

UJI EFEKTIVITAS ISOLAT *STREPTOMYCES* SP. TERHADAP *FUSARIUM* SP. PENYEBAB PENYAKIT LAYU PADA TANAMAN CABAI RAWIT HIYUNG

Fauzi Randa Winanda^{1*}, Ismed Setya Budi²⁾

^{1,2} Program Studi Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Lambung Mangkurat

*Email Korespondensi : winandafauziranda@gmail.com

Abstrak

Cabai rawit Hiyung merupakan komoditas unggulan Kalimantan Selatan dengan tingkat kepedasan sangat tinggi serta nilai ekonomi yang penting. Namun produktivitasnya menurun akibat tingginya serangan penyakit layu *Fusarium*, yang mampu merusak jaringan *xilem* dan menyebabkan kehilangan hasil hingga 50%. Pengendalian dengan fungisida kimia dinilai kurang efektif dan berdampak negatif terhadap lingkungan, sehingga diperlukan alternatif pengendalian yang lebih aman, salah satunya menggunakan agens hayati *Streptomyces* sp. penelitian ini bertujuan untuk menguji efektivitas tiga isolat *Streptomyces* sp. (asal Puntik, Tajau Landung dan Gudang Hirang) dalam menekan *Fusarium* sp. penyebab penyakit layu pada cabai rawit Hiyung. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan empat perlakuan dan lima ulangan. Parameter yang diamati meliputi masa inkubasi, kejadian penyakit dan tinggi tanaman. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi *Streptomyces* sp. memperpanjang masa inkubasi penyakit, menurunkan kejadian penyakit, serta meningkatkan pertumbuhan tanaman. Isolat asal Tajau Landung memberikan masa inkubasi terpanjang (7,46 hari), sedangkan isolat asal Gudang Hirang paling efektif menekan kejadian penyakit menjadi 38% dibandingkan 70% pada kontrol. Semua perlakuan *Streptomyces* sp. juga meningkatkan tinggi tanaman (18,07–19,36 cm) dibandingkan kontrol (15,76 cm). Secara keseluruhan, *Streptomyces* sp. terbukti efektif dalam menekan layu *Fusarium* dan mendukung pertumbuhan cabai rawit Hiyung.

Kata kunci: Layu Fusarium, *Streptomyces* sp., Cabai rawit Hiyung

Abstract

Hiyung bird's eye chili is a leading horticultural commodity of South Kalimantan, known for its exceptional pungency and high economic value. However, its productivity has declined due to severe outbreaks of Fusarium wilt, which damages xylem tissues and can cause yield losses of up to 50%. Chemical fungicides are considered less effective and pose environmental risks, highlighting the need for safer alternatives such as biological control agents. This study aimed to evaluate the effectiveness of three *Streptomyces* sp. isolates (originating from Puntik, Tajau Landung, and Gudang Hirang) in suppressing *Fusarium* sp., the causal agent of wilt disease in Hiyung chili. The experiment was conducted using a Completely Randomized Design (CRD) with four treatments and five replications. Observed parameters included incubation period, disease incidence, and plant height. The results showed that the application of *Streptomyces* sp. extended the disease incubation period, reduced disease incidence, and improved plant growth. The isolate from Tajau Landung produced the longest incubation period (7.46 days), while the isolate from Gudang Hirang was the most effective in reducing disease incidence to 38% compared to 70% in the control. All *Streptomyces* sp. treatments also increased plant height (18.07–19.36 cm) compared to the control (15.76 cm). Overall, *Streptomyces* sp. proved effective in suppressing Fusarium wilt and enhancing the growth of Hiyung bird's eye chili plants.

Keywords: *Fusarium* wilt, *Streptomyces* sp., Hiyung bird's eye chili

PENDAHULUAN

Cabai rawit Hiyung merupakan salah satu komoditas hortikultura penting di Kalimantan Selatan karena memiliki nilai ekonomi tinggi serta karakteristik khas berupa tingkat kepedasan yang sangat tinggi (Widiyastuti, 2015; Rochman & Tarmizi, 2020). Meskipun potensinya besar, produktivitas cabai rawit di daerah ini masih belum optimal. Salah satu faktor utama penyebab penurunan hasil adalah serangan penyakit layu *Fusarium*, yaitu penyakit tular tanah yang menyerang jaringan perakaran dan pembuluh xilem, sehingga menghambat proses transportasi air dan nutrisi di dalam tanaman. Kerusakan tersebut dapat menimbulkan kehilangan hasil yang signifikan hingga menyebabkan kegagalan panen (Okungbowa & Shittu, 2012; Ploetz, 2019).

Pengendalian penyakit layu *Fusarium* oleh petani umumnya masih mengandalkan fungisida kimia. Namun penggunaan yang berlebihan dan terus-menerus menimbulkan berbagai persoalan, antara lain degradasi kualitas tanah, pencemaran lingkungan, serta gangguan terhadap organisme non-target (Dhiaswari *et al.*, 2019). Kondisi tersebut menunjukkan perlunya strategi pengendalian yang lebih aman, efektif dan berkelanjutan. Salah satu pendekatan yang potensial adalah pemanfaatan agens hayati, contoh agens hayati yaitu *Trichoderma* sp., *Bacillus* sp. dan *Streptomyces* sp.. *Streptomyces* sp., dapat digunakan dalam mengendalikan penyakit layu *Fusarium* sp. karena bakteri ini mampu menghasilkan sejumlah metabolit antibakteri dan antijamur, enzim hidrolitik, serta senyawa bioaktif lain yang dapat menghambat perkembangan patogen tular tanah (Raharini *et al.*, 2012; Purnomo *et al.*, 2017). Berdasarkan pertimbangan tersebut, penelitian ini bertujuan mengetahui efektivitas beberapa asal isolat *Streptomyces* sp. dalam menekan *Fusarium* sp. penyebab penyakit layu pada tanaman cabai rawit varietas Hiyung dengan asumsi bahwa setiap isolat memiliki kemampuan penghambatan berbeda dan menentukan isolat yang paling berpotensi sebagai agens hayati dalam menghambat penyakit layu *Fusarium* pada tanaman cabai rawit Hiyung.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Fitopatologi Program Studi Proteksi Tanaman Fakultas Pertanian Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru dan di Lahan Desa Suato Tatakan Kecamatan Tapin Selatan Kabupaten Tapin dari bulan September s.d November 2025. Penelitian ini dirancang menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri atas 4 perlakuan dan setiap perlakuan diulang sebanyak 5 kali. Perlakuan yang akan diberikan antara lain sebagai berikut:

T_0 = Hanya patogen *Fusarium* sp.

T_1 = Isolat *Streptomyces* sp. asal puntik (PT) + *Fusarium* sp.

T_2 = Isolat *Streptomyces* sp. asal Tajau Landung (TJ) + *Fusarium* sp.

T_3 = Isolat *Streptomyces* sp. asal Gudang Hirang (GH) + *Fusarium* sp.

Bahan yang digunakan adalah bibit cabai rawit varietas hiyung yang berumur 30 hari dan masih sehat, isolat *Fusarium* sp., hasil isolasi dari bagian tanaman yang bergejala layu *Fusarium* di Desa Hiyung Kecamatan Tapin Tengah Kabupaten Tapin dan tiga isolat *Streptomyces* sp. koleksi laboratorium Pengendalian Hayati Program Studi Proteksi Tanaman Fakultas Pertanian Universitas Lambung Mangkurat yaitu isolat *Streptomyces* sp. asal puntik diambil dari tanah perakaran Padi di daerah Puntik (kode PT), isolat *Streptomyces* asal Tajau Landung yang diambil dari tanah perakaran tanaman Kelapa Sawit di daerah Tajau Landung (kode TJ) dan isolat Gudang Hirang diambil dari tanah perakaran

tanaman Bambu di daerah Gudang Hirang (kode GH). Persiapan dan pemeliharaan bibit

cabai rawit varietas Hiyung dilakukan dengan memilih bibit yang sehat, kemudian dirawat melalui penyiraman teratur setiap pagi dan sore serta penyiaangan gulma secara manual agar tidak terjadi persaingan hara maupun ruang tumbuh. Aplikasi *Streptomyces* sp. dilakukan dengan menyiapkan suspensi dari isolat yang telah tumbuh pada media PDA, yaitu dengan menambahkan 10 ml air steril dan mengaduknya menggunakan segitiga perata, kemudian memindahkan suspensi tersebut ke dalam botol berisi 90 ml air steril dan menghomogenkannya menggunakan shaker selama 15 menit pada 150 rpm.

Suspensi ini diberikan saat bibit dipindahkan ke media tanam melalui perendaman akar selama 15 menit (González-García *et al.*, 2019), kemudian bibit ditanam ke polybag berukuran 25 × 30 cm dan pada 14 hari setelah tanam diberi perlakuan lanjutan berupa penyiraman 10 ml filtrat kultur *Streptomyces* di area perakaran (Kawicha *et al.*, 2023). Inokulasi *Fusarium* sp. dilakukan tiga hari setelah aplikasi *Streptomyces* sp. pertama sekaligus tiga hari setelah bibit ditanam, yaitu dengan mengocorkan suspensi patogen berkonsentrasi 10^6 konidia/ml sebanyak 20 ml ke media tanam pada seluruh perlakuan, termasuk kontrol (Simamora *et al.*, 2022), kemudian dilakukan penyiraman untuk menjaga kelembapan sehingga bibit dan patogen yang diaplikasikan dapat berkembang dengan optimal.

Pengamatan dimulai pada hari pertama setelah inokulasi di mana tanaman cabai rawit yang terinfeksi *Fusarium* menunjukkan tanda-tanda seperti pucat pada tulang daun, perubahan warna coklat kemerahan pada pucuk, serta kelayuan daun. Parameter yang diamati mengacu pada Nisa (2018), meliputi masa inkubasi yang dihitung sejak satu hari setelah inokulasi hingga munculnya gejala layu, kejadian penyakit yang dipantau secara berkala dari 7 hingga 21 HSI dengan mencatat jumlah tanaman bergejala dibandingkan total tanaman menurut rumus KP dari Putra *et al.* (2019), serta tinggi tanaman yang diukur setiap minggu selama empat minggu dari pangkal batang hingga titik tertinggi pertumbuhan. Data hasil pengamatan di uji kehomogenan ragam Bartlett dan dilanjutkan dengan analisis ragam ANOVA, terakhir dilanjutkan ke uji BNT pada taraf kepercayaan 5%.

Rumus KP menurut Putra *et al.*, (2019)

$$KP = \frac{a}{N} \times 100$$

Keterangan:

KP = Kejadian penyakit (%)

a = Jumlah tanaman sakit terserang

N = Jumlah total tanaman yang diamati

HASIL DAN PEMBAHASAN

Masa Inkubasi Penyakit Layu *Fusarium*

Masa inkubasi penyakit layu *Fusarium* merupakan rentang waktu sejak inokulasi hingga munculnya gejala awal kelayuan, yang menunjukkan kemampuan *Fusarium* sp. menembus dan mengkolonisasi jaringan tanaman. Variasi masa inkubasi dipengaruhi oleh interaksi inang, patogen, dan lingkungan. Kondisi lingkungan yang mendukung, seperti suhu hangat, pH tanah agak asam, dan kelembaban optimal, dapat mempercepat munculnya gejala. Hal ini sesuai Rahayu *et al.* (2015), yang menyatakan bahwa patogenisitas *Fusarium* meningkat pada kondisi lingkungan optimal sehingga masa inkubasi menjadi lebih singkat. Sebaliknya, ketahanan fisiologis tanaman atau keberadaan mikroorganisme antagonis seperti *Streptomyces* sp. dapat menghambat perkembangan patogen dan memperpanjang

masa inkubasi. Dengan demikian, perbedaan masa inkubasi yang terjadi merupakan hasil interaksi antara virulensi patogen, tingkat ketahanan tanaman, serta faktor lingkungan yang memengaruhi dinamika penyakit. Berdasarkan hasil pengamatan diperoleh data hasil pengamatan masa inkubasi setiap perlakuan yaitu pada perlakuan kontrol (T0), 5,04 hari sedangkan pada perlakuan yang di aplikasikan *Streptomyces* sp. memiliki masa inkubasi lebih lama yaitu 6,60 hari T1 (isolat asal Puntik), 7,42 hari (asal tajau Landung) dan 6,77 hari pada T3 (asal Gudang Hirang) (Tabel 1).

Tabel 1. Masa Inkubasi Isolat *Fusarium* Pada Tanaman Cabai Rawit Hiyung.

Perlakuan	Isolat	Rata-rata
T0 (kontrol)	<i>Fusarium</i> sp.	5,04
T1	Desa Puntik	6,60
T2	Desa Tajau Landung	7,46
T3	Desa Gudang Hirang	6,77

Pengamatan terhadap masa inkubasi pada penelitian ini dilakukan mulai satu hari setelah tanaman diberi inokulum patogen hingga munculnya gejala awal layu *Fusarium* pada cabai rawit varietas Hiyung. Tanaman diberi inokulasi *Fusarium* sp. sebanyak 20 ml. Berdasarkan hasil pada Tabel 1, terlihat bahwa masa inkubasi penyakit berbeda pada setiap perlakuan. Perlakuan kontrol (T0), yaitu tanaman yang hanya menerima inokulasi *Fusarium* sp., menunjukkan masa inkubasi paling cepat dibanding perlakuan lainnya, yakni rata-rata 5,04 hari. Sebaliknya, perlakuan yang mendapatkan aplikasi *Streptomyces* sp. memiliki masa inkubasi lebih lama, yaitu 6,60 hari pada T1 (asal Puntik), 7,46 hari pada T2 (asal Tajau Landung) dan 6,77 hari pada T3 (asal Gudang Hirang). Perbedaan ini muncul karena adanya kompetisi antara patogen dan agens hidup, sehingga patogen membutuhkan waktu lebih lama untuk menyebabkan infeksi. Kondisi lingkungan seperti suhu, kelembaban, curah hujan, serta pH tanah di lokasi penelitian turut mempengaruhi perkembangan *Fusarium* sp. dan respons tanaman cabai rawit Hiyung berikut disajikan data kondisi lingkungan selama penelitian pada tabel 2.

Tabel 2. Kondisi Cuaca dan pH Tanah Dilokasi Penelitian.

Faktor Lingkungan	Nilai/Kondisi	Keterangan
Suhu	29°C	Suhu optimal untuk perkembangan patogen
Kelembaban	54%	Mendukung perkembangan penyakit pada kondisi tanah lembab
Curah Hujan	221 mm	Data curah hujan bulanan
pH tanah	5,5	Hasil pengukuran setelah selesai penelitian

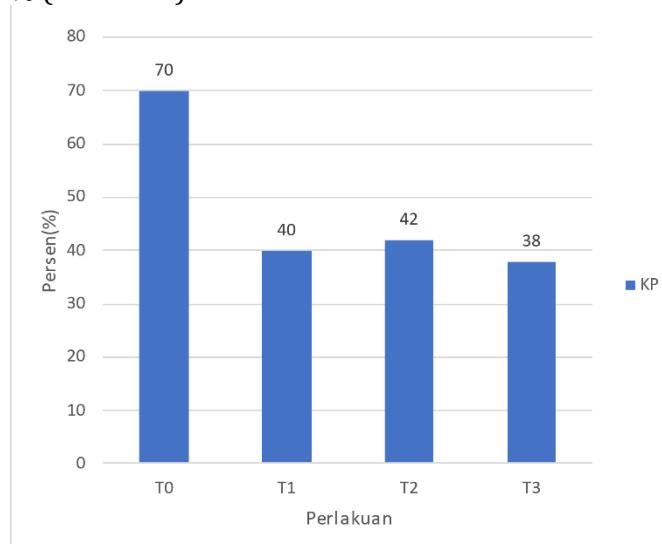
Hasil pengamatan pada Tabel 2 menunjukkan bahwa kondisi lingkungan penelitian suhu rata-rata 29°C, pH tanah 5,5 dan kelembaban 54% cukup ideal bagi pertumbuhan *Fusarium* sp., sehingga gejala pada perlakuan kontrol muncul lebih cepat. Suhu hangat, pH tanah masam, dan kelembaban sedang memang mempercepat perkembangan spora serta penetrasi akar, sesuai laporan bahwa *Fusarium* tumbuh optimal pada suhu 23–30°C dan pH 5–7 (Chakrapani *et al.*, 2023; Somesh *et al.*, 2019). Namun, pada perlakuan yang diberi *Streptomyces* sp., masa inkubasi menjadi lebih panjang.

Pemanjangan masa inkubasi ini menunjukkan bahwa *Streptomyces* sp. mampu menghambat perkembangan awal *Fusarium* melalui mekanisme antagonisme seperti kompetisi, antibiosis, dan degradasi dinding sel patogen (Prasetyo *et al.*, 2017). Hasil penelitian ini juga sejalan dengan penelitian Sahriyanor *et al.* (2024), yang melaporkan bahwa isolat *Streptomyces* sp. asal lahan rawa Kalimantan Selatan, termasuk Puntik, Tajau Landung dan Gudang Hirang mampu menghambat pertumbuhan jamur *Colletotrichum* sp. pada tanaman cabai secara *in vitro* melalui mekanisme antibiosis dan kompetisi ruang.

Aktivitas antagonis ini berperan dalam memperpanjang masa inkubasi penyakit. *Streptomyces* menghasilkan enzim kitinase, selulase, serta metabolit antibiotik yang efektif mengganggu pertumbuhan hifa dan pembentukan konidia *Fusarium* (Raharini *et al.*, 2012). Semakin panjang masa inkubasi mencerminkan semakin kuatnya kemampuan antagonistik isolat. Dalam penelitian ini, isolat asal Tajau Landung (T2) merupakan yang paling efektif karena mampu menunda timbulnya gejala hingga 7,46 hari.

Kejadian Penyakit

Kejadian penyakit layu *Fusarium* merupakan parameter penting untuk mengetahui jumlah tanaman yang terserang setelah perlakuan, serta menjadi indikator efektivitas pengendalian menggunakan *Streptomyces* sp. Persentase kejadian penyakit dipengaruhi oleh interaksi antara patogen, inang dan lingkungan (Agrios, 2005; Campbell & Madden, 1990). Hasil uji Bartlett menunjukkan bahwa data kejadian penyakit bersifat homogen sehingga perbedaan antarperlakuan dapat dinilai secara valid. Pemberian *Streptomyces* sp. pada cabai rawit Hiyung terbukti mampu menurunkan persentase serangan layu *Fusarium* dibandingkan kontrol. Temuan ini sejalan dengan penelitian Viaene *et al.*, (2016) dan Gopalakrishnan *et al.*, (2011) yang melaporkan bahwa *Streptomyces* efektif menekan patogen melalui produksi enzim kitinase, siderofor dan metabolit antifungi. Berdasarkan hasil pengamatan kejadian penyakit *Fusarium* pada cabai rawit varietas Hiyung persentase tertinggi pada perlakuan kontrol (T0) dengan nilai persentase kejadian penyakit 70%, sedangkan perlakuan yang di aplikasikan *Streptomyces* sp. memiliki persentase kejadian penyakit yang lebih rendah dari perlakuan kontrol yaitu pada perlakuan T1 (isolat asal Puntik) 40%, perlakuan T2 (isolat asal Tajau Landung) 42% dan perlakuan T3 (isolat asal Gudang Hirang) 38% (Gambar 1).



Gambar 1. Persentase Kejadian Penyakit Layu *Fusarium* Pada Tanaman Cabai Rawit Hiyung.

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa persentase kejadian penyakit tertinggi terdapat pada perlakuan kontrol (T0), yaitu sebesar 70%. Pada perlakuan yang diberikan *Streptomyces* sp., tingkat kejadian penyakit menurun nyata, dengan efektivitas berbeda antar isolat. Perlakuan T3 (isolat asal Gudang Hirang) merupakan perlakuan paling efektif dengan kejadian penyakit terendah, yaitu 38%, sedangkan T1 dan T2 menunjukkan kejadian penyakit masing-masing 40% dan 42%. Penurunan ini memperkuat pernyataan Liu *et al.*, (2020) bahwa beberapa isolat *Streptomyces* mampu menghambat perkembangan *Fusarium* sp. melalui mekanisme antibiosis dan kompetisi di rizosfer.

Perlakuan T1 dan T2 dengan aplikasi *Streptomyces* sp. mampu menurunkan kejadian penyakit dibandingkan kontrol, tetapi persentasenya masih relatif tinggi (40–42%). Kondisi ini diduga terjadi karena kemampuan kedua isolat tersebut dalam berkolonisasi di rizosfer kurang optimal, sehingga aktivitas antagonistiknya tidak bekerja maksimal. Raaijmakers *et al.*, (2009) menyatakan bahwa efektivitas agen hayati sangat bergantung pada kemampuan kolonisasi akar dan daya saing terhadap mikroba asli tanah. Selain itu, masing-masing isolat diduga memiliki potensi berbeda dalam menghasilkan metabolit antifungi seperti kitinase, β -1,3-glukanase, dan antibiotic.

Kondisi lingkungan dilahan penelitian suhu rata-rata 29°C, kelembapan 54%, curah hujan tinggi, serta pH tanah 5,5 berada dalam kisaran ideal bagi pertumbuhan *Fusarium* sp. Suhu hangat dan tanah yang tetap basah akibat curah hujan tinggi mendukung perkembahan dan infeksi patogen, sementara pH masam turut mempercepat sporulasi sebagaimana dilaporkan De la Campa *et al.* (2005) dan Sastrahidayat, (1990). Kondisi yang sangat kondusif ini menyebabkan kejadian penyakit pada kontrol mencapai 70%.

Meskipun demikian, perlakuan *Streptomyces* sp. tetap mampu menekan kejadian penyakit. Hal ini berkaitan dengan kemampuan antagonistik *Streptomyces* yang menghasilkan metabolit antimikroba dan enzim pengurai dinding sel patogen. *Streptomyces* diketahui memproduksi senyawa antifungi, seperti antibiotik, serta enzim kitinase, β -1,3-glukanase, dan selulase yang merusak struktur dinding sel patogen. Selain itu, kemampuannya menghasilkan siderofor dan melakukan mikoparasitisme semakin memperkuat proses penghambatan. Kombinasi mekanisme tersebut memungkinkan *Streptomyces* tetap efektif menekan perkembangan *Fusarium* meskipun kondisi lingkungan sangat mendukung infeksi. Pada perlakuan kontrol kejadian penyakit cukup tinggi dan menyebabkan tanaman bergejala layu hingga mati (gambar 2).



Gambar 2. Gejala Serangan Penyakit Layu Fusarium; A. gejala awal daun bagian bawah layu dan menguning, B. Tanaman layu Menyeluruh, C. Pangkal batang berwarna kecokelatan, D. Tanaman terinfeksi parah

Tanaman yang terinfeksi menunjukkan penurunan kondisi fisiologis yang ditandai oleh gejala awal berupa daun bagian bawah yang layu dan menguning pada kondisi tanah lembap (Gambar 2A). Gejala ini kemudian berkembang menjadi kelayuan menyeluruh pada seluruh tajuk tanaman (Gambar 2B). Kelayuan bersifat permanen dan tidak pulih meskipun suhu lingkungan menurun, menandakan adanya gangguan serius pada sistem pembuluh xilem akibat kolonisasi *Fusarium* sp. Gangguan tersebut terjadi ketika patogen tumbuh dan berkembang di dalam jaringan pengangkut, sehingga aliran air ke bagian atas tanaman terhambat dan diikuti pengeringan serta pengeringan daun (González-Carrera *et al.*, 2020). Kondisi ini muncul karena jaringan tanaman tidak memperoleh suplai air maupun nutrisi secara optimal akibat penyumbatan pembuluh xilem oleh miselium dan toksin yang

dihadiskan patogen. Ploetz (2019), juga menjelaskan bahwa penyumbatan jaringan vaskuler merupakan penyebab utama layu permanen, perubahan warna jaringan, serta kerusakan struktural pada tanaman yang terserang penyakit layu Fusarium.

Perubahan warna yang mencolok tampak pada pangkal batang (Gambar 2C), menunjukkan warna lebih gelap sebagai indikasi nekrosis dan kerusakan jaringan vaskuler. Kerusakan ini menyebabkan batang menjadi rapuh dan mudah tumbang (Gambar 2D). Temuan ini sejalan dengan Ayuningtyas *et al.*, (2021) yang menyatakan bahwa perubahan warna cokelat gelap pada pangkal batang merupakan ciri infeksi sistemik *Fusarium* sp., terutama ketika patogen telah menyebar dari akar menuju batang. Visconti & Masi, (2022) juga melaporkan bahwa *Fusarium* berkembang cepat pada kondisi tanah lembap, dengan infeksi yang biasanya dimulai dari akar sebelum bergerak naik ke jaringan xilem.

Hasil pengamatan tersebut diperkuat oleh Putra *et al.* (2019), yang menjelaskan bahwa *Fusarium* sp. menginfeksi tanaman melalui sistem perakaran dan berkembang di jaringan pembuluh kayu. Serangan awal ditandai oleh menguningnya daun bagian bawah, kemudian menjalar ke daun bagian atas. Pada tahap lanjut, tulang daun tampak memucat, tangkai daun menjadi rapuh, dan tanaman mengalami kelayuan total. Pembusukan juga terjadi pada batang, dan bila dibelah terlihat perubahan warna kecoklatan pada jaringan pembuluh. Patogen menyerang akar muda terlebih dahulu, lalu bergerak naik menuju batang, sehingga menghambat aliran air dan nutrisi. Hambatan ini menyebabkan pertumbuhan tanaman terhambat dan gejala layu semakin parah.

Tinggi Tanaman

Pertumbuhan tinggi tanaman merupakan indikator penting untuk menilai efektivitas perlakuan karena menggambarkan kemampuan tanaman menyerap nutrisi dan merespons kondisi lingkungan. Selain faktor genetik dan ketersediaan hara, mikroorganisme perakaran seperti *Streptomyces* sp. turut berperan dalam mendukung pertumbuhan vegetatif. *Streptomyces* diketahui menghasilkan hormon auksin dan enzim hidrolitik yang meningkatkan ketersediaan hara serta merangsang pemanjangan sel, sehingga tanaman dapat tumbuh lebih optimal meskipun terpapar patogen (Suryani *et al.*, 2015; Hamid *et al.*, 2020).

Uji homogenitas ragam menunjukkan bahwa data tinggi tanaman bersifat homogen dan layak dianalisis menggunakan ANOVA. Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan *Streptomyces* sp. berpengaruh sangat nyata terhadap tinggi tanaman cabai rawit Hiyung. Uji lanjut BNT 5% mengonfirmasi adanya perbedaan antarperlakuan, yang menunjukkan bahwa kemampuan setiap isolat dalam meningkatkan pertumbuhan tidak sama. Perbedaan ini berkaitan dengan variasi kemampuan isolat *Streptomyces* dalam menghasilkan senyawa pemacu tumbuh dan aktivitas antagonis terhadap patogen (Raharini *et al.*, 2012).

Berdasarkan hasil pengamatan tinggi tanaman cabai rawit varietas Hiyung berbeda nyata antarperlakuan. Perlakuan kontrol (T0) memiliki tinggi rata-rata 15,76 cm, sedangkan perlakuan dengan aplikasi *Streptomyces* sp. menunjukkan pertumbuhan lebih baik, yaitu 18,07 cm pada T2, 19,25 cm pada T3 dan 19,36 cm pada T1. Perbedaan angka ini ditunjukkan oleh huruf superskrip yang berbeda menandakan bahwa perlakuan memberikan pengaruh nyata berdasarkan uji BNT 5% (tabel 2).

Tabel 2. Hasil uji nilai tengah BNT tinggi tanaman Cabai rawit Hiyung

Perlakuan	Tinggi Tanaman (cm)
-----------	---------------------

T0	15,76 ^a
T2	18,07 ^b
T3	19,25 ^b
T1	19,36 ^b

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom tidak berbeda nyata pada taraf 5% dengan uji BNT.

Berdasarkan hasil analisis statistik terhadap tinggi tanaman, perlakuan T0 (kontrol) yang hanya diberi inokulasi *Fusarium* sp. menunjukkan pertumbuhan paling rendah dengan rata-rata tinggi 15,76 cm. Nilai tersebut terbukti berbeda nyata dibandingkan dengan semua perlakuan lain. Tingginya tingkat hambatan pertumbuhan pada T0 menggambarkan bahwa infeksi *Fusarium* sp. mampu mengganggu aktivitas fisiologis tanaman, terutama melalui kerusakan jaringan xilem yang berperan dalam transportasi air dan nutrisi. Kondisi tersebut sesuai dengan laporan Trifatmawati & Sopandi (2018), bahwa *Fusarium* sp. dapat menghasilkan toksin dan enzim perusak jaringan pengangkut, sehingga menyebabkan pertumbuhan tanaman menjadi tertekan.

Berbeda dengan kontrol, seluruh perlakuan yang diaplikasikan *Streptomyces* sp. (T1, T2, dan T3) menunjukkan rata-rata tinggi tanaman yang lebih baik, berkisar antara 18,07 hingga 19,36 cm dan tidak berbeda nyata satu sama lain. Hal ini menandakan bahwa ketiga isolat *Streptomyces* sp. memiliki kemampuan antagonisme yang efektif dalam menekan perkembangan *Fusarium* sp. Mekanisme antagonisme tersebut diduga terkait dengan produksi berbagai senyawa antibakteri dan antijamur, termasuk metabolit volatil serta enzim kitinase dan β -1,3-glukanase yang mampu merusak komponen dinding sel jamur patogen (Gao *et al.*, 2010; Liu *et al.*, 2020).

Kondisi lingkungan selama penelitian berperan dalam mempengaruhi pertumbuhan tinggi tanaman. Pada saat penelitian berlangsung, area pengamatan sering mengalami hujan disertai angin kencang. Kondisi ini dapat menyebabkan tanaman mengalami stres mekanis, berkurangnya intensitas cahaya, serta meningkatnya kelembaban tanah dan udara. Stres angin dapat menurunkan laju pertumbuhan pucuk karena tanaman mengalokasikan energi untuk memperkuat jaringan batang, sementara kelembaban yang tinggi dapat mempercepat perkembangan *Fusarium* sp. di daerah perakaran. Faktor-faktor tersebut berpotensi memperparah hambatan pertumbuhan pada perlakuan kontrol dan mempertegas perbedaan antara tanaman yang tidak diberi perlakuan dan tanaman yang dilindungi *Streptomyces* sp. Perlakuan dengan *Streptomyces* tampak mampu membantu tanaman mempertahankan pertumbuhan vegetatif meskipun kondisi lingkungan kurang mendukung, sehingga ketiga perlakuan yang diaplikasikan agens hayati tetap menunjukkan tinggi tanaman yang lebih baik dibandingkan kontrol.

Hasil penelitian ini sejalan dengan temuan sebelumnya bahwa *Streptomyces* sp. dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman melalui produksi hormon pertumbuhan, siderofor,

fiksasi nitrogen, serta pelarutan mineral dan fosfat yang meningkatkan penyerapan hara. Selain itu, *Streptomyces* memiliki kemampuan antagonistik terhadap patogen melalui produksi antibiotik, sehingga mampu menekan penyakit layu *Fusarium* dan mendukung pertumbuhan tanaman secara optimal. Temuan ini sesuai dengan laporan Chaiharn *et al.* (2020), yang menunjukkan bahwa aplikasi *Streptomyces* sp. mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman dan menurunkan intensitas penyakit tular tanah.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa aplikasi *Streptomyces* sp. efektif dalam menekan perkembangan *Fusarium* sp. pada tanaman cabai rawit Hiyung dengan bukti menurunkan masa inkubasi, menekan kejadian penyakit Fusarium dan meningkatkan pertumbuhan tanaman cabai rawit Hiyung. Perlakuan *Streptomyces* mampu memperpanjang masa inkubasi dibandingkan kontrol, di mana gejala pada kontrol muncul pada 5,04 hari, sedangkan perlakuan terbaik yaitu isolat Tajau Landung menunda gejala hingga 7,46 hari. Persentase kejadian penyakit juga menurun signifikan dari 70% pada kontrol menjadi 38-42% pada perlakuan, dengan isolat Gudang Hirang sebagai penekan penyakit paling efektif. Selain itu, *Streptomyces* meningkatkan pertumbuhan tanaman, terlihat dari tinggi tanaman yang meningkat dari 15,76 cm pada kontrol menjadi 18,07-19,36 cm pada perlakuan. Secara keseluruhan, ketiga isolat *Streptomyces* sp. efektif untuk mengendalikan layu Fusarium pada cabai rawit Hiyung.

REFERENSI

- Agrios, G. (2005). *Plant pathology: Fifth edition*. In Academic Press. New York.
- Ayuningtyas, R., Sulastrini, I., & Satriani, R. (2021). Identifikasi gejala dan perkembangan penyakit layu Fusarium pada tanaman cabai merah. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*, 17(3), 145-154.
- Campbell, C. L., & Madden, L. V. (1990). Introduction to Plant Disease Epidemiology. In *Wiley-Interscience Press*. John Wiley and Sons. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19912305030>
- Chaiharn, M., Theantana, T., & Pathom-Aree, W. (2020). Evaluation of biocontrol activities of *Streptomyces* spp. against rice blast disease fungi. *Pathogens*, 9(2), 129.
- Chakrapani, K., Chanu, W. T., Sinha, B., Thangjam, B., Hasan, W., Devi, K. S., & Saini, R. (2023). Deciphering growth abilities of *Fusarium oxysporum* f. sp. pisi under variable temperature, pH and nitrogen. *Frontiers in Microbiology*, 14.
- De la Campa, R., Hooker, D.C., Miller, J. D., Schaafsma, A.W., & Hammond, B. . (2005). Modeling effects of environment, insect damage, and Bt genotypes on fumonisin accumulation in maize in Argentina and the Philippines. *Mycopathologia*, 105(4), 539-552.
- Dhiaswari, D. R., Santoso, A. B., & Banowati, E. (2019). Pengaruh Perilaku Petani Bawang Merah dan Penggunaan Pestisida terhadap Dampak bagi Lingkungan Hidup di Desa Klampok Kecamatan Wanaseri Kabupaten Brebes. *Edu Geography*, 7(3), 204-211. <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/edugeo>
- F.I Okungbowa, & H.O Shittu. (2012). Fusarium Wilt: An overview. *Environmental Research Journal*, 6(2), 87-102.
- Gao, F. K., Dai, C. C., & Liu, X. Z. (2010). Mechanisms of fungal endophytes in plant protection against pathogens. *African Journal of Microbiology Research*, 4(13), 1346-1351. <https://doi.org/10.1111/j.0307-6946.2004.00642.x>
- González-Carrera, J., Martínez-Latorre, J., & González-Pérez, E. (2020). Vascular colonization and physiological responses of solanaceous crops infected by *Fusarium oxysporum*. *Journal of Plant Pathology*, 102(4), 1201-1212.
- González-García, S., Álvarez-Pérez, J. M., Sáenz de Miera, L. E., Cobos, R., Ibañez, A., Díez-Galán, A., Garzón-Jimeno, E., & Coque, J. J. R. (2019). Developing tools for evaluating inoculation methods of biocontrol *Streptomyces* sp. Strains into grapevine plants. *PLoS ONE*, 14(1), 1-18. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0211225>
- Gopalakrishnan, S., Pande, S., Sharma, M., Humayun, P., Kiran, B. K., Sandeep, D., Vidya, M. S., Deepthi, K., & Rupela, O. (2011). Evaluation of actinomycete isolates obtained from herbal vermicompost for the biological control of Fusarium wilt of chickpea. *Crop*

- Protection*, 30(8), 1070–1078. <https://doi.org/10.1016/j.croppro.2011.03.006>
- Hamid, M. E., Reitz, T., Joseph, M. R. P., Hommel, K., Mahgoub, A., Elhassan, M. M., Buscot, F., & Tarkka, M. (2020). Diversity and geographic distribution of soil streptomycetes with antagonistic potential against Actinomycetoma-causing *Streptomyces* *sudanensis* in Sudan and South Sudan. *Journal of Microbiology*, 20(1), 20–33.
- Kawicha, P., Nitayaros, J., Saman, P., Thaporn, S., Thanyasiriwat, T., Somtrakoon, K., Sangdee, K., & Sangdee, A. (2023). Evaluation of Soil *Streptomyces* spp. for the Biological Control of Fusarium Wilt Disease and Growth Promotion in Tomato and Banana. *Plant Pathology Journal*, 39(1), 108–122. <https://doi.org/10.5423/PPJ.OA.08.2022.0124>
- Liu, N., Zhang, Y., Fan, H., Zhang, Z., & Li, Y. (2020). Antifungal activity of *Streptomyces* spp. and their secondary metabolites against plant pathogenic fungi. *Microorganisms*, 8(8), 1231.
- Nisa, C. (2018). Pengujian formulasi *Trichoderma* sp. terhadap pencegahan patogen *Fusarium oxysporum* penyebab penyakit layu pada cabai rawit (*Capsicum frutescens*) secara *in vivo*. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Ploetz, R. C. (2019). Fusarium wilt: Biology, epidemiology, and management in susceptible crops. *Plant Disease*, 103(7), 1775–1790.
- Prasetyo, G., Ratih, S., Ivayani, & Akin, H. M. (2017). Efektivitas *Pseudomonas fluorescens* dan *Paenibacillus polymyxa* Terhadap Keparahan Penyakit Karat Dan Hawar Daun Serta. *J. Agrotek Tropika*, 5(2), 102–108. <http://dx.doi.org/10.23960/jat.v5i2.1834>
- Purnomo, E., Mukarlina, & Rahmawati. (2017). Uji Antagonis Bakteri *Streptomyces* spp. terhadap Jamur *Phytophthora palmivora* BBK01 Penyebab Busuk Buah pada Tanaman Kakao. *Probiont*, 6(3), 1–7.
- Putra, I. M. T. M., Phabiola, T. A., & Suniti, N. W. (2019). Pengendalian Penyakit Layu *Fusarium oxysporum* f.sp. *capsici* pada Tanaman Cabai Rawit *Capsicum frutescens* di Rumah Kaca dengan *Trichoderma* sp yang Ditambahkan pada Kompos. *E-Jurnal Agroekoteknologi Tropika*, 8(1), 103–117.
- Raaijmakers, J. M., Paulitz, T. C., Steinberg, C., Alabouvette, C., & Moënne-Loccoz, Y. (2009). The rhizosphere: A playground and battlefield for soilborne pathogens and beneficial microorganisms. *Plant and Soil*, 321(1–2), 341–361. <https://doi.org/10.1007/s11104-008-9568-6>
- Raharini, A. O., Kawuri, R., & Khalimi, D. A. N. K. (2012). Penggunaan *Streptomyces* sp. Sebagai Biokontrol Penyakit Layu Pada Tanaman Cabai Merah (*Capsicum annuum* L.) yang Disebabkan Oleh *Fusarium oxysporum* f.sp. *capsici*. *Agrotrop: Journal on Agriculture Science*, 2(2), 151–159.
- Rahayu, D., Rahayu, W. P., Lioe, H. N., Herawati, D., Broto, W., & Ambarwati, S. (2015). Pengaruh Suhu dan Kelembaban Terhadap Pertumbuhan *Fusarium verticillioides* Bio 957 dan produksi fumonisin B1. *Agritech*, 35(2), 156–163.
- Rochman, F., & Tarmizi, T. (2020). DJKI berikan sertifikat IG cabai rawit Hiyung, cabai rasa terpedas. *Antara News*. <https://www.antaranews.com/berita/1868660/djki-berikan-sertifikat-ig-cabai-rawit-hiyung-cabai-rasa-terpedas>
- Sahriyanor, A., Mariana., & Budi, I. S. (2024). Uji *Streptomyces* sp. isolat lahan rawa untuk menekan pertumbuhan *Colletotrichum* sp. asal cabai rawit varietas Hiyung secara invitro. *Proteksi Tanaman Tropika*, 7(02), 922–933.
- Sastrahidayat, A. (1990). *Dasar-dasar ilmu penyakit tumbuhan*. Rajawali Press.
- Simamora, Agnes V., Serangmo, D. Y. L., Iburuni, Y. U. R., Widinugraheni, S., Hali, A. S., & Abanat, F. R. (2022). Uji Kemampuan Trichokompos Dalam Menekan Penyakit Layu *Fusarium* Pada Tanaman Tomat. *Wana Lestari*, 4(02), 374–381. <https://doi.org/10.35508/wanalestari.v7i02.9466>

- Somesh, Narendra Singh, Lopamudra Behera, Rajendra Kumar Bais, A. T. and S. K. (2019). Effect of Temperature and pH on Growth and Sporulation of *Fusarium Oxysporum* f.sp. Lini (Bolley) Snyder and Hensan Causing Linseed Wilt under environmental condition. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 8(2), 1427–1430.
- Suryani, L., Minarsih, H., & Susilowati, D. (2015). Potensi bakteri perakaran sebagai pemanfaatan pertumbuhan tanaman dan pengendali penyakit tular tanah. *Jurnal Biologi Tropis*, 15(2), 154–164.
- Trifatmawati, D. A., & Sopandi, T. (2018). Pertumbuhan Dan Hasil Panen Tanaman Jagung (*Zea mays*) Varietas Lokal Dan Hibrida Yang Di Infeksi Cendawan *Fusarium* sp. *STIGMA: Jurnal Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Unipa*, 11(01), 1-10. <https://doi.org/10.36456/stigma.vol11.no01.a1502>
- Viaene, T., Langendries, S., Beirinckx, S., Maes, M., & Goormachtig, S. (2016). Streptomyces as a plant's best friend? *FEMS Microbiology Ecology*, 92(8), 1–10. <https://doi.org/10.1093/femsec/fiw119>
- Visconti, A., & Masi, L. (2022). Influence of soil moisture on growth, sporulation, and pathogenicity of *Fusarium oxysporum*. *International Journal of Agricultural Microbiology*, 12(2), 55–64.
- Widiyastuti, D. A. (2015). Pengetahuan Dan Sikap Petani Terhadap Hama Cabai Rawit Hiyung. *Agrisains: Jurnal Budidaya Tanaman Perkebunan Politeknik Hasnur*, 1(2), 53–70.