilai efektif dalam mengendalikan infeksi jamur patogen tanaman, namun penggunaannya dalam jangka panjang berdampak buruk bagi lingkungan dan menimbulkan resistensi *strain* patogen (Jaihan *et al.*, 2018).

Upaya lain untuk mengendalikan patogen tanaman yakni menggunakan agen hayati berupa jamur endofit yang lebih ramah lingkungan (Gu *et al.*, 2020), salah satunya adalah *Gliocladium* sp. Agen hayati *Gliocladium* sp. memiliki sifat antagonis terhadap jamur patogen. *Gliocladium* sp. menghambat pertumbuhan jamur patogen melalui mekanisme kompetisi nutrisi, produksi enzim pendegradasi dinding sel, produksi ruang antibiotik, dan induksi respon pertahanan (Jinal dan Amersan, 2020). *Gliocladium* sp. dapat mensintesis senyawa antibiosis antara lain gliotoksin, gliovirin, dan viridin yang mampu menghambat pertumbuhan jamur patogen (Afriani dkk., 2019).

Hasil penelitian sebelumnya membuktikan bahwa *Gliocladium* sp. mampu menghambat pertumbuhan jamur patogen *Colletotrichum capsici* dengan daya hambat 52,1% pada kepadatan 10^{12} konidia/mL (Rizal, 2017). Daya hambat *Gliocladium* sp. terhadap patogen penyakit busuk batang *Botryodiplodia theobromae* diketahui sebesar 84,56% (Agustina *et al.*, 2019). Penghambatan *Gliocladium* sp. terhadap *Fusarium* sp. yang menyerang tanaman pisang adalah sebesar 35,2% pada pH 5,5 (Hidayat dkk., 2020). Penelitian Afriani (2019) menunjukkan pemberian *Gliocladium* sp. pada tanaman cabai dapat mengurangi intensitas penyakit sebesar 0,125%. Hasil penelitian Ramadhina dkk. (2013) membuktikan bahwa *Gliocladium* sp. dengan dosis 18 g/polybag dan 24 g/polybag volume tanah 3 kg dapat menekan pertumbuhan dan perkembangan *F. oxysporum* pada tanaman bawang merah.

Peningkatan pertumbuhan tanaman yang terinfeksi patogen dapat dilakukan dengan penambahan zat pengatur tumbuh (ZPT) baik alami maupun sintetik. ZPT alami yang berasal dari ekstrak taoge kacang hijau dapat dijadikan alternatif untuk mengembalikan pertumbuhan tanaman yang terinfeksi penyakit karena memiliki beberapa keunggulan. Esktrak taoge kacang hijau

diketahui mengandung hormon auksin 1,68 ppm, gibberelin 29,94 ppm, dan sitokinin 96,26 ppm (Ulfa, 2014). Selain hormon pertumbuhan, ekstrak taoge kacang hijau juga diketahui mengandung senyawa metabolit sekunder flavonoid, saponin, dan triterpenoid yang dapat menghambat pertumbuhan jamur patogen (Moniharapan dkk., 2018). Menurut Aunila (2022) pemberian ekstrak taoge kacang hijau 60% sebanyak 15 ml pada tanaman cabai merah dapat meningkatkan tinggi tanaman, jumlah daun, dan kandungan klorofil. Hidayat dkk. (2022) membuktikan ekstrak taoge kacang hijau pada konsentrasi 9000 ppm efektif dalam menghambat pertumbuhan jamur *Candida albicans* secara *in vitro*.

Berdasarkan uraian dalam penelitian ini dilakukan kajian penggunaan jamur *Gliocladium* sp. sebagai pengendali pertumbuhan patogen *F. oxysporum* dan ekstrak taoge kacang hijau sebagai sumber ZPT alami yang diberikan secara bersamaan untuk menghambat pertumbuhan *F. oxysporum* dan memacu pertumbuhan tanaman tomat. Pemberian aplikasi ganda diharapkan dapat meningkatkan efisiensi perlindungan tanaman dan meningkatkan pertumbuhan tanaman.

1.2. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan pada penelitian ini adalah:

1. mengetahui pengaruh kombinasi *Gliocladium* sp. dan ekstrak taoge kacang hijau dalam menghambat *F. oxysporum* dan meningkatkan pertumbuhan tanaman
2. menemukan kombinasi dosis *Gliocladium* sp. dan ekstrak taoge kacang hijau yang tepat dalam menghambat *F. oxysporum* dan meningkatkan pertumbuhan tanaman tomat.

1.3. Kerangka Pemikiran

Tomat (*Solanum lycopersicum* L.) merupakan komoditas hortikultura yang banyak dibudidayakan karena tingginya peminat. Budidaya tomat masih banyak menemui kendala salah satunya adalah infeksi jamur patogen *F. oxysporum*. Tanaman tomat yang terinfeksi *F. oxysporum* menunjukkan gejala layu yang dapat menyebabkan perununan produksi buah dan kematian tanaman. Pengendalian penyakit umumnya menggunakan fungisida sintesis. Penggunaan fungisida sintesis secara terus menerus memberikan dampak yang buruk bagi lingkungan, sehingga diperlukan alternatif lain dengan memanfaatkan agen hayati berupa jamur endofit dan ekstrak taoge kacang hijau.

Induksi *Gliocladium* sp. pada tanaman dapat menghambat pertumbuhan *F. oxysporum* penyebab penyakit layu. *Gliocladium* sp. mensintesis senyawa antibiosis antara lain gliotoksin, gliovirin, dan viridin. Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya diketahui bahwa upaya mempercepat pemulihan tanaman setelah terinfeksi penyakit dapat dilakukan dengan menggunakan zat pengatur tumbuh (ZPT) alami maupun sintetis. ZPT alami dapat diperoleh dari ekstrak taoge kacang hijau yang mengandung hormon auksin, gibberelin, dan sitokinin. Selain mengandung hormon pertumbuhan, ekstrak taoge kacang hijau diketahui mengandung senyawa metabolit sekunder berupa flavonoid, saponin, dan triterpenoid. Penelitian sebelumnya membuktikan bahwa pemberian ekstrak taoge kacang hijau 60% dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman dan menghambat pertumbuhan jamur patogen. Berdasarkan uraian diatas dilakukan pemberian kombinasi dosis *Gliocladium* sp. dan ekstrak taoge kacang hijau secara bersamaan terhadap penghambatan *F. oxysporum* yang menginfeksi tanaman tomat dan peningkatan pertumbuhan tanaman tomat.

1.4. Hipotesis Penelitian

Adapun hipotesis dari penelitian ini adalah:

1. kombinasi *Gliocladium* sp. dan ekstrak taoge kacang hijau menghambat *F. oxysporum* dan meningkatkan pertumbuhan tanaman tomat
2. didapatkan kombinasi dosis terbaik *Gliocladium* sp. dan ekstrak taoge kacang hijau yang optimal dalam menghambat pertumbuhan *F. oxysporum* dan meningkatkan pertumbuhan tanaman tomat.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tanaman Tomat (*Solanum lycopersicum* L.)

Tanaman tomat berasal dari Amerika Selatan terutama dari wilayah Peru dan Ekuador. Tomat mengandung banyak vitamin dan antioksidan antara lain vitamin A, B, dan C, *lycopene*, beta karoten, flavonoid, serta asam hidroksisinamat. *Lycopene* memberikan warna merah pada tomat dan mengandung antioksidan yang dapat menangkal radikal bebas dan berperan sebagai anti-kanker (Iqbal *et al.*, 2019). Tomat tergolong ke dalam suku Solanaceae yang meliputi 3000 spesies tanaman lainnya. Berikut ini merupakan klasifikasi dari tomat menurut Cronquist (1981) adalah sebagai berikut:

Kerajaan : Plantae
Filum : Magnoliophyta
Kelas : Magnoliopsida
Bangsa : Solanales
Suku : Solanaceae
Marga : *Solanum*
Jenis : *Solanum lycopersicum* L.

Tanaman tomat memiliki akar tunggang yang tumbuh menyebar ke segala arah. Rata – rata kedalaman akar tomat yakni 30-40 cm. Akar serabut pada tanaman tomat berperan untuk menyerap air, nutrisi, serta menjadi penopang bagi tomat (Sutapa dan I Gde Antha, 2016).

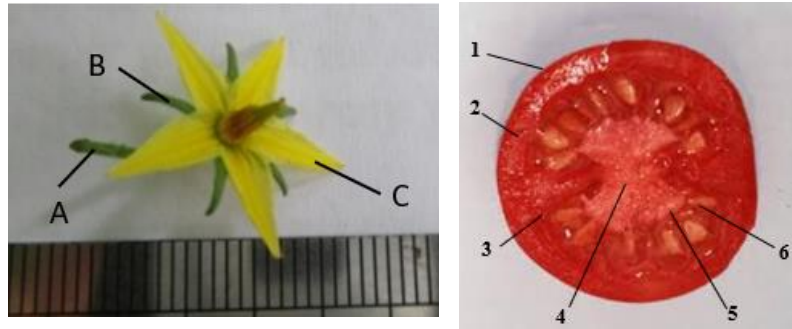
Batang tomat berwarna hijau dan berbentuk bulat saat usia tanaman masih muda. Batang akan berubah menjadi keras, bersudut, dan bertekstur kayu saat tanaman sudah tua. Pada permukaan batang tomat terdapat rambut halus (Fitriyati, 2014).



Gambar 1. Morfologi akar, batang, dan daun tomat (Dokumentasi pribadi)

Tangkai daun tomat berbentuk bulat memanjang. Daun tomat yang tergolong dalam daun majemuk menyirip ganjil berjumlah 5-7 helai pertangkai. Warna daun tomat hijau tua, permukaan daun kasar dan berbulu. Daun berbentuk oval memanjang dengan celah berlekuk. Ujung daun runcing dan pangkal daunnya tumpul. Panjang anak daun tomat rata – rata 5,3 cm dan lebar 2,2 cm (Fitriyati, 2014).

Bunga tomat termasuk bunga majemuk yang menggantung pada tangkai rangkaian bunga. Di dalam bunga tomat terdapat organ reproduksi berupa benang sari dan putik sehingga disebut bunga sempurna. Bunga tomat terdiri dari 5 helai daun mahkota yang berwarna kuning dan 5 helai daun kelopak yang berwarna hijau (Fitriyati, 2014).



Gambar 2. Morfologi bunga dan buah tomat. (A) Tangkai daun, (B) Kelopak bunga, (C) Mahkota. (1) eksokarp, (2) Mesokarp, (3) Endokarp, (4) Plasenta, (5) Funikulus, (6) biji (Fitriyati, 2014).

Buah tomat berwarna hijau saat masih muda kemudian menjadi merah cerah saat sudah tua. Bentuk buah tomat antara lain bulat lonjong, oval, dan pipih, buah tomat berongga dan banyak mengandung air. Buah tomat yang masih muda mengandung *lycopersicin* yang menyebabkan rasa buah menjadi getir dan berbau tidak segar. *Lycopersicin* akan menghilang ketika buah telah matang (Lubis, 2020).

Daging buah tomat menyelimuti biji tomat. Biji tomat berbentuk lonjong dan berwarna putih kekuningan atau coklat muda. Tekstur permukaan biji tomat berbulu, berukuran lebar 2-4 mm dan panjang 3-5 mm (Sutapa dan I Gde Antha, 2016).

2.1.1. Syarat Tumbuh Tanaman Tomat

Tanaman tomat dapat tumbuh secara maksimal apabila faktor lingkungannya mendukung. Suhu optimal untuk perkecambahan benih tomat ialah 25-30⁰C. Sementara pertumbuhan tomat optimal pada suhu 24-28⁰C. Suhu yang terlalu tinggi menyebabkan tidak terbentuknya pigmen pada kulit buah. Kelembaban optimal yang diperlukan untuk pertumbuhan tomat sekitar 80% (Zulkarnain, 2013).

Tomat dapat tumbuh di dataran rendah maupun dataran tinggi. Tanah yang cocok untuk pertumbuhan tanaman tomat ialah tanah yang gembur, sedikit berpasir, dan mengandung bahan organik.

Pertumbuhan tomat semakin optimal pada tanah dengan pH 5,5-7,0.

Tanah dengan pH <5 atau >5 memungkinkan terjadinya defisiensi atau keracunan unsur hara. Tomat tahan terhadap kekeringan, namun tidak dapat bertahan di daerah kering tanpa air. Penyiraman secara rutin diperlukan untuk mempertahankan pertumbuhan tomat. Tomat membutuhkan sinar matahari yang cukup. Intensitas cahaya yang kurang dari 1000 fc memengaruhi pertumbuhan tomat (Zulkarnain, 2013).

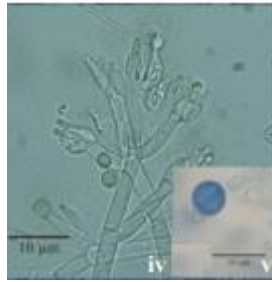
2.2. *Gliocladium* sp.

Gliocladium sp. tumbuh tersebar di berbagai jenis tanah seperti tanah hutan dan tanah pertanian. *Gliocladium* sp. juga ditemukan di rizosfer tanaman. Peran *Gliocladium* sp. di tanah sebagai jamur saprofit yang menguraikan bahan organik. *Gliocladium* sp. dapat tumbuh secara optimal pada suhu 25-32 °C (Herlina, 2013). Pada media *Potato Dextrose Agar* (PDA) diketahui bahwa *Gliocladium* sp. dapat tumbuh dengan cepat pada suhu 20 °C dengan diameter mencapai 5-8 cm (Gusnawaty dkk., 2013).

Berikut ini merupakan klasifikasi *Gliocladium* sp. menurut Alexopoulos *et al.* (1996):

Kerajaan : Mycetaceae
 Filum : Amastigomycota
 Kelas : Sordariomycetes
 Bangsa : Hypocreales
 Suku : Hypocreaceae
 Marga : *Gliocladium*
 Jenis : *Gliocladium* sp.

Koloni *Gliocladium* sp. secara makroskopis terlihat bertekstur seperti kapas yang berpori. Koloni yang masih muda berwarna putih kemudian berubah menjadi hijau tua. *Gliocladium* sp. memiliki hifa yang tipis serta konidiofor yang tidak bercabang. Baik hifa maupun konidiofor *Gliocladium* sp. tidak berwarna atau transparan (Salvamani dan Norazah, 2014).



Gambar 3. Morfologi *Gliocladium* sp. (iv) konidium, (v) fialida (Juariyah dkk., 2018).

Gliocladium sp. memiliki fialida yang dapat memproduksi konidia dan membentuk kepala palsu (*false head*) dimana spora terakumulasi sehingga membentuk ilusi seperti kepala. Konidia *Gliocladium* sp. berwarna hijau, bersel satu, berbentuk elips, oval, dan silinder. Konidia *Gliocladium* sp. berkumpul menjadi satu pada ujung struktur reproduksi jamur (Salvamani dan Norazah, 2014).

2.2.1. Potensi *Gliocladium* sp.

Gliocladium sp. memberikan dampak positif bagi pertumbuhan tanaman (Gusnawaty *et al.*, 2013). Sifat antagonis terhadap jamur patogen yang dimiliki oleh *Gliocladium* sp. dapat menghambat pertumbuhan *F. oxysporum*. Di daerah rizosfer, *Gliocladium* sp. tergolong sebagai kompetitor kuat yang dapat mensintesis senyawa metabolit sekunder untuk melawan pertumbuhan jamur patogen. Hasil penelitian Soenartiningih (2014) menunjukkan bahwa senyawa metabolit sekunder yang disintesis oleh *Gliocladium* sp. antara lain gliotoksin, glioviridin, dan viridin. Gliotoksin dapat menghambat

pertumbuhan miselia jamur patogen seperti *Colletotrichum* spp. (Kalimutu, 2020 dan Dailah dkk., 2020). Gliovirin dapat menggumpalkan sitoplasma jamur patogen, merusak dinding sel jamur, dan menyebabkan kebocoran sitoplasma sehingga jamur patogen kehilangan protein, asam amino, karbohidrat, serta zat terlarut. Viridin mampu menghambat germinasi spora jamur patogen seperti *Fusarium* sp., *Aspergillus niger*, dan *Colletotrichum lini* (Vinale *et al.*, 2014). *Gliocladium* sp. juga menghasilkan enzim kitinase yang dapat mendegradasi dinding sel jamur patogen (Suryaminarsih dkk., 2015).

2.2.2. Mekanisme Penghambatan Patogen Oleh *Gliocladium* sp.

Pertumbuhan jamur patogen dapat dihambat melalui beberapa mekanisme. Fadji dan Olubukola (2020) menjelaskan bahwa *Gliocladium* sp. menghambat jamur patogen melalui mekanisme kompetisi, parasitisme, dan antibiosis. Pada mekanisme kompetisi, *Gliocladium* sp. mampu tumbuh lebih cepat dibandingkan jamur patogen sehingga miselium *Gliocladium* sp. menutupi pertumbuhan koloni jamur patogen. Melalui mekanisme parasitisme, *Gliocladium* sp. mampu merusak dinding sel jamur patogen sedangkan pada mekanisme antibiosis *Gliocladium* sp. mampu mensekresi enzim litik dan antibiotik sehingga jamur patogen tidak dapat menghasilkan antibiotik, enzim, dan racun. Mekanisme antibiosis ditandai dengan zona bening disekitar *Gliocladium* sp. Menurut Suryaminarsih *et al.* (2015) sebagai agen hayati *Gliocladium* sp. dapat mendekomposisi bahan organik pada tanah dan mengatasi luka pada akar yang disebabkan oleh infeksi *F. oxysporum*.

2.3. Kacang Hijau (*Vigna radiata* (L.) R. Wilczek)

Kacang hijau dapat tumbuh pada lahan kering karena tahan terhadap kekeringan, serta umumnya jarang terserang penyakit (Hastuti dkk., 2018). Sebagai salah satu komoditas tanaman legume yang sering dikonsumsi oleh masyarakat, kacang hijau memiliki kandungan gizi antara lain vitamin B1, A, dan E, zat besi, protein nabati, kalsium, niasin, amilum, minyak lemak, magnesium, dan mangan (Syofia dkk., 2014). Selain kandungan gizi yang tinggi, ekstrak taoge kacang hijau yang diketahui mengandung zat pengatur tumbuh yang dapat membantu pertumbuhan tanaman.

Klasifikasi dari kacang hijau (*Vigna radiata*) menurut Cronquist (1981) dan APG II (2003) adalah sebagai berikut :

Kerajaan : Plantae

Divisi : Magnoliophyta

Kelas : Magnoliopsida

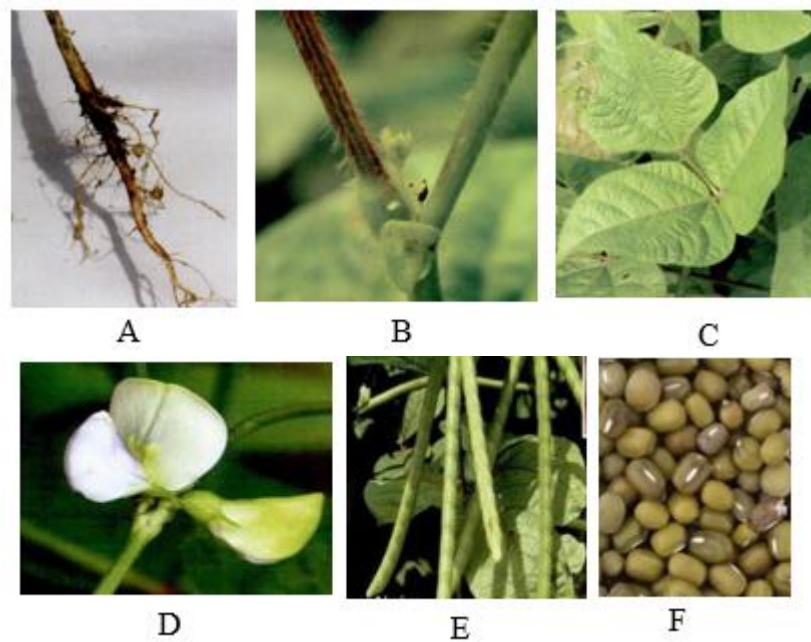
Bangsa : Fabales

Suku : Fabaceae

Marga : *Vigna*

Jenis : *Vigna radiata* (L.) R. Wilczek

Akar tanaman kacang hijau merupakan akar tunggang yang tumbuh menyebar di tanah dan memiliki banyak cabang. Akar tanaman kacang hijau terbentuk nodula sebagai bentuk dari simbiosis mutualisme antara bakteri nitrogen dan tanaman kacang-kacangan yang memungkinkan tanaman untuk mengikat nitrogen bebas di udara (Hasanah dkk., 2018).



Gambar 4. Morfologi tanaman kacang hijau: (A) akar, (B) batang, (C) daun (D) bunga, (E) polong, (F) biji kacang hijau (Purwono dan Rudi, 2008).

Batang tanaman kacang hijau berwarna hijau kecokelatan, berukuran kecil, berbentuk bulat, berbuku-buku. Batangnya tumbuh tegak dengan tinggi mencapai 1 m. Terdapat satu tangkai daun di setiap buku batang.

Daun tanaman kacang hijau merupakan daun majemuk menyirip ganjil terdiri dari tiga helai anak daun pada tiap tangkai daun. Bentuk daun oval dengan ujung lancip (Handayani dkk., 2022).

Bunga kacang hijau memiliki organ kelamin jantan dan betina sehingga disebut bunga sempurna. Warna bunga tanaman kacang hijau bervariasi yang terdiri dari putih, ungu, kuning atau kehijauan. Bunga pada tanaman kacang hijau berperan dalam penyerbukan dan pembuahan yang akan menghasilkan polong kacang hijau.

Polong kacang hijau berisi 10-15 biji kacang hijau, memiliki panjang sekitar 5-16 cm dengan bentuk bulat silindris atau pipih dan ujung yang tumpul. Polong usia muda berwarna hijau dan berubah menjadi cokelat kehitaman saat sudah tua. Biji kacang hijau berwarna hijau dan

berbentuk bulat. Berat biji normalnya sebesar 0,5-0,8 mg (Handayani dkk., 2022).

2.3.1. Zat Pengatur Tumbuh pada Kacang Hijau

Pertumbuhan tanaman dipengaruhi oleh faktor lingkungan dan faktor internal, antara lain zat pengatur tumbuh. Tanaman memerlukan ZPT untuk proses antara lain pematangan buah, mempercepat atau menghambat germinasi biji, serta pada proses pembungaan. ZPT juga dapat meningkatkan laju fotosintesis (Rademacher, 2015).

ZPT terbagi menjadi dua jenis, yakni ZPT alami dan ZPT sintetis. ZPT sintetis adalah hormon tumbuhan yang diproduksi secara sintesis dan lebih mudah untuk diaplikasikan pada tanaman, namun ZPT sintetis harganya relatif mahal. Jenis ZPT sintetis yang sering digunakan antara lain asam naftalen asetat (NAA), N⁶- benziladenin (N⁶-BA), dan Benzil Amino Purin (BAP) (Pratiwi, 2022).

Penggunaan ZPT alami sebagai alternatif dari ZPT sintetis dinilai lebih menguntungkan karena harganya lebih murah dan mudah diperoleh. ZPT alami berasal dari ekstrak tumbuhan salah satunya adalah ekstrak taoge kacang hijau. Kandungan hormon yang terdapat pada ekstrak taoge kacang hijau antara lain auksin, sitokinin, dan gibberelin (Pratiwi, 2022).

Auksin diketahui sebagai hormon yang berperan dalam pemanjangan sel, pertumbuhan akar, fototropisme, partenokarpi, respirasi, dan geotropisme (Ulfa, 2014 dan Khair dkk., 2013). Sitokinin merangsang pembelahan sel di daerah ujung akar, embrio serta tunas sehingga tunas tumbuh dengan cabang yang lebih banyak. Selain itu sitokinin juga dapat mencegah penuaan pada daun (Fauziah dkk., 2019).

Giberelin berperan dalam perkembangan tanaman seperti pada fase perkecambahan. Gibberelin dapat merangsang perkecambahan benih dan juga membantu proses pemanjangan sel. Gibberelin juga berperan dalam pembentukan bunga, pembentukan buah, serta perkembangan biji dalam buah (Binenbaum *et al.*, 2018).

2.3.2. Fungisida Nabati

Kacang hijau diketahui mengandung senyawa metabolit sekunder yang berperan sebagai fungisida. Beberapa senyawa metabolit sekunder yang terkandung dalam kacang hijau antara lain flavonoid, saponin, dan triterpenoid (Moniharapon dkk., 2016).

Flavonoid merupakan metabolit sekunder yang disintesis oleh tanaman. Flavonoid tergolong dalam senyawa fenol yang memiliki kemampuan antifungi pada jamur patogen (Mierziak *et al.*, 2014). Sifat antifungi flavonoid meliputi penghambatan pada perkembangan spora jamur, pemanjangan hifa, selain itu flavonoid juga menyebabkan gangguan pada membran plasma dan menghambat pembentukan dinding sel jamur (Al Aboody dan Suresh, 2020).

Saponin terbagi menjadi dua kelompok, yakni steroid dan triterpenoid (Bogoriani, 2008). Saponin umumnya ditemukan pada bagian akar, batang, daun, kulit, biji, dan buah pada tanaman yang berfungsi sebagai sistem pertahanan. Sebagai antifungi saponin bereaksi dengan menurunkan tegangan permukaan membran sterol pada dinding sel jamur sehingga permeabilitasnya meningkat akibatnya sel jamur akan terganggu proses pertumbuhan dan perkembangannya (Chatri dkk., 2022).

2.4. Jamur *Fusarium oxysporum*

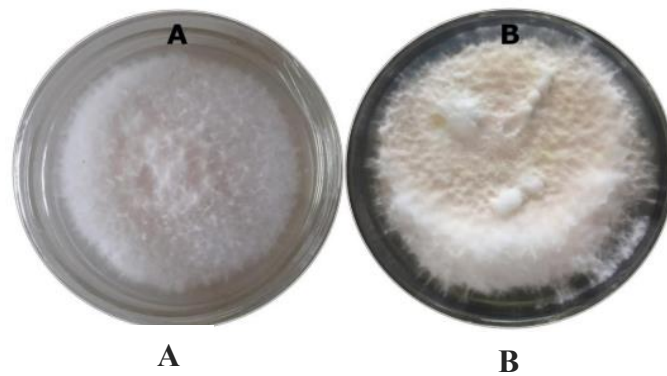
Fusarium oxysporum f. sp. *lycopersici* penyebab infeksi pada tanaman tomat. *F. oxysporum* dapat hidup dalam tanah yang kondisinya kurang sesuai dengan habitatnya serta dapat bertahan dalam waktu yang lama tanpa adanya inang (Pegg *et al.*, 2019).

Gejala infeksi *Fusarium* pada tanaman tomat ditandai dengan layunya daun yang tua kemudian diikuti dengan perubahan warna menjadi kuning kemudian terjadi nekrosis. Pada tahapan selanjutnya, gejala ini dapat menyebar ke seluruh bagian tanaman yang lain (Mahmoud, 2016).

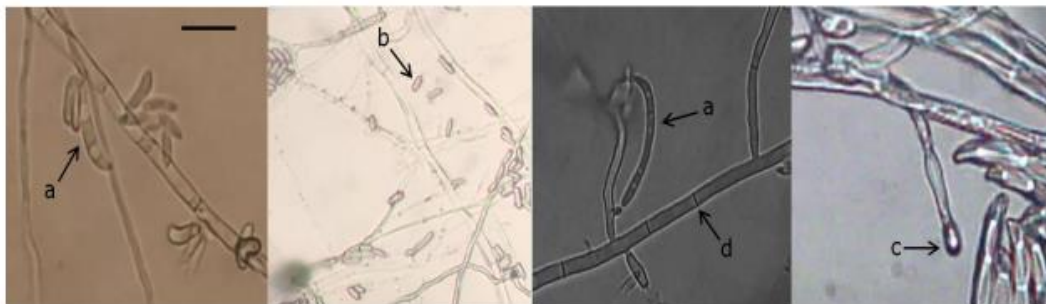
Adapun klasifikasi dari *F. oxysporum* menurut Alexopoulos *et al.* (1996) dan Hibbet *et al.* (2007) adalah sebagai berikut:

Kerajaan : Fungi
Filum : Ascomycota
Kelas : Sordariomycetes
Bangsa : Hypocreales
Suku : Nectriaceae
Marga : *Fusarium*
Jenis : *Fusarium oxysporum*

Koloni *F. oxysporum* berwarna putih dan bertekstur seperti kapas. Hasil penelitian Asrul dkk. (2021) menunjukkan koloni jamur *F. oxysporum* berwarna putih krem. Semakin tua usia jamur semakin berubah warnanya menjadi krem. Menurut Kalman *et al.* (2020) usia kultur jamur ditandai dengan perubahan warna. Pada *F. oxysporum* kultur yang berusia muda berwarna putih bersih, seiring bertambah usia kultur berubah warna dan memunculkan ciri khas seperti warna ungu, abu-abu, atau coklat muda.



Gambar 5. Morfologi makroskopis *F. oxysporum*. (A) kultur usia 8 hari, (B) kultur usia 12 hari (Asrul dkk., 2021).



Gambar 6. Morfologi mikroskopis *F. oxysporum*. (a) makrokonidium, (b) mikrokonidium, (c) kladidospora, (d) hifa bersepta (Asrul dkk., 2021)

Menurut Isaac *et al.* (2018) konidiofor *F. oxysporum* menghasilkan tiga jenis spora aseksual yakni, makrokonidia, mikrokonidia, dan kladidospora.

Makrokonidia terbentuk pada monofialida yang teletak pada cabang konidiofor atau pada permukaan sporodokia. Ukuran panjang makrokonidia berkisar antara 26,5-36,1 μm dengan lebar 2,6-4,6 μm . Mikrokonidia berukuran 3,4-12 μm dengan lebar 2-3,3 μm berbentuk seperti oval, ellips, atau ginjal dan tidak memiliki sekat. Kladidospora memiliki dinding sel tebal dan umumnya berbentuk bulat.

Pembentukan kladidospora terjadi pada usia kultur 2-4 minggu yang merupakan respon mekanisme kelangsungan hidup dimana kladidospora menjadi pelindung bagi *F. oxysporum* terhadap perubahan faktor lingkungan.

2.4.1. Mekanisme Infeksi *Fusarium* Pada Tanaman

F. oxysporum dapat menginfeksi tanaman melalui luka pada akar tanaman maupun pangkal batang tanaman. *F. oxysporum* menghasilkan enzim hidrolisis seperti enzim selulase dan pektinase yang berperan pada proses penetrasi spora di dalam jaringan tanaman inang. Spora jamur patogen yang menginfeksi tanaman melalui akar yang terluka kemudian sporanya akan membentuk miselium dalam korteks akar yang selanjutnya menyebar ke bagian endodermis tanaman. Miselium menginfeksi xilem dan membentuk mikrokonidia. Spora aseksual yang dihasilkan di dalam xilem mengganggu kerja xilem sebagai jaringan pembuluh yang menyebabkan berkurangnya kemampuan tanaman untuk mendapatkan air yang cukup. Respon yang diberikan oleh tanaman saat kekurangan air ialah menutup stomata untuk mengurangi penguapan air dari daun. Selain itu, terjadinya penyumbatan pembuluh juga menyebabkan tertutupnya xilem. Hal ini memicu terjadinya gejala layu pada tanaman (Hassan, 2020).

III. METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Pelaksanaan

Penelitian dilaksanakan pada bulan Desember 2023 - Maret 2024 di Laboratorium Botani Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

3.2. Alat dan Bahan

Alat – alat yang digunakan adalah *beaker glass* 1000 mL, Erlenmeyer 250 mL, tabung reaksi 25 mL, cawan Petri, *magnetic stirrer*, *hotplate*, Bunsen, plastik tahan panas, jarum Ose, *aluminium foil*, autoklaf, saringan, pisau, neraca analitik, vortex, mikropipet, *haemocytometer*, mikroskop, *tray* semai, dan *polybag* 20x20 dengan volume tanah 2 kg.

Bahan-bahan yang digunakan adalah kentang, *dextrose agar*, isolat *Fusarium oxysporum* dan isolat *Gliocladium* sp. yang diperoleh dari internet, benih tomat yang diperoleh dari toko pertanian di Bandarlampung, kacang hijau yang diperoleh dari pasar di Bandarlampung, alkohol 96%, dedak, akuades, kloramfenikol, dan media tanam.

3.3. Rancangan Penelitian

Penelitian ini terdiri dari dua tahapan pengujian yang terdiri dari tahap pertama uji *in vitro* *Gliocladium* sp. terhadap pertumbuhan *F. oxysporum* dan tahap kedua uji *in vivo* pemberian kombinasi *Gliocladium* sp. dan ekstrak taoge kacang hijau terhadap penyakit layu *Fusarium* dan laju pertumbuhan tanaman tomat.

Pada penelitian *in vivo* akan dilakukan dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) menggunakan 6 perlakuan dengan 4 pengulangan.

- P₀: Kontrol (Tanpa *Gliocladium* sp. dan ekstrak taoge kacang hijau)
- P_G: Kontrol (18 g *Gliocladium* sp. tanpa ekstrak taoge kacang hijau)
- P_T: Kontrol (15 mL ekstrak taoge kacang hijau tanpa *Gliocladium* sp.)
- P_{G12T}: 12 g *Gliocladium* sp. dan 15 mL ekstrak taoge konsentrasi 60%
- P_{G18T}: 18 g *Gliocladium* sp. dan 15 mL ekstrak taoge konsentrasi 60%
- P_{G24T}: 24 g *Gliocladium* sp. dan 15 mL ekstrak taoge konsentrasi 60%
- P_{G30T}: 30 g *Gliocladium* sp. dan 15 mL ekstrak taoge konsentrasi 60%

3.4. Prosedur Penelitian

3.4.1. Pembuatan *Potato Dextrose Agar* (PDA)

Kentang 200 g dikupas dan dipotong dadu lalu dimasukkan ke dalam gelas beaker 1 L dan ditambahkan akuades 500 ml. gelas beaker ditutup menggunakan aluminium foil dan diberi sedikit sirkulasi udara. Kentang direbus hingga sari kentang terekstrak sempurna. Sari kentang kemudian disaring dan dimasukkan *dextrose* dan agar sebanyak 20 g sambil diaduk perlahan, lalu ditambahkan akuades hingga volume 1000 ml. Suspensi media direbus hingga warna menjadi bening dan homogen. Setelah matang media dipindahkan ke dalam Erlenmeyer 250 ml dan disterilkan dalam autoklaf, setelah media steril ditambahkan kloramfenikol (Day dkk., 2022).

3.4.2. Pembuatan ekstrak taoge kacang hijau

Biji kacang hijau direndam di dalam air selama 24 jam lalu ditiriskan dan diletakkan di atas nampan yang dilapisi handuk lembab, kemudian diletakkan di tempat gelap dan diberikan sedikit air menggunakan *sprayer* selama 2-3 hari agar tetap lembab. taoge kacang hijau sebanyak 500 g dihaluskan dalam 500 ml akuades menggunakan blender selanjutnya disaring dengan kain steril untuk mendapatkan ekstrak taoge kacang hijau 100% (Latunra *et al.*, 2020). Ekstrak taoge konsentrasi 60% didapatkan dengan cara melarutkan 60 ml ekstrak taoge 100% ke dalam 40 ml akuades (Jariah, 2022).

3.4.3. Peremajaan jamur *Gliocladium sp.* dan jamur *Fusarium oxysporum*

Isolat jamur *Gliocladium sp.* dan jamur *F. oxysporum* diremajakan pada cawan petri berisi media PDA. Media PDA dituangkan pada cawan petri sebanyak 10 ml selanjutnya ditunggu hingga memadat. Isolat *Gliocladium sp.* dan isolat *F. oxysporum* diinokulasikan ke dalam cawan petri menggunakan jarum Ose. Petri yang telah berisi inokulum diinkubasi pada suhu ruang selama 7 hari (Situmorang dkk., 2021).

3.4.4. Perbanyak isolat *Gliocladium sp.*

Perbanyak isolat *Gliocladium sp.* dilakukan menggunakan media beras yang merupakan modifikasi dari metode Afriani (2019). Beras 500 g direndam dalam air selama 2 jam kemudian ditiriskan. Beras kemudian dikukus selama 15 menit dihitung mulai dari keluar uap. Beras yang telah dikukus dihamparkan di atas nampan hingga dingin. Setelah dingin, beras dimasukkan ke dalam plastik tahan panas masing-masing 150 g, kemudian disterilisasi menggunakan autoklaf selama 15 menit tekanan 1 atm dengan suhu 121 °C. Isolat

Gliocladium sp. yang telah diremajakan selama 1 minggu diinokulasikan menggunakan ose pada media beras. Kemudian media diinkubasi selama 14 hari pada suhu kamar lalu dihitung kerapatan sporanya. Apabila kerapatan spora sudah mencapai 10^6 maka media sudah dapat diaplikasikan.

3.4.5. Pembuatan suspensi *Fusarium oxysporum*

Biakan murni *F. oxysporum* ditambahkan akuades steril sebanyak 10 ml kemudian digores hingga bagian atas terlepas. Suspensi dimasukkan ke dalam tabung reaksi kemudian divortex untuk memisahkan spora dengan miseliumnya. Kemudian diambil 1 ml suspensi menggunakan mikropipet dan diteteskan di atas permukaan *haemocytometer*. Dihitung jumlah spora dibawah mikroskop dengan perbesaran 400 kali. Pengamatan perhitungan mengambil 5 sampel kotak yakni pada ujung kanan atas, kiri atas, kanan bawah, kiri bawah, dan tengah. Kerapatan yang digunakan untuk aplikasi ialah 10^6 spora/ml (Sujadmiko, 2012).

Kerapatan spora dihitung menggunakan rumus :

$$S = \frac{X}{L \times t \times d} \times 10^3$$

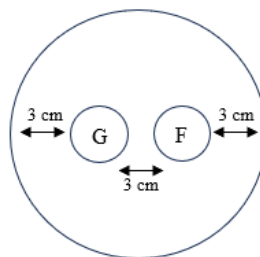
Keterangan: kerapatan spora, X= rata-rata jumlah konidia pada kotak, L= luas kotak hitung ($0,04 \text{ mm}^2$), t = kedalaman bidang hitung (0,1 mm), d= faktor pengenceran.

3.4.6. Penyemaian dan Penanaman bibit

Benih tomat diseleksi dengan cara direndam akuades kemudian benih yang mengapung dibuang sementara benih yang tenggelam diangkat dan dikeringkan. Benih ditanam menggunakan *tray* semai yang diisi media tanam. Penanaman bibit dilakukan ketika bibit berumur 21 hari setelah perkecambahan kemudian dipindahkan ke polybag 20x20 dengan volume tanah 2 kg. Bibit yang telah dipindahkan disiram dengan air 2 kali sehari, dilakukan penyiangan jika terdapat gulma yang mengganggu, dan dipasang ajir dengan tinggi 1-1,75 agar tanaman tidak roboh (Afriani dkk., 2019).

3.4.7. Uji Antagonis *Gliocladium* sp. secara *in Vitro*

Uji antagonis dilakukan menggunakan metode *dual culture* atau biakan ganda, yakni dengan mengambil isolat *F. oxysporum* kerapatan 10^6 dan isolat *Gliocladium* sp. kerapatan 10^6 selanjutnya diletakkan pada cawan petri yang sama dan berisi media PDA. Masing – masing isolat diletakkan pada masing-masing tepi cawan petri dengan jarak 3 cm. Satu cawan petri diinokulasi menggunakan isolat *F. oxysporum* untuk dijadikan sebagai kontrol. Biakan diinkubasi pada suhu ruang dan dilakukan pengamatan pertumbuhan jamur patogen dan jamur antagonis dengan mengukur diameter pertumbuhannya (Kalimutu dkk., 2020). Hasil uji antagonis dilakukan menggunakan metode deskriptif.



Gambar 7. Ilustrasi uji antagonis metode *dual culture* secara *in vitro* (Kalimutu dkk., 2020).

3.4.8. Uji pengaruh induksi *Gliocladium* sp. dan ekstrak taoge kacang hijau terhadap tanaman tomat yang diinfeksi *F. oxysporum*

1. Infeksi *F. oxysporum* pada tanaman tomat

Infeksi *F. oxysporum* dilakukan melalui media tanam dengan cara menyiramkan media tanam dengan 10 ml suspensi *F. oxysporum* kerapatan spora 10^6 spora/ml. Penyiraman suspensi *F. oxysporum* dilakukan 14 hari sebelum tanam (Rahayu, 2020).

2. Aplikasi *Gliocladium* sp. pada tanaman tomat

Aplikasi *Gliocladium* sp. dilakukan dengan metode Ramadhani dkk. (2013) yang dimodifikasi. Media perbanyakkan *Gliocladium* sp. kerapatan spora 10^6 dengan dosis sesuai perlakuan ditekankan pada media tanam 7 hari sebelum penanaman bibit kemudian ditutup tanah.

3. Pemberian ekstrak taoge kacang hijau pada tanaman tomat

Ekstrak taoge kacang hijau disemprot menggunakan *sprayer* pada bagian bawah daun dan disiram di dekat perakaran sebanyak 15 ml/tanaman. Pemberian ekstrak taoge mulai dilakukan saat tanaman tomat berusia 7 hst, kemudian diulangi 3 kali setiap 7 hari sekali (Berlintina dkk., 2020; Pamungkas dan Rudin, 2020).

3.5. Pengamatan

Parameter pengamatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Persentasi Daya Hambat Jamur *Gliocladium* sp. Terhadap *Fusarium oxysporum* (*in vitro*)

Persentase daya hambat jamur *Gliocladium* sp. terhadap *F. oxysporum* ditentukan menggunakan rumus Amaria dkk. (2012):

$$P (\%) = \frac{R1 - R2}{R1} \times 100\%$$

Keterangan:

P = Persen penghambatan

R1 = Jari – jari koloni *F. oxysporum* pada kontrol

R2 = Jari – jari koloni *F. oxysporum* pada perlakuan

2. Masa Inkubasi *F. oxysporum* pada Tanaman Tomat

Masa inkubasi patogen pada tanaman tomat dihitung dari waktu setelah inokulasi suspensi *F. oxysporum* pada tanaman tomat hingga timbul gejala awal layu fusarium. Masa inkubasi diamati setelah penanaman bibit tomat hingga munculnya gejala awal layu fusarium (Purwantisari dkk., 2016).

3. Kejadian Penyakit

Kejadian penyakit merupakan banyaknya tanaman yang terserang penyakit dibanding tanaman yang diamati (Afriani dkk., 2019):

$$P (\%) = \frac{a}{N} \times 100\%$$

Keterangan:

P = Persentase kejadian penyakit

- a = jumlah tanaman yang memperlihatkan gejala layu fusarium
 N = jumlah total tanaman

4. Keparahan Penyakit

Keparahan penyakit dihitung berdasarkan jumlah daun yang bergejala penyakit kemudian diidentifikasi berdasarkan kriteria ketahanan terhadap penyakit dengan rumus sebagai berikut:

$$KP = \frac{\sum(n \times v)}{Z \times N} \times 100 \%$$

Keterangan:

KP = Keparahan Penyakit

n = jumlah daun bergejala penyakit

v = skala daun bergejala penyakit (0 – daun tidak bergejala/ sehat; 1 – terdapat 1-5 daun berwarna kuning dan layu; 2 – terdapat 6-15 daun berwarna kuning dan layu; 3 – lebih dari 15 daun berwarna kuning dan layu; 4 – tanaman mati)

Z = nilai skala tertinggi

N = jumlah total daun

5. Tinggi Tanaman

Tinggi tanaman tomat diukur menggunakan meteran dari pangkal batang hingga titik tumbuh dimulai saat tanaman berumur 28 hari setelah tanam (Astari dkk., 2014).

6. Luas Daun

Pengukuran luas daun tomat dilakukan saat tanaman berumur 28 hari setelah tanam (hst). Daun tomat diambil untuk ditimbang berat basahanya lalu diambil salah satu daun dan dipotong dengan ukuran 2x2 cm kemudian ditimbang. Berikut rumus untuk mencari luas daun (Novitasari, 2019):

$$\text{Luas Daun} = \frac{\text{Berat total daun}}{\text{Berat daun } 2 \times 2} \times 4 \text{ cm}^2$$

7. Berat Kering Tanaman

Pengukuran berat kering tanaman dilakukan saat tanaman berusia 28 hari setelah tanam (hst). Tanaman tomat dipotong menjadi kecil-kecil kemudian dibungkus menggunakan kertas koran dan dikeringkan menggunakan oven pada suhu 80 °C selama 2 x 24 jam. Tanaman yang telah dikeringkan selanjutnya ditimbang menggunakan neraca analitik (Sari, 2018).

8. Kandungan Klorofil

Pengujian kandungan klorofil mengacu pada metode Miazek (2002) pada fase terakhir vegetatif saat umur tanaman 28 hari setelah tanam (hst). Daun segar sebanyak 0,1 gram dihancurkan kemudian diekstrak menggunakan etanol 95% sebanyak 10 mL selanjutnya ekstrak disaring menggunakan kertas saring. Ekstrak klorofil diambil 1 mL dan dimasukkan ke dalam kuvet dan diukur kandungan klorofilnya menggunakan spektrofotometer UV pada $\lambda=648$ nm dan $\lambda=664$ nm. Kandungan klorofil dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Klorofil a (mg/L)} = 13,6\lambda_{664} - 5,19\lambda_{648} (V/W \times 1000)$$

$$\text{Klorofil b (mg/L)} = 27,43\lambda 648 - 8,12\lambda 664 (V/W \times 1000)$$

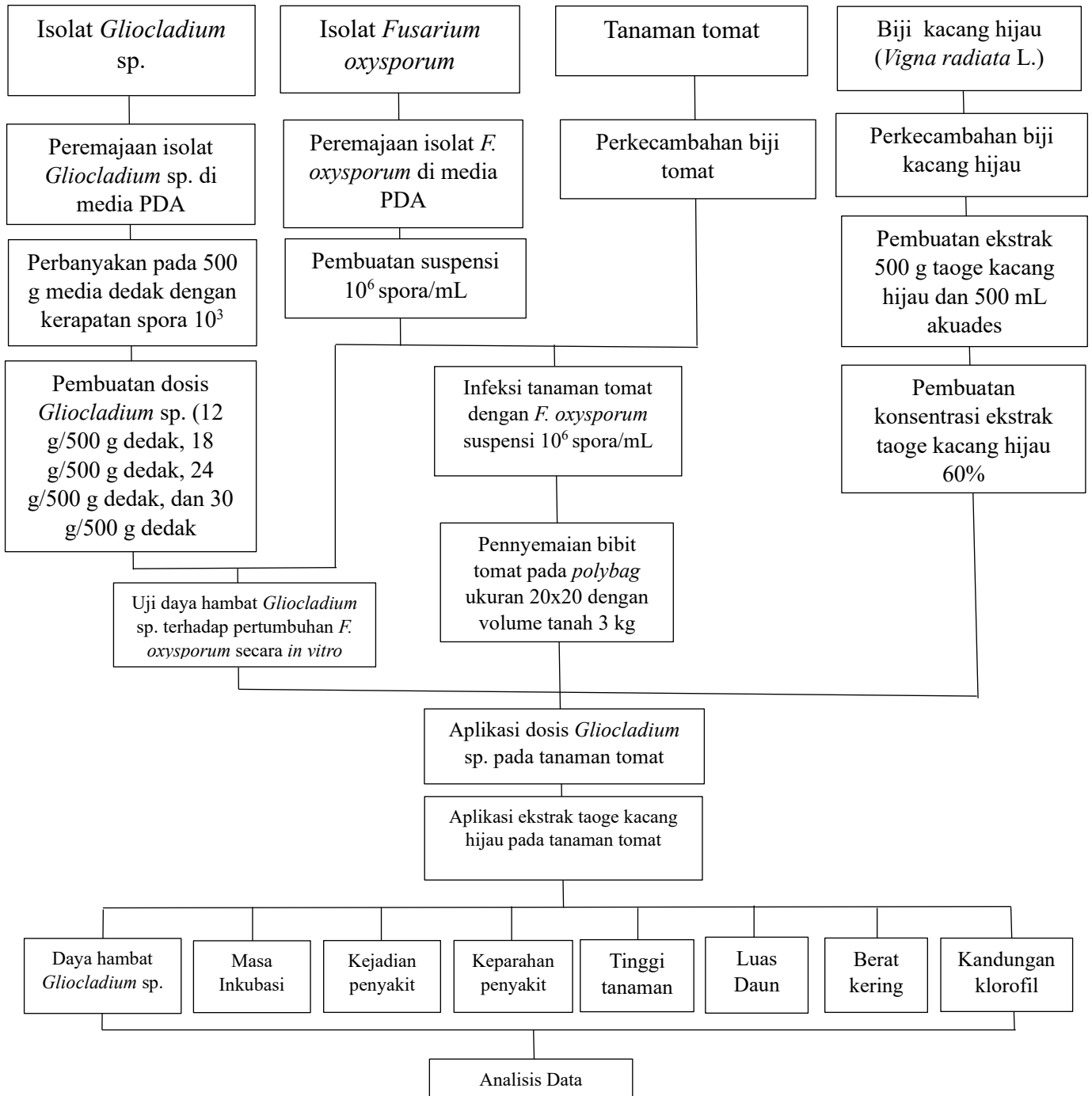
$$\text{Klorofil total (mg/L)} = 5,24\lambda 664 + 22,24\lambda 648 (V/W \times 1000)$$

3.6. Analisis Data

Data pengujian daya hambat *Gliocladium* sp. terhadap pertumbuhan *F. oxysporum* secara *in vitro* disajikan dalam bentuk deksriptif dan pengujian *Gliocladium* sp. dan ekstrak taoge kacang hijau secara *in vivo* dianalisis menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA). Kemudian untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan dilakukan uji Tukey dengan taraf nyata 5%.

3.7. Diagram Alir

Tahapan penelitian dilakukan seperti yang tertera dalam bagan alir penelitian di bawah ini:



Gambar 8 Diagram Alir Penelitian

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

1. Pemberian kombinasi *Gliocladium* sp. dan ekstrak taoge kacang hijau 60% berpengaruh nyata terhadap masa inkubasi, kejadian penyakit, keparahan penyakit, tinggi tanaman, luas daun, berat kering tanaman, dan kandungan klorofil a, b, dan total tanaman tomat.
2. Hasil penghambatan dan pertumbuhan tanaman tomat terbaik diperoleh dari perlakuan P_{G30T} dengan dosis 30 g *Gliocladium* sp. dan 15 ml ekstrak taoge kacang hijau 60%.

5.2. Saran

Disarankan untuk melakukan penelitian lebih lanjut mengenai kombinasi *Gliocladium* sp. dan ekstrak taoge kacang hijau terhadap layu fusarium pada tanaman tomat fase generatif menggunakan dosis terbaik, yakni 30 g *Gliocladium* sp. dan 15 ml ekstrak taoge kacang hijau 60%.

DAFTAR PUSTAKA

- Afriani, A., Maria, H., dan Fitria, S.H. 2019. Efektivitas *Gliocladium virens* untuk mengendalikan penyakit *Fusarium oxysporum* F.sp. *capsica* pada tanaman cabai. *Jurnal pertanian Tropik*. 6(3): 403 – 411.
- Agustina, D., Unun, T., Mutia, E.D., dan Rudi, C.W. 2019. Potensi jamur antagonis dalam menghambat pertumbuhan jamur *Botryodiplodia theobromae*. Penyebab penyakit busuk batang pada tanaman jeruk. *Jurnal Agronida*. 5(1): 1 – 5.
- Agustina, I., Pinem, M.I., dan Zahara F. 2013. Uji efektifitas jamur antagonis *Trichoderma* sp. dan *Gliocladium* sp. untuk mengendalikan penyakit lanas (*Phytophthora nicotianae*) pada tanaman tembakau deli (*Nicotianavtabaccum* L.). *Jurnal Online Agroekoteknologi*. 1(4): 1130-1142.
- Al Aboody, M.S. dan Suresh, M. 2020. Anti-fungal efficacy and mechanisms of flavonoids. *Antibiotics*. 9(45).
- Alexopoulos, C.J., C.W. Mims, dan Blackwell, M. 1996. *Introductory Mycology*. 4th edn. John Wiley and Sons. New York.
- Amaria, W., Efi T., dan Rita H. 2013. Seleksi dan identifikasi jamur antagonis sebagai agens hayati jamur *Rigidoporus microporus* pada tanaman karet. *Journal of Industrial and Beverage Crops*. 4(1): 20-31.
- Angiosperm Phylogeny Group (APG) II. 2003. An Update Od the Angiosperm Phylogeny Group Classification for the Orders and Families Og Flowering Planis:APG II. *Botanical Journal of the Linnean Society*. 151:399-436.
- Arsy, A.F., dan Barunawati, N. 2019. Pengaruh aplikasi GA3 terhadap pertumbuhan dan hasil dua varietas terung (*Solanum melongena* L.). *Jurnal Produksi Tanaman*. 6(7):1250-1257.

- Asrul, Rosmini, Ade, R., Intan, D.A, dan Ahmad, Y. 2021. Karakterisasi jamur penyebab penyakit busuk pangkal batang (*Basal rot*) pada bawang wakegi (*Allium x wakegi* Araki). *Agro Bali*. 4(3): 341 – 350.
- Astari, W., Purwani K.I., dan Anugerahani W. 2014. Pengaruh aplikasi pupuk hayati terhadap pertumbuhan dan produktivitas tanaman tomat (*Solanum lycopersicum* L.) var. Tombatu di PT Petrokimia Gresik. *Jurnal Sains dan Seni Pomits*. 2(1): 1-4.
- Aunila, LS. 2022. Pertumbuhan tanaman cabai merah (*Capsicum annum* L.) dengan pemberian berbagai konsentrasi ekstrak kecambah kacang hijau (*Vigna radiata* L.). (Skripsi). Fakultas Sains Institut Teknologi Sumatera. Lampung.
- Berlintina, D., Agus, K., Rugayah, dan Kuswanta, F.H. 2020. Pengaruh bahan organik sumber zat pengatur tumbuh pada pertumbuhan *seedling* manggis (*Garcinia mangostana* L.). *J. Hort. Indonesia*. 11(2): 110-119.
- Binenbaum J., Roy, W., dan Elion, S. 2018. Gibberellin localization and transport in plants. *Trends in Plant Science*. 23(5): 410-421.
- Bogoriani, W. 2008. Isolasi dan identifikasi glikosida steroid dari daun andong (*Cordyline terminalis* Kunth.). *Jurnal Kimia*. 2(1):40-44.
- Chatri, M., Junjunidang, Aini, Z., dan Suryendra, F.D. 2022. Aktivitas antifungi ekstrak daun *Melastoma malabathricum* terhadap *Fusarium oxysporum* dan *Sclerotium rolfsii* secara *in vitro*. *Jurnal Agrotek Tropika*. 10(3):395-401.
- Cronquist, A. 1981. *An Integrated System of Classification of Flowering Plants*. Columbio University Press. New York.
- Dailah, S., Mofit, E.P., dan Supono, B.S. 2020. Efektivitas jamur antagonis *Gliocladium* sp. dan *Trichoderma harzianum* untuk mengendalikan *Colletotrichum* spp. pada tanaman cabai (*Capsicum annum* L.). 26: 17-22.
- Day, T.M.W., Henderikus, D.B., dan Julianus, J. 2022. Teknik perbanyakan massal jamur *Trichoderma* sp. pada beberapa media tumbuh sebagai agens pengendali hayati. *Jurnal Locus*. 1(2): 81-89.

- Effendi, F., dan Rasdanelwati. 2020. Respon pertumbuhan tanaman tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill.) terhadap kombinasi pemberian pupuk organik POS, EP dan ST. *Jurnal Hortuscoler*. 1(2): 63-69.
- Fadji AE., dan Olubukola, OB. 2020. Elucidating mechanisms of endophytes used in plant protection and other bioactivities with multifunctional prospects. *Frontiers*. 8:467.
- Faradiba, A., Gunandi A., dan Praharani, D. 2016. Daya antibakteri infusa daun asam jawa (*Tamarindus indica* Linn) terhadap *Sterptococcus mutans*. *Jurnal Pustaka Kesehatan*. 4(1): 55-60.
- Fauziah, R.H., Florentina, K., dan Syaiful, A. 2019. *Lilium longiflorum* plant growth with a combination on Naphtylacetic Acid (NAA) and 6-Benzlaminopurine (BAP) in vitro. *Journal Tropical Crop Science and Technology*. 1(2): 78-92.
- Fitriani, M.L., Suryo, W., dan Meity, S.S. 2019. Potensi kolonisasi mikoriza arbuskular dan cendawan endofit dan kemampuannya dalam pengendalian layu fusarium pada bawang merah. *Jurnal Fitopatologi*. 15(6):228-238.
- Fitrianingsih, A., Eko A.M., dan Abbas, B. 2019. The effectiveness of fungi *Gliocladium fimbriatum* and *Trichoderma viride* to control fusarium wilt disease of tomatoes (*Lycopersicum esculentum*). *Indian J. Agric. Res*. 53(1): 57-61.
- Fitriyati, F., Ellyzarti, dan Martha L.L. 2014. Studi variasi morfologi tanaman tomat gunung (*Lycopersicum esculentum* Mill. var. cerasiforme) di Bandar Lampung. *Jurnal Ilmiah*. 2(1):20-25.
- Gu L., Zhang K., Zhang N., Li X., dan Liu, Z. 2020. Control of the rubber anthracnose fungus *Colletotrichum gleosporiodes* using culture filtrate extract from *Sterptomyces deccanensis* QY-3. *Antoine van Leeuwenhoek*. 113(11): 1573-1585.
- Gusnawaty, H.S., M. Taufik, dan Wahyudin, E. 2013. Uji efektivitas beberapa media untuk perbanyakkan agens hayati *Gliocladium* sp. *Agroteknos*. 3(2): 73 – 79.
- Handayani, D.R., Henny, J., Iis, I.R., Euis, R.Y., Aditya, G., Amalia, H., Rifal, A., dan Velia, P. 2022. *Sayur dan Buah Berwarna Hijau di Lingkungan Rumah*. Yogyakarta: Deepublish.

- Harbourne, JB. 1987. *Metode Fitokimia*. Terjemahan: Padmawinata, K & Sudiro. I. ITB. Bandung. 259- 261.
- Hasanah, F., Mutiara, S.S., Suci, L., Asep, S., dan Siti, F. 2018. Pengaruh intensitas spektrum cahaya warna merah dan hijau terhadap perkecambahan dan fotosintesis kacang hijau (*Vigna radiata* L.). *GRAVITY*. 4(2): 25-35.
- Hassan, H.A. 2020. Biology and integrated control of tomato wilt caused by *Fusarium oxysporum lycopersici*: A comprehensive review under the light of recent advancements. *Journal of Botany Research*. 3(1): 84-99.
- Hastuti, D.P., Supryino, dan Sri, H. 2018. Pertumbuhan dan hasil kacang hijau (*Vigna radiata* L.) pada beberapa dosis pupuk organik dan kerapatan tanaman. *Caraka Tani*. 33(2): 89-95.
- Herlina, L. 2013. Uji potensi *Gliocladium* sp. terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman tomat. *Biosantifika*. 5(2): 88 – 93.
- Hermansyah, Y., Sasmita, dan Inorih, E. 2009. Penggunaan pupuk daun dan manipulasi jumlah cabang yang ditinggalkan pada panen kedua tanaman nilam. *Akta Agrosia*. 12(2): 194-203.
- Hibbett, D.S., Binder, M., Bischoff, J.F., Blackwell M., Cannon, P.F., Eriksson, O.E., Huhndorf, S., James, T., Kirk, P.M., Lücking, R., Thorsten Lumbsch, H., Lutzoni, F., Brandon Matheny, P., McLaughlin, D.J., Powell, M.J. Redhead, S., Schoch, C.L., Spatafora, J.W Stalpers, J.A., Vilgalys, R., Aime, M.C., Aptroot, A., Bauer, R., Begerow, D., Benny, G.L., Castlebury, L., Crous, P.W., Dai, Y.C., Gams, W., Geiser, D.M., Griffth, G.W., Gueidan, C., Hawksworth, C., Hestmark, G., Hosaka, K., Humber, R.A., Hyde, K.D., Ironside, J.E., Koljalg, U., Kurtzman, C.P., Larsson, K.H., Lichtwardt, R., Longcore, J., Miadlikowska, J., Miller, A., Moncalvo, J.M., Mozley-Standridge, S., Oberwinkler, F, Parmasto, E., Reeb, V. Rogers, J.D., Le Roux, C., Ryvarden, L., Sampaio, J.P., Schüssler, A., Sugiyama, J. Thorn, R.G., Tibell, L., Untereiner, W.A., Walker, C., Wang, Z., Weir A., Weiss, M., White, M.M., Winka K., Yao, Y.J. and Zhang, N. 2007. A Higher-Level Phylogenetic Classification of The Fungi. *Mycological Research*. 111 (5) pp. 509-547.
- Hidayat, T., Ahmad, S., dan Tintrim, R. 2020. Uji antagonis jamur *Gliocladium* sp. dalam menghambat pertumbuhan jamur *Fusarium* sp. penyebab penyakit layu pada tanaman pisang (*Musa paradisiaca* L.). *Jurnal Ilmiah Biosainstropis*. 5(2): 59 – 65.

- Hidayat, L.H., Viranda, S., Nenny, P., dan Naufal F.H. 2022. Uji efektivitas ekstrak etanol kecambah kacang hijau (*Vigna radiata*) sebagai antifungi terhadap *Candida albicans* secara *in vitro*. 6(1):556-572.
- Hikmawati, E.S., Shofiyani A., dan Nugroho, B. 2015. Pengaruh jamur *Gliocladium* sp. dan bakteri *Pseudomonas fluorencens* dalam menekan perkembangan penyakit layu fusarium pada tanaman pisang mas (*Musa paradisiaca* L.) hasil kultur *in vitro*. *AGRITECH*. 17(2): 129 – 136.
- Huang, H., Tian, C., Huang, Y., dan Huang, H. 2020. Biological control of poplar anthracnose caused by *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz.&Sacc. *Egypt J. Biol Pest Control*. 30(1): 1-9.
- Iqbal, RK., Khadija, S., Ayesha, K., Iqra, N., dan Romesa, B. 2019. Tomato (*Lycopersicum esculentum*) fruit improvement through breeding. *Scholar Journal of Applied Sciences and Research*. 2(7): 21-25.
- Isaac, M.R., Santos, GLM., Jaime, SC., Kamila, CC., Juan, MTP., dan Juan, ERP. 2018. Occurrence, identification, and pathogenicity of *Fusarium* spp. associated with tomato wilt in Mexico. *Not Bot Horti Agrobo*. 46(2):484-493.
- Jaihan, P., Sangdee, K., dan Sangdee, A. 2018. Disease suppressive activity of extracts from entomopathogenic fungus *Ophiocordyceps sobolifera* against chili anthracnose fungi *Colletotrichum* spp. in a pot experiments. *J. Gen Plant Pathol*. 84(3): 237-242.
- Jariah, N.N., Muhammad, A., dan Hendri, S. 2022. Pengaruh konsentrasi ZPT alami ekstrak tauge terhadap pertumbuhan stek bunga mawar (*Rosa* sp.). *Agrohita*. 7(2): 268-274.
- Jinal, N.H., dan Amersan, N. 2020. Evaluation of biocontrol *Bacillus* species on plant growth promotion and systemic induced resistant potential against bacterial and fungal wilt-causing pathogens. *Arch Microbiol*. 202: 1785-1794.
- Juariyah, S., Efi, T.T., dan Meity, S.S. 2018. *Trichoderma* dan *Gliocladium* untuk mengendalikan penyakit busuk akar Fusarium pada bibit kelapa sawit. 14(6): 196-204.
- Kalimutu, K., Ida Bagus Komang, M., dan Anak Agung Sagung Putri R.A. 2020. Antagonism test of *Trichoderma atroviride* and *Gliocladium* sp. Bali

- local isolates as a disease control of blendok disease (*Botryodiplodia theobromae*) in grapefruit (*Citrus grandis* L. Osbeck). *SEAS*. 4(2): 102-110.
- Kalman, B., Abraham, D., Graph, S., Perl Treves, R., Meller Harel, Y., dan Degani, O. 2020. Isolation and identification of *Fusarium* spp., the casual agent of onion (*Allium cepa*) basal rot in Northeastern Israel. *Biology*. 9(4): 69.
- Khair, H., Meizal, dan Hamdani, Z.R. 2013. Pengaruh Konsentrasi Ekstrak Bawang Merah Dan Air Kelapa Terhadap Pertumbuhan Stek Tanaman Melati Putih (*Jasminum sambac* L.). *Jurnal Agrium*. 18 (2). 130-138.
- Kristiawati, Y., C. Sumardiyono, A., dan Wibowo. 2014. Uji pengendalian penyakit layu fusarium (*Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense*) dengan asam fosfit dan aluminium-fosetil. *Perlindungan Tanaman Indonesia*. 18(2):103-110.
- Latunra, A., Anggraini, S.R.S., Tuwo, M., dan Baharuddin. 2020. Effect of green bean sprout extract on in vitro shoot multiplication of taro *Colocasia esculenta* L. var. antiquorum. *IOP Conf. Ser: Earth Environ. Sci*. 486 012105.
- Lubis, E. 2020. *Bercocok Tanam Tomat Untung Melimpah*. Jakarta: Bhuana Ilmu Populer.
- Mahmoud, A.F. 2016. Occurrence of Fusarium wilt on summer squash caused by *Fusarium oxysporum* in Assiut, Egypt. *Journal of Phytopathology and Pest Management*. 3(1):34-35.
- Marina, I., dan Dety, S. 2017. Model produksi tomat di Sentra Produksi Kabupaten Garut. *Jurnal Ilmu Pertanian dan Peternakan*. 5(2):147-155.
- Miazek, M. 2002. *Krystian Chlorophyll Extraction From Harvested Plant Material*. Supervisor: Ha.In.Stainslaw Lekadowicz.
- Mierziak, J., Kamil, K., dan Anna, K. 2014. Flavonoids as important molecules of plant interactions with the environment. *Molecules*. 19, 16240-16265.
- Miftakhurrohmat, A., dan Dilan, D.M.. 2020. Aplikasi fitohormon ekstrak tauge terhadap pertumbuhan tanaman cabai rawit (*Capsicum frutescens* L.). *Nabatia*. 8(2): 45 – 51.

- Misbahulzanah, E.H., Sriyanto, W., dan Jaka, W. 2014. Kajian sifat fisiologis kultivar kedelai (*Glycine max* (L.) Merr.) dan ketergantungannya terhadap mikoriza. 3(1):45-52.
- Moniharapon, P.J., Edwin, Q., dan Herny, S. 2016. Identifikasi fitokimia dan uji aktivitas antioksidan ekstrak etanol tauge (*Phaseolus radiatus* L.). *Jurnal Ilmiah Farmasi*. 5(4): 130-136.
- Mulyani, Y., Asean, H.P., dan Amiro, D. 2023. Aplikasi *Gliocladium virens* Miller untuk menekan intensitas *Fusarium oxysporum* f. sp. capsici Schlechtendahl pada tanaman cabai (*Capsicum annum* L.) kultivar tanjung-2. *Journal of Agrotechnology and Science*. 8(1): 19-28.
- Mutryarny, E., dan Seprita, L. 2018. Respon tanaman pakcoy (*Brassica rapa* L.) akibat pemberian zat pengatur tumbuh hormonik. *Jurnal Ilmiah Pertanian*. 14(2): 29-34.
- Novitasari, V. 2019. Pertumbuhan vegetatif tanaman tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill.) dari benih lama yang diinduksi kuat medan magnet 0,1 mT, 0,2 mT, dan 0,3 mT. *Skripsi*. FMIPA Universitas Lampung. Lampung.
- Octriana, L. 2011. Potensi agen hayati dalam menghambat pertumbuhan *Phytium* sp. secara *in vitro*. *Jurnal Buletin Plasma Nutfah*. 17(2): 138-142.
- Pamungkas, S.S.T., dan Rudin, N. 2020. Pengaruh zat pengatur tumbuh alami dari ekstrak tauge terhadap pertumbuhan pembibitan *budchip* tebu (*Saccharum officinarum* L.) varietas Bululawang (BL). *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian*. 16(1): 68 – 80.
- Pegg, K.G., Lindel, M.C., Wayne, T., dan David, W. 2019. The epidemiology of Fusarium wilt of banana. *Frontiers in Plant Science*. 10:1395.
- Prasasti, O.H., Purwani, K.I., dan Nurhatika, S. 2013. Pengaruh mikoriza *Glomus fasciculatum* terhadap pertumbuhan vegetatif tanaman kacang tanah yang terinfeksi patogen *Sclerotium rolfsii*. *Jurnal Sains dan Seni Pomits*. 2(2): 74-78.
- Prasetyawati, C.A., dan Sri, R.D. 2017. Tahapan perbanyak jamur *Trichoderma harzianum* dengan media dedak dan aplikasinya pada tanaman murbei (*Morus* sp.). *EBONI*. 14(1): 1-9.

- Pratama, A., Santosa, T.N.B., dan Swandari, T. 2018. Pengaruh ekstrak bawang merah dan taugé serta lama perendaman terhadap pertumbuhan bibit kelapa sawit di *Pre Nursery*. *Jurnal AGROMAST*. 3(1): 1-12.
- Pratama, R.A. 2019. Aplikasi benzyl amino purin (BAP) dan plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) terhadap produksi edamame (*Glycine max* (L.) Merrill). *Jurnal Agro Wiralodra*. 2(1): 23-28.
- Pratiwi, B.A., Rugayah, Nyimas, S., dan Agus, K. 2022. Pengaruh konsentrasi air kelapa dan pemberian ekstrak kecambah kacang hijau terhadap pertumbuhan *seedling* manggis (*Garcinia mangostana* L.). *Jurnal Agrotek Tropika*. 10(4): 601 – 606.
- Purwantisari, S., Achmadi, P., Retno, P.S., dan Rina, S.K. 2016. Masa inkubasi gejala penyakit hawar daun tanaman kentang yang diinduksi ketahanannya oleh jamur antagonis *Trichoderma viridae*. *Bioma*. 18(1):41-47.
- Purwanto, E., Mazid, H.A., dan Nurhayati. 2013. Infeksi *Fusarium* sp. penyebab penyakit lapuk batang dan cabang pada enam klon karet. *Majalah Ilmiah Sriwijaya*. 25(18):32-39.
- Purwono, Rudi H. 2008. *Kacang Hijau*. Penebar Swadaya. Depok.
- Putri, O.S.D., Ika, R., Sastrahidayat, dan Syamsuddin, D. 2014. Pengaruh metode inokulasi jamur *Fusarium oxysporum lycopersici* (Sacc.) terhadap kejadian penyakit layu *Fusarium* tanaman tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Jurnal HPT*. 2(3): 74 – 81.
- Rademacher, W. 2015. Plant growth regulators: background and uses in plant production. *Journal of Plant Growth Regulation*. 34(4): 845-872.
- Rahayu, W., R.R. Rukmowati B., dan Nurngaini. 2020. Perlakuan benih tomat dengan *Trichoderma harzianum* dan *Gliocladium virens* untuk menekan serangan *Fusarium oxysporum* penyebab penyakit layu fusarium. *AGRIVET*. 26(2): 1-14.
- Ramadhina, A., Lisnawita, dan Lahmuddin, L. 2013. Penggunaan jamur antagonis *Trichoderma* sp. dan *Gliocladium* sp. untuk mengendalikan penyakit layu fusarium pada tanaman bawang merah (*Allium ascalonicum* L.). *Jurnal Online Agroteknologi*. 1(3): 702 – 710.

- Renu, J. 2018. A review of *Fusarium oxysporum* on its plant interaction and industrial use. *Journal Med Plants Stud.* 6(3): 112 – 115.
- Risthayeni, P., dan Zahara, F. 2019. Uji efektivitas jamur antagonis *Trichoderma* sp. dan *Gliocladium* sp. untuk mengendalikan penyakit pokahbung (*Fusarium moniliforme*) pada tanaman tebu (*Saccharum officinarum*). *Jurnal Online Agroekoteknologi.* 6(2): 339-344.
- Rizal, S. 2017. Uji antagonis *Gliocladium* sp. dalam menghambat pertumbuhan jamur penyebab penyakit busuk antraknosa (*Colletotrichum capsici*). *Sainmatika.* 14(2):100-106.
- Ropalia. 2017. Potensi endofit akar bambu sebagai biocontrol patogen *Fusarium oxysporum* penyakit kuning tanaman lada. *AGROSAINTEK.* 1(2):80-85.
- Sakya, A., Endang, S., Didik, I., and Bh. Purwanto. 2015. Tanggapan distribusi asimilat dan luas daun spesifik tanaman tomat terhadap aplikasi ZnSO pada dua interval penyiraman. *Jurnal Hortikultura.* 25(4):311-317.
- Salvamani, S., dan Norazah, M.N. 2014. Macroscopic and microscopic approaches for identification from plant soil of Cameron Highlands. *Bioremediation Science and Technology Research.* 2(1): 14- 18.
- Sari, H.P., dan Charlog. 2014. Daya kecambah dan pertumbuhan *Mucuna bracteata* melalui pematangan dormansi dan pemberian zat pengatur tumbuh giberelin (GA3). *Jurnal Online Agroteknologi.* 2:630-644.
- Sari, Y. 2018. Pengaruh Lama Paparan Medan Magnet 0.2mT Terhadap Pertumbuhan Vegetatif Tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill.) dari Benih Lama dan Baru. *Skrripsi.* Universitas Lampung, Bandar Lampung.
- Septiadi, T., Pringgenies, D., dan O.K. Radjasa. 2013. Uji fitokimia dan aktivitas antijamur ekstrak teripang keling (*Holothuria atra*) dari Pantai Bendengan Jepara terhadap jamur *Candida albicans*. *Journal of Marine Research.* 2(2): 76-84.
- Situmorang, D., Khamdan, K., dan Trisna A.P. 2021. Pengembangan formula biofungisida dan aplikasinya dalam mengendalikan penyakit layu fusarium pada tanaman tomat (*Solanum lycopersicum* L.). *Jurnal Agroteknologi Tropika.* 10(4): 428-428.
- Soenartiningih, N., Djaenuddin, dan Saenong, M.S. 2014. Efektivitas *Trichoderma* sp. dan *Gliocladium* sp. sebagai agen biocontrol hayati

- penyakit busuk pelepah daun pada jagung. *Pen.Pert.Tan.Pang.* 33(2): 129 – 135.
- Sujadmiko, H. 2012. Pengaruh kelembaban tanah terhadap laju infeksi jamur *Phytium* sp. dan *Rhizoctonia* sp. penyebab penyakit blas pada pembibitan *pre-nursery* kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Agrium.* 17(2): 95 – 102.
- Suleman, D., Resman, Namriah, Dirvamena, B., Dewi, N.Y., dan Waode, K.A. 2022. Pertumbuhan dan hasil tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill.) yang diberi pupuk kandang kambing dan bokasi limbah pasar di tanah ultisol. *Jurnal Agrotech.* 12(1):44-52.
- Suryaminarsih, P., Kursriningrum, Ni'matuzaroh, dan Tini, S. 2015. Antagonistic compatibility of *Sterptomyces griseorubens*, *Gliocladium virens*, and *Trichoderma harzianum* against *Fusarium oxysporum* cause of tomato wilt diseases. *International Journal of Plant and Soil Science.* 5(2): 82 – 89.
- Susanna, Alfizar, dan Fitriadi, E. 2023. Efektivitas dosis dan waktu aplikasi pupuk kompos trico-glio untuk pengendalian penyakit layu fusarium (*Fusarium* sp.) pada tanaman cabai merah (*Capsicum annuum* L.). *Jurnal Agrikultura.* 34(3):435-444.
- Sutapa, G.N., dan I Gde Antha, K. 2016. Efek induksi mutasi radiasi gamma ^{60}Co pada pertumbuhan tanaman tomat (*Lycopersicon esculentum* L.). *Jurnal Keselamatan Radiasi dan Lingkungan.* 1(2):5-11.
- Syofia, I., Hadriman, K., dan Khairul, A. 2014. Respon pertumbuhan dan produksi tanaman kacang hijau (*Vigna radiata* L.) terhadap pemberian pupuk organik padat dan pupuk organik cair. *Agrium.* 19(1): 68-76.
- Ulfa, F. 2014. Peran senyawa bioaktif tanaman sebagai zat pengatur tumbuh dalam memproduksi umbi mini kentang *Solanum tuberosum* L. pada sistem budidaya aeroponik. (Disertasi Program Studi Ilmu Pertanian Pasca Sarjana). Universitas Hassanudin. Makassar.
- Ulya, H., Rejeki, S.F., dan Sri, D. 2020. Respons fisiologi tanaman cabai (*Capsicum annuum*) Var. Lembang 1 terhadap infeksi *Fusarium oxysporum* pada umur tanaman yang berbeda. *Buletin Anatomi dan Fisiologi.* 5(2): 174-182.

Wulansari, E.D., Lestari, D., dan Khoirunisa, M.A. 2020. Kandungan terpenoid dalam daun ara (*Ficus carica* L.) sebagai agen antibakteri terhadap bakteri *Methicilin-resistan Staphylococcus aureus*. *PHARMACON*. 9(2): 219-225.

Vinale, F., Krishnapillai, S., Emilio, L.G., Sheridan, L. Woo, Marco, N., Roberta, M., Nadia, L., Alberto, P., Michelina, R., Stefania, L., Gelsomina, M., dan Matteo, L. 2014. *Trichoderma* secondary metabolites active on plants and fungal pathogens. *The Open Mycology Journal*. 8(1): 127 – 139.

Zakiah, M., Togar, F.M., dan Reine, S.C. 2018. Kandungan klorofil daun pada empat jenis pohon di Arboretum Sylva Indonesia PC. Universitas Tanjungpura. *Jurnal Hutan Lestari*. 6(1):48-55.

Zulkarnain H. 2013. *Budidaya Sayuran Tropis*. Bumi Aksara: Jakarta.