

PENGENDALIAN HAYATI LAYU FUSARIUM TOMAT MENGGUNAKAN *Trichoderma harzianum* DAN EKSTRAK *Tagetes sp.*

Tasmin¹, Niken Nur Kasim^{1*}, Nurmaranti Alim¹, Amir M¹, Ilham¹, Dwi Ratna Sari¹, Sri Sukmawati¹, Nurul Wiridannisaa¹

¹Jurusan Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian dan Kehutanan, Universitas Sulawesi Barat.

*e-mail korespondensi: niken.nurkasim@unsulbar.ac.id

ABSTRAK:

Penyakit layu fusarium yang disebabkan oleh *Fusarium oxysporum* merupakan salah satu kendala utama dalam budidaya tanaman tomat karena dapat menurunkan pertumbuhan dan hasil secara signifikan. Pengendalian penyakit di tingkat petani masih didominasi penggunaan fungisida kimia yang berpotensi menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan. Oleh karena itu, diperlukan alternatif pengendalian yang lebih ramah lingkungan melalui pemanfaatan agens hayati dan pestisida nabati. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas *Trichoderma harzianum* dan ekstrak tanaman *Tagetes sp.* serta kombinasinya dalam menekan infeksi *Fusarium oxysporum* pada tanaman tomat. Penelitian dilaksanakan di Kelompok Tani Randang Balisa, Kabupaten Majene, Sulawesi Barat, selama April–Agustus 2024 menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) dengan enam perlakuan dan tiga ulangan. Parameter yang diamati meliputi daya perkecambahan benih, pertumbuhan agronomi, insidensi dan keparahan penyakit, serta komponen hasil tanaman. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perendaman benih dengan ekstrak *Tagetes sp.* memberikan daya perkecambahan tertinggi sebesar 68,16%. Aplikasi *Trichoderma harzianum* dan ekstrak *Tagetes sp.* secara tunggal mampu menurunkan insidensi penyakit layu fusarium masing-masing hingga 32,00% dan 28,00%, dengan tingkat keparahan sebesar 21,00% dan 18,00%. Perlakuan kombinasi memberikan hasil terbaik dengan insidensi penyakit terendah sebesar 15,00% dan keparahan penyakit sebesar 10,00%, berbeda nyata dibandingkan kontrol. Penurunan tingkat serangan penyakit tersebut diikuti dengan peningkatan jumlah dan berat buah tanaman tomat. Dengan demikian, *Trichoderma harzianum* dan ekstrak *Tagetes sp.*, khususnya dalam kombinasi, berpotensi sebagai strategi pengendalian hayati dan nabati yang efektif serta berkelanjutan dalam budidaya tanaman tomat.

Kata Kunci: Antagonisme Mikroba, Biopestisida Nabati, Cendawan Patogen Tanah, Pengendalian Penyakit Tanaman, Sistem Budidaya Berkelanjutan

ABSTRACT: *Fusarium wilt* caused by *Fusarium oxysporum* is one of the major constraints in tomato cultivation due to its significant impact on plant growth and yield. Disease management at the farmer level still relies heavily on chemical fungicides, which may pose risks to environmental sustainability and human health. Therefore, environmentally friendly alternatives using biological control agents and botanical extracts are required. This study aimed to evaluate the effectiveness of *Trichoderma harzianum* and *Tagetes sp.* extract, applied singly and in combination, in suppressing *Fusarium oxysporum* infection in tomato plants. The research was conducted at the Randang Balisa Farmer Group, Majene Regency, West Sulawesi, from April to August 2024 using a randomized block design with six treatments and three replications. Observed parameters included seed germination, agronomic growth, disease incidence and severity, and yield components. The results showed that seed soaking with *Tagetes sp.* extract produced the highest germination rate (68.16%). Single applications of *Trichoderma harzianum* and *Tagetes sp.* extract reduced *Fusarium wilt* incidence to 32.00% and 28.00%, respectively, with disease severity of 21.00% and 18.00%. The combined treatment resulted in the lowest disease incidence (15.00%) and severity (10.00%), which were significantly lower than the control. The reduction in disease intensity was accompanied by an increase in fruit number and fruit weight per plant. These findings indicate that *Trichoderma*

harzianum and *Tagetes* sp. extract, particularly when applied in combination, have strong potential as effective and sustainable biological and botanical control strategies for managing *Fusarium* wilt in tomato cultivation.

Keywords: *Microbial Antagonism, Plant Disease Management, Soil-Borne Fungal Pathogens, Sustainable Cropping Systems, Botanical Biopesticides.*

PENDAHULUAN

Tanaman tomat (*Solanum lycopersicum*) merupakan salah satu family solanaceae dan komoditi hortikultura yang memiliki nilai ekonomi tinggi serta peran strategis dalam pemenuhan kebutuhan pangan dan gizi masyarakat karena kandungan vitamin, mineral, dan antioksidan yang tinggi (Novianti et al., 2022; Rizal et al., 2019). Selain dikonsumsi sebagai sayuran segar, tomat juga dimanfaatkan sebagai bahan baku industri pangan, sehingga permintaan pasar terhadap komoditas ini terus meningkat seiring pertumbuhan penduduk dan perkembangan industri olahan pangan. Namun, peningkatan permintaan tersebut belum sepenuhnya diikuti oleh stabilitas produksi di tingkat petani, khususnya di wilayah sentra produksi skala kecil dan menengah di Indonesia. Fluktuasi produksi tomat di berbagai daerah, termasuk di Kabupaten Majene, Sulawesi Barat, menunjukkan adanya permasalahan mendasar dalam sistem budidaya yang diterapkan oleh petani (Badan Pusat Statistik [BPS], 2023). Salah satu faktor pembatas utama yang berkontribusi terhadap rendahnya produktivitas tomat adalah serangan penyakit tanaman, terutama penyakit layu *fusarium* yang disebabkan oleh cendawan patogen tanah *Fusarium oxysporum* (Heryanto, 2019). Patogen ini bersifat tular tanah, memiliki kemampuan bertahan lama melalui pembentukan klamidospora, serta mampu menginfeksi tanaman melalui sistem perakaran sehingga sulit dikendalikan dengan pendekatan konvensional (Semangun, 2000).

Infeksi *F. oxysporum* pada tanaman tomat menyebabkan gangguan pada jaringan pembuluh xilem yang berakibat terhambatnya transportasi air dan unsur hara, sehingga tanaman menunjukkan gejala menguning, layu, hingga kematian secara bertahap (Berlian et al., 2013). Tingkat kerugian akibat penyakit ini dapat mencapai lebih dari 50% pada kondisi lingkungan yang mendukung perkembangan patogen, terutama pada lahan dengan drainase buruk dan kelembapan tinggi (Purwita et al., 2013). Kondisi tersebut menjadikan penyakit layu *fusarium* sebagai salah satu penyakit utama yang mengancam keberlanjutan produksi tomat di daerah tropis (Ghufron et al., 2017).

Upaya pengendalian penyakit layu *fusarium* di tingkat petani hingga saat ini masih didominasi oleh penggunaan fungisida sintetik karena dianggap praktis dan memberikan efek yang relatif cepat (Astuti & Widiyastuti, 2016). Namun, penggunaan fungisida secara intensif dan tidak terkontrol telah menimbulkan berbagai permasalahan, seperti pencemaran lingkungan, residu berbahaya pada produk pertanian, gangguan terhadap organisme non-target, serta meningkatnya risiko resistensi patogen terhadap bahan aktif fungisida (Sutriadi et al., 2019). Selain itu, pengendalian kimia sering kali kurang efektif terhadap patogen tular tanah seperti *F. oxysporum* yang bersembunyi di dalam jaringan tanaman dan tanah (Berlian et al., 2013).

Seiring dengan meningkatnya kesadaran akan pentingnya pertanian berkelanjutan, pendekatan pengendalian penyakit tanaman yang ramah lingkungan menjadi fokus utama dalam pengembangan teknologi budidaya modern (Abdhy, 2021). Pengendalian hayati menggunakan mikroorganisme antagonis merupakan salah satu strategi yang banyak dikaji karena mampu menekan patogen melalui mekanisme kompetisi ruang dan nutrisi, antibiosis, serta mikoparasitisme tanpa menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan (Nurjannah, 2020). Salah satu agens hayati yang telah banyak dilaporkan efektif dalam menekan patogen tular tanah adalah *Trichoderma harzianum* (Prasetyo et al., 2018).

T. harzianum merupakan cendawan saprofit tanah yang bersifat kosmopolitan dan memiliki kemampuan adaptasi tinggi pada berbagai kondisi lingkungan (Wanghunde et al., 2016). Cendawan ini diketahui mampu menghambat pertumbuhan *F. oxysporum* melalui produksi senyawa metabolit sekunder, enzim hidrolitik, serta kemampuan kolonisasi cepat pada rizosfer

tanaman (Uruilal et al., 2017). Beberapa penelitian melaporkan bahwa aplikasi *T. harzianum* sebelum atau sesaat setelah tanam mampu menurunkan intensitas penyakit layu *fusarium* secara signifikan pada tanaman hortikultura, termasuk tomat dan terung (Hardianti, 2014; Sopialena, 2015).

Selain agens hayati, pemanfaatan bahan nabati sebagai sumber senyawa antimikroba alami juga menjadi alternatif pengendalian penyakit tanaman yang potensial (Kurniati, 2021). Tanaman *Tagetes* dikenal mengandung berbagai senyawa bioaktif, seperti flavonoid, saponin, alkaloid, dan terpenoid, yang memiliki aktivitas antifungi dan antibakteri (Winarto, 2010). Ekstrak *Tagetes* telah dilaporkan mampu menghambat pertumbuhan patogen tanaman secara in vitro maupun in vivo melalui mekanisme perusakan membran sel dan gangguan metabolisme patogen (Mares et al., 2002). Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa ekstrak *Tagetes* efektif dalam menekan perkembangan patogen tular tanah, termasuk *F. oxysporum*, serta mampu meningkatkan ketahanan tanaman terhadap infeksi penyakit (Raharjo, 2021). Namun demikian, efektivitas pengendalian sering kali dipengaruhi oleh metode aplikasi, konsentrasi ekstrak, serta interaksi dengan mikroorganisme lain di dalam tanah (Kurniawan et al., 2020). Oleh karena itu, diperlukan pendekatan terpadu yang mengombinasikan agens hayati dan pestisida nabati guna memperoleh efek pengendalian yang lebih stabil dan berkelanjutan (Sepe et al., 2023).

Pendekatan kombinasi antara *T. harzianum* dan ekstrak *Tagetes* secara konseptual berpotensi memberikan efek sinergis dalam menekan patogen tular tanah melalui mekanisme biologis dan kimiawi alami secara bersamaan. Namun, informasi mengenai efektivitas kombinasi kedua bahan tersebut dalam sistem budidaya tomat di tingkat lapangan, khususnya pada kondisi agroekosistem Sulawesi Barat, masih terbatas. Keterbatasan informasi ini menjadi celah ilmiah yang penting untuk dikaji guna mendukung pengembangan teknologi pengendalian penyakit yang adaptif dan aplikatif bagi petani lokal. Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini menjadi relevan dan mendesak untuk dilakukan guna mengevaluasi efektivitas *T. harzianum* dan ekstrak *Tagetes* baik secara tunggal maupun kombinasi dalam menekan infeksi *F. oxysporum* pada tanaman tomat. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan dasar ilmiah bagi pengembangan strategi pengendalian penyakit tanaman yang ramah lingkungan, efektif, dan berkelanjutan sebagai alternatif pengendalian kimia dalam sistem budidaya tomat.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan April hingga Agustus 2024 bertempat pada dua lokasi, diantaranya kegiatan lapangan dilakukan di lingkungan Sala Bulo, Kelurahan Tande, Kecamatan Banggae Timur, Kabupaten Majene, Provinsi Sulawesi Barat dan perbanyakkan isolat *F. oxysporum*, *T. harzianum* dan pembuatan ekstrak *Tagetes sp.* bertempat dilaboratorium Mikrobiologi, UPT Laboratorium Terpadu, Universitas Sulawesi Barat.

Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan Bahan yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya benih tomat varietas Fiesta F1, isolat *T. harzianum* dan *F. oxysporum* (koleksi pribadi), ekstrak tanaman *Tagetes sp.*, media tanam steril (tanah : pupuk kandang) dengan perbandingan 1:1, media PDA, alkohol, spoit, meteran, ajir, kamera, label perlakuan, polybag ukuran 4 × 6 cm dan 20 × 30 cm, blender, alat penyaring.

Prosedur Penelitian

*Perbanyakkan inokulum *T. harzianum* dan *F. oxysporum**

Perbanyakkan *T. harzianum* dan *F. oxysporum* menggunakan media buatan *Potato Dextrose Agar* (PDA) sebanyak 10 gram yang dilarutkan 250 ml air aquades steril selanjutnya media PDA dihomogenkan dan distrelisasikan menggunakan autoklaf dengan suhu 121°C selama 10 menit. Media PDA yang telah steril dituangkan kedalam cawan petri, kemudian didiamkan kurang lebih 45 – 60 menit hingga media padat. Selanjutnya, isolat *F. oxysporum* dan *T. harzianum* diperbanyak pada cawan petri yang berisi media PDA. *F. oxysporum* dan *T. harzianum* masing – masing 10 cawan petri yang berbeda. Selanjutnya perbanyakkan *T. harzianum* dilakukan menggunakan media beras

± 5 gram yang telah disterilkan dalam plastik tahan panas kemudian diinokulasikan *T. Harzianum* dan diamati perkembangannya selama 7 hari. *T. Harzianum* yang telah tumbuh menyelimuti media beras, selanjutnya diblender halus menjadi bubuk yang digunakan pada perlakuan.

Pembuatan Ekstrak Tanaman Tagetes sp.

Bunga *Tagetes sp.* segar dihaluskan menggunakan blender dengan perbandingan 1:10 (g;ml). Sap ekstrak *Tagetes sp.* dimasukkan ke maserator lalu ditambahkan 10 pelarut etanol 96% dengan perbandingan 1 : 10 (v/v). Selanjutnya Sap direndam selama 18 jam, sambil setiap 6 jam. Cairan ekstrak *Tagetes* disaring sebanyak tiga kali, Setelah itu semua maserat dikumpulkan kemudian diuapkan dengan rotavapor hingga diperoleh ekstrak kental (Farmakope, 2008).

Persiapan Tanaman Uji Lapangan

Benih tomat varietas Fiesta F1 yang direndam dengan tiga perlakuan, diantaranya aquadest steril, *T. harzianum* dan ekstrak *Tagetes sp.* selama 48 jam dengan dosis masing-masing 250 ml. Selanjutnya benih dipindahkan pada penyemaian hingga tumbuh kecambah dan selanjutnya dipindahkan ke polybag kecil berukuran 4x6 cm yang telah terisi media tanah selama ± 30 hari. Perlakuan benih dilakukan untuk melihat daya kecambah pada setiap perlakuan. Tanaman yang telah berumur 30 hari dipindahkan ke polubag besar berukuran 20x30 cm dan di susun dengan jarak polybag 3x3 cm antar setiap perlakuan.

Inokulasi Fusarium oxysporum dan Aplikasi T. harzianum dan Ekstrak Tagetes sp.

Fusarium oxysporum sebanyak dua cawan petri yang diinokulasikan pada tanaman tomat terlebih dahulu dilarutkan dalam aquades selama 24 jam bertujuan memperbanyak spora/klamidiospora dari *F. oxysporum* yang akan diinokulasikan pada bagian akar tanaman tomat sebanyak 5 ml per tanaman menggunakan spoit. Hal serupa dilakukan pada perbanyak spora/klamidiospora *T. harzianum*.

Aplikasi *T. harzianum* dilarutkan dengan aquades dengan perbandingan 1:2 (g/v). Larutan *T. harzianum* diaplikasikan sebanyak 500 ml/tanaman. Larutan stok ekstrak tanaman *Tagetes sp.* sebanyak 250 ml dilarutkan dalam 10 liter aquades dan diaplikasikan 500 ml/tanaman.

Rancangan Percobaan

Penelitian ini terdiri dari enam perlakuan, diantaranya Kontrol (P0), Perendaman benih dengan ekstrak daun *Tagetes sp.*(P1), Perendaman benih dengan *T. harzianum* (P2), Penyemprotan tanaman dengan ekstrak daun *Tagetes sp.* (P3), Penyemprotan tanaman dengan *T. harzianum* (P4), Kombinasi penyemprotan tanaman dengan *T. harzianum* dan ekstrak daun *Tagetes sp.* (P5) dengan analisis menggunakan rancangan acak kelompok (RAK). Setiap perlakuan terdiri dari 10 tanaman unit dengan tiga ulangan, sehingga total populasi tanaman sampel 180 unit tanaman sampel. Analisis menggunakan analisis ragam yang dilanjutkan dengan uji beda nyata jujur (BNJ) pada taraf kepercayaan 5%.

Parameter pengamatan penelitian meliputi; aspek agronomi: daya perkecambahan benih, tinggi tanaman dan jumlah daun, ; aspek perkembangan penyakit: insidensi dan keparahan penyakit, aspek produksi: jumlah pembungaan, jumlah buah, dan berat buah. Pengamatan dilakukan secara berkala sejak 3 minggu setelah tanam (MST) hingga 8 kali pengamatan. Perhitungan persentase perkecambahan mengikuti Lestari (2015) :

$$\text{Presentase perkecambahan} = \frac{\text{Biji normal}}{\text{Biji keseluruhan}} \times 100\%$$

Perhitungan perkembangan penyakit menggunakan rumus insidensi penyakit (IP)tanaman dan keparahan penyakit (KP) (kaşim et al., 2024), diantaranya :

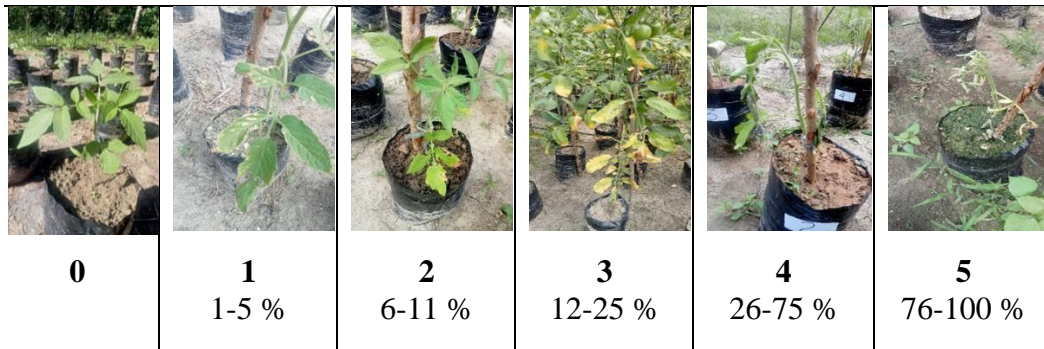
$$IP = \frac{n}{N} \times 100\%,$$

dimana IP = insidensi penyakit; n = jumlah tanaman bergejala, dan N= jumlah tanaman yang diamati, sedangkan Keparahen penyakit (KP)

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

dimana, n = Jumlah tanaman yang bergejala, v_i = Nilai gejala (skor), N = Jumlah tanaman yang diamati, dan Z = Skor tertinggi. Kriteria penilaian (Gambar 1), diantaranya :

- 0 : Tidak ada gejala penyakit
- 1 : terdapat bercak, hawar, spot, mosaik, pada beberapa daun tanaman 1-5 %
- 2 : terdapat bercak, hawar, spot, mosaik, pada beberapa bagian tanaman 6-11 %
- 3 : terdapat bercak, hawar, spot, mosaik, pada beberapa bagian tanaman 12-25 %
- 4 : layu dan terdapat bercak, hawar, spot, mosaik, pada beberapa bagian tanaman 26-75 %
- 5 : tanaman mati 76-100 %



Gambar 1. Penilaian keparahan penyakit berdasarkan gejala.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Daya Perkecambahan Benih

Perendaman benih menggunakan ekstrak *Tagetes sp.* dan *T. harzianum* memberikan pengaruh nyata terhadap daya perkecambahan benih tomat. Nilai rata-rata daya perkecambahan tertinggi diperoleh pada perlakuan perendaman ekstrak *Tagetes sp.* sebesar 68,16%, diikuti perendaman *T. harzianum* sebesar 46,66%, dibandingkan kontrol (Tabel 1). Perlakuan berbasis hayati dan nabati mampu meningkatkan viabilitas benih secara signifikan. Peningkatan daya perkecambahan pada perlakuan ekstrak *Tagetes sp.* diduga berkaitan dengan keberadaan senyawa bioaktif seperti flavonoid, alkaloid, dan saponin yang berperan sebagai antioksidan alami serta memiliki aktivitas antimikroba. Senyawa tersebut mampu menekan patogen terbawa benih sehingga mengurangi tekanan biotik pada fase awal perkecambahan, memungkinkan embrio berkembang secara optimal (Kurniati, 2021). Selain itu, ekstrak tanaman diketahui dapat memodulasi keseimbangan fisiologis benih dengan menurunkan stres oksidatif selama proses imbibisi (Raharjo, 2021).

Tabel 1. Rata-rata daya perkecambahan benih tanaman tomat pada setiap perlakuan

Perlakuan	Rata-Rata					Rata-Rata
	Hari					
	I	II	III	IV	V	
P0	5,00	15,00	19,17	25,83	35,00	20,00 ^a
P1	55,00	67,50	68,33	74,16	75,83	68,16 ^c
P2	30,00	40,00	49,16	53,33	60,83	46,66 ^b

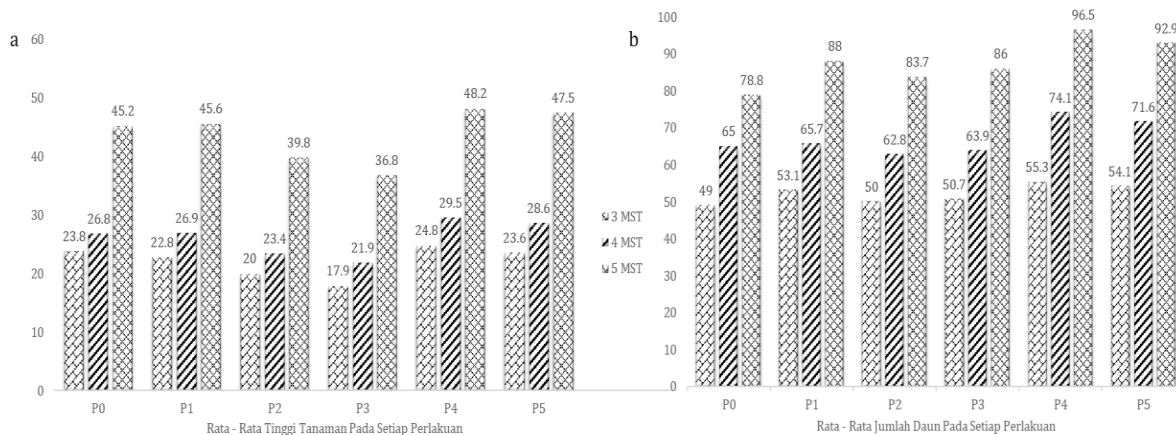
Keterangan : P0 (kontrol), P1 (perendaman ekstrak *Tagetes sp.*), P2 (perendaman *Trichoderma harzianum*) dan huruf dalam tabel di belakang angka adalah notasi dari hasil uji lanjut BNJ.

Pemberian *T. harzianum* pada perendaman benih dapat berperan dalam meningkatkan daya perkecambahan melalui mekanisme kolonisasi awal pada permukaan benih dan rizosfer, serta produksi metabolit sekunder yang bersifat protektif terhadap patogen tular benih (Harman et al., 2019). Temuan ini sejalan dengan laporan Hardianti (2014) yang menyatakan bahwa

aplikasi *Trichoderma* sp. sebelum tanam mampu meningkatkan persentase kecambah dan vigor awal tanaman tomat.

Aspek Pertumbuhan Agronomi Tanaman

Perlakuan aplikasi *T. harzianum* dan ekstrak *Tagetes* sp. menunjukkan pengaruh tidak nyata terhadap parameter pertumbuhan agronomi, baik pada parameter tinggi tanaman dan jumlah daun (gambar 2a dan 2b). Tanaman yang mendapat perlakuan kombinasi menunjukkan pertumbuhan vegetatif paling baik dibandingkan perlakuan tunggal maupun tanaman kontrol. Peningkatan pertumbuhan ini mengindikasikan adanya perbaikan kondisi rizosfer dan penurunan tekanan patogen tanah.

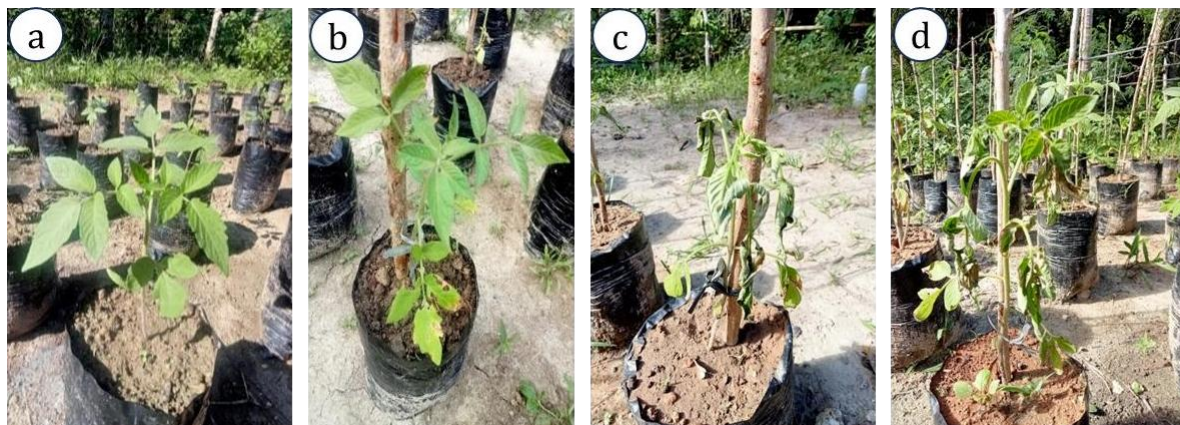


Gambar 2. Rata – rata tinggi tanaman (a) dan jumlah daun (b) pada setiap perlakuan. Kontrol (P0), perendaman ekstrak *Tagetes* sp. (P1), perendaman larutan *T. harzianum* (P2), penyemprotan ekstrak *Tagetes* sp. (P3), penyemprotan *T. harzianum* (P4), dan kombinasi penyemprotan ekstrak *Tagetes* sp. dan *T. harzianum* (P5).

Trichoderma harzianum diketahui mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman melalui beberapa mekanisme, antara lain meningkatkan ketersediaan unsur hara, memproduksi fitohormon seperti auksin dan sitokinin, serta memperbaiki struktur tanah di sekitar perakaran (Shoresh et al., 2010). Selain itu, kolonisasi *Trichoderma* pada akar tanaman dapat merangsang ketahanan sistemik terinduksi yang berdampak positif pada pertumbuhan vegetatif tanaman (Harman et al., 2019). Ekstrak *Tagetes* sp. juga berkontribusi terhadap peningkatan pertumbuhan tanaman melalui pengurangan intensitas patogen tanah yang menghambat penyerapan air dan unsur hara. Penurunan tekanan patogen memungkinkan tanaman mengalokasikan energi lebih besar untuk pertumbuhan vegetatif dibandingkan mekanisme pertahanan (Winarto, 2010). Hasil ini konsisten dengan penelitian Kurniawan (2020) yang melaporkan peningkatan tinggi tanaman dan jumlah daun pada tanaman hortikultura setelah aplikasi ekstrak *Tagetes*.

Gejala Infeksi *F. oxysporum*

Perbedaan kondisi fisiologis tanaman tomat akibat infeksi *F. oxysporum*, yang ditampilkan melalui beberapa tingkat keparahan gejala (Gambar 3). Tanaman tomat sehat (Gambar 3a) memperlihatkan pertumbuhan normal dengan daun berwarna hijau segar, dan tersusun simetris, mencerminkan fungsi sistem perakaran dan jaringan vaskular yang optimal. Sebaliknya, tanaman tomat dengan gejala layu disertai nekrosis pada bagian daun (Gambar 3b) menunjukkan tanda awal gangguan fisiologis, ditandai dengan tanaman tomat layu sebagian daun, perubahan warna menjadi kekuningan hingga kecokelatan, serta awal nekrosis akibat terganggunya aliran air dan unsur hara. Variasi dan tingkat keparahan gejala layu pada tanaman tomat yang terinfeksi *F. oxysporum* ditunjukkan pada gambar 3c–3d, mulai dari layu sedang hingga layu berat yang disertai pengeringan daun, batang melemah, dan penurunan turgor secara menyeluruh. Perbedaan intensitas gejala tersebut mencerminkan tingkat kolonisasi patogen di dalam jaringan pembuluh tanaman, yang menyebabkan penyumbatan xilem dan berujung pada kegagalan sistem transportasi air, sehingga tanaman tidak mampu mempertahankan keseimbangannya fisiologisnya.



Gambar 3. Tanaman tomat sehat (a), tanaman tomat dengan gejala layu disertai nekrosis pada bagian daun (b), dan variasi dan tingkat keparahan gejala layu pada tanaman tomat (c-d) yang terinfeksi *F. oxysporum*.

Insidensi dan Kearparahan Penyakit *F. oxysporum*

Hasil pengamatan pada beberapa minggu setelah tanam (MST) menunjukkan bahwa aplikasi *T. harzianum* dan ekstrak *Tagetes sp.* secara konsisten menurunkan insidensi dan keparahan penyakit layu fusarium dibandingkan kontrol (P0), dengan efektivitas tertinggi pada perlakuan kombinasi penyemprotan (P5), khususnya pada fase generatif (Tabel 2). Perlakuan tunggal P4 dan P3 mampu menurunkan insidensi penyakit masing-masing hingga 32,00% dan 28,00%, sedangkan perlakuan kombinasi menekan insidensi hingga 15,00% dan keparahan hingga 10,00% (Tabel 2), yang menunjukkan adanya mekanisme pengendalian sinergisme antara agens hayati dan senyawa nabati (Benítez et al., 2004; Shores et al., 2010). *T. harzianum* berperan menekan *F. oxysporum* melalui kompetisi ekologis, produksi enzim hidrolitik perusak dinding sel, serta induksi ketahanan sistemik yang membatasi kolonisasi patogen pada jaringan vaskular tanaman (Lorito et al., 2010; Harman et al., 2004). Sementara, ekstrak daun *Tagetes sp.* berfungsi sebagai agen antifungi alami melalui senyawa terpenoid dan flavonoid yang merusak integritas membran sel dan mengganggu metabolisme patogen tular tanah (Tripathi et al., 2008; Saleem et al., 2017). Sinergi kedua mekanisme tersebut menjelaskan kestabilan penekanan penyakit pada fase vegetatif dan generatif, serta menegaskan bahwa integrasi kombinasi keduanya merupakan pendekatan pengendalian penyakit tular tanah yang lebih adaptif dan berkelanjutan dibandingkan aplikasi tunggal dalam sistem budidaya hortikultura (Shores et al., 2010; Benítez et al., 2004).

Tabel 2. Rata - Rata Insidensi dan Kearparahan Penyakit infeksi *F. oxysporum* pada setiap perlakuan per minggu pengamatan.

Perlakuan	Rata - Rata Perkembangan Penyakit Pada minggu ke -													
	Insidensi Penyakit							Keparahan Penyakit						
	3	4	5	6	7	8	9	3	4	5	6	7	8	9
P0	86.6 ^a	86.6 ^b	83.3 ^b	83.3 ^b	86.6 ^b	83.33 ^b	80.00 ^c	50,0 ^c	36,0 ^b	28,0 ^b	38,6 ^b	28,6 ^b	31,33	30,67 ^b
P1	53.3 ^{ab}	43.3 ^a	40.0 ^a	30.0 ^a	23.3 ^a	43.33 ^a	43.33 ^b	22,6 ^{ab}	12,6 ^a	11,3 ^a	12,0 ^a	6,6 ^a	11,33	13,33 ^a
P2	53.3 ^{ab}	23.3 ^a	40.0 ^a	36.6 ^a	23.3 ^a	53.33 ^{ab}	43.33 ^b	27,3 ^b	14,6 ^a	19,3 ^{ab}	17,3 ^a	13,3 ^a	24,67	19,33 ^{ab}
P3	53.3 ^{ab}	33.3 ^a	30.0 ^a	36.6 ^a	20.0 ^a	40.00 ^a	43.33 ^b	22,6 ^{ab}	13,3 ^a	14,0 ^a	14,0 ^a	11,3 ^a	15,33	18,00 ^{ab}
P4	20.0 ^{ab}	26.6 ^a	20.0 ^a	23.3 ^a	13.3 ^a	33.33 ^a	30.00 ^{ab}	8,0 ^a	10,0 ^a	6,0 ^a	5,3 ^a	3,3 ^a	12,67	7,33 ^a
P5	43.3 ^b	20.0 ^a	20.0 ^a	16.6 ^a	10.0 ^a	23.33 ^a	16.67 ^a	24,0 ^b	9,3 ^a	10,6 ^a	8,6 ^a	8,0 ^a	10,00	8,67 ^a

Keterangan : Kontrol (P0), perendaman ekstrak *Tagetes sp.* (P1), perendaman larutan *T. harzianum* (P2), penyemprotan ekstrak *Tagetes sp.* (P3), penyemprotan *T. harzianum* (P4), dan kombinasi penyemprotan ekstrak *Tagetes sp.* dan *T. harzianum* (P5).

Perlakuan kombinasi penyemprotan ekstrak *Tagetes sp.* dan *T. harzianum* (P5) memberikan respons terbaik secara konsisten pada seluruh MST, yang mengindikasikan adanya efek sinergis antara penghambatan langsung patogen oleh senyawa bioaktif nabati dan peningkatan kesehatan rizosfer serta ketahanan sistemik tanaman oleh agens hayati, sehingga penyerapan hara dan distribusi fotosintat menuju organ generatif berlangsung lebih optimal,

sejalan dengan prinsip pengendalian penyakit terpadu berbasis agen biologis yang efektif dan berkelanjutan (Dean et al., 2012; Harman et al., 2004; Shores et al., 2010).

Aspek Produksi Tanaman

Data jumlah buah (JB) dan berat buah (BB) menunjukkan bahwa seluruh perlakuan berbasis agens hayati dan pestisida nabati memberikan peningkatan hasil dibandingkan kontrol, yang secara konsisten menghasilkan jumlah dan berat buah terendah (Tabel 3). Rendahnya hasil pada kontrol mengindikasikan bahwa infeksi *F. oxysporum* yang tidak dikendalikan mengganggu fungsi jaringan vaskular tanaman, sehingga distribusi air dan fotosintat menuju organ generatif menjadi tidak optimal. Perlakuan perendaman benih dengan ekstrak *Tagetes sp.* maupun *T. harzianum* meningkatkan hasil dibandingkan kontrol, namun peningkatannya masih lebih rendah dibandingkan perlakuan penyemprotan. Hal ini mengindikasikan perlakuan pada fase vegetatif berperan dalam meningkatkan vigor tanaman, tetapi perlindungan terhadap patogen tular tanah pada fase generatif memerlukan aplikasi lanjutan agar dampaknya terhadap pembentukan dan pengisian buah lebih maksimal. Hasil penelitian ini sejalan dengan konsep mengenai pengendalian patogen tanah yang efektif pada fase generatif sangat menentukan keberhasilan pembentukan buah dan bobot hasil panen (Semangun, 2000).

Tabel 3. Rata – Rata Jumlah buah dan Berat Buah pada tanaman tomat terinfeksi *F. oxysporum*

Perlakuan	Waktu Pengamatan Aspek Produksi (MST)					
	9		10		11	
	JB	BB	JB	BB	JB	BB
P0	1,7	43,76	1,333	37,1	1,40 ^a	33,70 ^a
P1	1,83	45,33	1,633	45,966	1,66 ^{ab}	40,56 ^{ab}
P2	1,5	33,76	1,4	38,133	1,53 ^{ab}	36,90 ^{ab}
P3	1,43	38,33	1,633	42,466	1,76 ^{ab}	49,76 ^{ab}
P4	1,8	54,56	1,9	53,7	2,13 ^{ab}	58,96 ^{ab}
P5	1,93	65,83	1,9	58,7	2,70 ^b	83,13 ^b

Keterangan : Kontrol (P0), perendaman ekstrak *Tagetes sp.* (P1), perendaman larutan *T. harzianum* (P2), penyemprotan ekstrak *Tagetes sp.* (P3), penyemprotan *T. harzianum* (P4), dan kombinasi penyemprotan ekstrak *Tagetes sp.* dan *T. harzianum* (P5), minggu setelah tanam (MST), Jumlah Buah (JB) dan Berat Buah (BB).

Perlakuan penyemprotan *T. harzianum* dan ekstrak *Tagetes sp.* menunjukkan peningkatan jumlah dan berat buah yang lebih nyata, dengan hasil tertinggi diperoleh pada perlakuan kombinasi (Tabel 3). Peningkatan ini mencerminkan adanya efek sinergis antara mekanisme antagonisme mikroba oleh *Trichoderma*, seperti kompetisi ruang dan nutrisi, mikoparasitisme, serta *induce systemic resistance* (ISR) pada tanaman, dengan aktivitas antifungi senyawa bioaktif *Tagetes* yang mampu menghambat pertumbuhan patogen secara langsung. Kombinasi kedua perlakuan tersebut menciptakan kondisi rizosfer yang lebih sehat, sehingga penyerapan hara dan translokasi fotosintat menuju buah berlangsung lebih efisien. Tanaman yang terbebas dari tekanan patogen mampu mempertahankan aktivitas fotosintesis dan pengisian buah secara optimal, yang tercermin pada peningkatan jumlah dan berat buah per tanaman. Hasil ini konsisten dengan laporan bahwa aplikasi *Trichoderma* dapat meningkatkan hasil tanaman melalui perbaikan kesehatan akar dan ketahanan sistemik, sementara senyawa nabati berperan sebagai penekan patogen alami yang mendukung produktivitas tanaman secara berkelanjutan (Harman et al., 2004; Shores et al., 2010). Hasil ini mendukung konsep bahwa pengendalian penyakit berbasis hayati dan nabati tidak hanya berfungsi menekan patogen, tetapi juga berperan dalam meningkatkan produktivitas tanaman secara berkelanjutan. Pendekatan ini relevan untuk diterapkan dalam sistem budidaya ramah lingkungan yang mengurangi ketergantungan terhadap fungisida kimia.

KESIMPULAN

Aplikasi *T. harzianum* dan ekstrak *Tagetes sp.* efektif menekan insidensi dan keparahan penyakit layu fusarium yang disebabkan oleh *F. oxysporum* pada tanaman tomat. Perlakuan kombinasi penyemprotan menunjukkan efektivitas tertinggi dalam menurunkan intensitas penyakit secara konsisten dari fase awal hingga fase lanjut pertumbuhan tanaman. Penurunan tingkat serangan penyakit tersebut berkorelasi positif dengan perbaikan pertumbuhan fisiologis dan peningkatan komponen hasil tanaman tomat. Mekanisme pengendalian yang terjadi merupakan hasil sinergi antara antagonisme mikroba dan aktivitas antifungi senyawa metabolit sekunder tanaman *Tagetes sp.* Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menegaskan bahwa integrasi agens hayati dan pestisida nabati berpotensi dikembangkan sebagai strategi pengendalian penyakit layu fusarium yang efektif, ramah lingkungan, dan berkelanjutan dalam sistem budidaya tomat.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdhy, N. (2021). *Efek Pengapuran Dan Pemberian Trichoderma Harzianum Terhadap Pertumbuhan Tanaman Kakao (Theobroma Cacao L)* (Distertai Doktoral, UNIVERSITAS HASANUDDIN)
- Astiningrum, M., Lestari, D., & Putri, A. (2020). Produksi dan prospek pengembangan tanaman tomat di Indonesia. *Jurnal Hortikultura Indonesia*, 11(1), 45–53.
- Astuti, W., & C. R. Widiyastuti. (2016). Pestisida Organik Ramah Lingkungan Pembasmi Hama Tanaman Sayur. *Rekayasa* 14 (2) : 115-73.
- Badan Pusat Statistik. (2023). *Statistik hortikultura Indonesia 2023*. BPS.
- Berlian, I., Setyawan, B., & Hadi, H. (2013). MEKANISME ANTAGONISME *Trichoderma spp.* TERHADAP BEBERAPA PATOGEN TULAR TANAH. *Warta Perkaretan*, 32(2), 74–82. <https://doi.org/10.22302/ppk.wp.v32i2.39>
- Dean, R., Van Kan, J. A. L., Pretorius, Z. A., et al. (2012). The top 10 fungal pathogens in molecular plant pathology. *Molecular Plant Pathology*, 13(4), 414–430. <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2011.00783.x>.
- Farmakope Herbal Indonesia Edisi I, 2008
- Ghufron, M., Nurcahyanti, S.D., & Wahyuni, W. S. (2017). Pengendalian Penyakit Layu Fusarium Dengan *Trichoderma Harzianum* Pada Dua Varietas Tomat. *Jurnal Agroekoteknologi Tropika*, 6. (1), 29-34.
- Gong, Y., Liu, X., He, W., Xu, H., Yuan, F., & Gao, Y. (2012). *Investigation into the antioxidant activity and chemical composition of alcoholic extracts from defatted marigold (Tagetes erecta L.) residue.* *Food Chemistry*, 132(4), 1881–1886. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.12.013>
- Hardianti, R. (2014). *Efektivitas Trichoderma harzianum dalam mengendalikan layu fusarium pada tomat.* *Jurnal Agroteknologi*, 9(2), 119–126.
- Harman, G. E., Howell, C. R., Viterbo, A., Chet, I., & Lorito, M. (2004). *Trichoderma species—Opportunistic, avirulent plant symbionts.* *Nature Reviews Microbiology*, 2(1), 43–56. <https://doi.org/10.1038/nrmicro797>
- Heryanto, H. (2019). *Kajian Pengendalian Penyakit Layu Fusarium Oxisporum Dengan Trichoderma Sp. Pada Tanaman Cabai.* *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian*, 26 (2), 26-35.
- Kasim, N. N., Damayanti, T. A., Hidayat, S. H., & Santoso, S. (2024). *The Effectiveness of Integrated Management Packages in Controlling Aphid-Borne Virus Infections on Groundnut in South Sulawesi, Indonesia.* *AGRIVITA Journal of Agricultural Science*, 46(2), 303-319.
- Kurniati, F. (2021). *Potensi Bunga Tagetes Sp. (Tagetes Erecta L.) Sebagai Salah Satu Komponen Pendukung Pengembangan Pertanian.* *Media Pertanian*, 6(1).
- Kurniawan, JM, Brotosudarmo, THP, & Yusuf, MM (2020). *Telaah Literatur Potensi Lutein Dari Bunga Tagetes Sp. Lokal Sebagai Suplemen Kesehatan.*
- Lestari, F.A. (2015). *Repon Pertumbuhan Dan Biokimiawi Tanaman Tomat (Lycopersicum Esculentum Mill) Hasil Mutasi Genetik Dengan Senyawa Sodium Azide (Sa).*

- Mares, D., Tosi, B., Romagnoli, C., & Poli, F. (2002). Antifungal Activity of *Tagetes patula* Extracts. *Pharmaceutical Biology*, 40(5), 400–404. <https://doi.org/10.1076/phbi.40.5.400.8459>.
- Novianti, D., Salni, S. Emilia, I., & Mutiara, D. (2022). Pemanfaatan Air Cucian Beras Dengan Campuran Jamur *Trichoderma harzianum* Untuk Meningkatkan Pertumbuhan Tanaman Tomat (*Solanum lycopersicum*). *Sainmatika : Jurnal Ilmiah Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 2022, 19 (1), 80-85.
- Nurjannah, N. (2020). Pengaruh Pemberian *Trichoderma* Dosis Yang Berbeda Terhadap Pengendalian Penyakit Layu *Fusarium* Pada Tanaman Cabai Keriting (*Capsicum Annum* L) Varietas Tm 99. *Jurnal Life Science: Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 2 (2), 47-56.
- Oka, I. N. (1995). Pengendalian hayati penyakit tanaman. Gadjah Mada University Press.
- Prasetyo, H., Purwati, P., & Arsensi, I. (2018). Pemanfaatan Jamur *Trichoderma Harzianum* Sebagai Antagonis Patogen Busuk Sultur Tanaman Buah Naga Merah (*Hylocereus Polyrhizus*) Secara *In Vitro*. *Pertanian: Jurnal Ilmu Pertanian*, 7 (1), 19-27
- Purwita, AA., KN. Indah Dan G. Trimulyono. (2013). Penggunaan Ekstrak Daun Srikaya (*Annona Squamosa*) Sebagai Pengendalian Jamur *Fusarium Oxyporum* Secara *In Vitro*. *Jurnal Lenterabio*. 2 (2): 179-183.
- Raharjo, S. (2021). Buku Pintar Penanggulangan OPT (Organisme Pengganggu Tanaman). PERS DIVA.
- Rizal, R., Novianti, D., Dan Septiani, M. (2019). Pengaruh Jamur *Trichoderma harzianum* terhadap Pertumbuhan Tanaman Tomat (*Solanum lycopersicum* L.). *Jurnal Indobiosains*. 1 (1): 14-21.
- Semangun, H. (2000). *Penyakit-Penyakit Tanaman Hortikultura Di Indonesia*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Sepe, M., Rosa, Hom Salamiah, S., Abbas, S., Marsuni, Y., Pramudi, MI,...& *Trichoderma*, V. (2023). Pelatihan Pembuatan Cendawan *Trichoderma* Sp. Dalam Mengendalikan Penyakit Akar Putih Pada Perkebunan Karet Di Desa Binturu, Kalimantan Selatan. *JALUJUR: Jurnal Pengandian Masyarakat*, 2 (2), 57-68
- Shoresh, M., Harman, G. E., & Mastouri, F. (2010). *Induced systemic resistance and plant responses to fungal biocontrol agents*. *Annual Review of Phytopathology*, 48, 21–43. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-073009-114450>.
- Sopialena. (2015). *Pengendalian penyakit layu fusarium dengan agens hayati*. *Jurnal Perlindungan Tanaman*, 20(3), 145–153.
- Sutriadi, Ma Teddy., Elisabeth Srihayu Harsanti., Sri Wahyuni. & Anicetus Wihardjaka. (2019). Pestisida Nabati: Prospek Pengendali Hama Ramah Lingkungan. *Sumber Daya Lahan* 13 (2): 63-71.
- Uruilal, C., Talahaturuson, A., Rumahlewang, W., Dan Patty, J. (2017). Isolation *Trichoderma Harzianum* And Power Antagonism Against *Sclerotium Rolfsii* Sacc. Causes Of Wilt Diseases On Pepper Plants (*Capsicum Anuum*) In *In-Vitro*. *Jurnal Budidaya Pertanian*. 13 (2): 64-67.
- Winarto L. (2010). *Tagetes* Berguna Bagi Kita. Deptan. BPTP, Sumatera Utara.