

## Pengaruh Dosis Biofungisida Legundi (*Vitex trifolia*) Fermentasi Trichoderma Terhadap Insiden Penyakit Layu Fusarium Pada Beberapa Varietas Bawang Merah (*Allium ascalonicum* L.)

### *The Effect Of Legundi (Vitex trifolia) Biofungicide Doses Fermented With Trichoderma On Fusarium Wilt Disease In Several Shallot Varieties (Allium ascalonicum L.)*

Toni Indrawan<sup>\*1</sup>, I Made Sudantha<sup>2</sup>, Wahyu Astiko<sup>2</sup>

<sup>1</sup>(Mahasiswa S1, Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian Universitas Mataram, Mataram, Indonesia;

<sup>2</sup>(Dosen Pembimbing, Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian Universitas Mataram, Mataram, Indonesia.

\*corresponding author, email: [toniindrawan.agro@gmail.com](mailto:toniindrawan.agro@gmail.com)

#### ABSTRAK

*Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* (FoC), jamur patogen penyebab penyakit layu Fusarium merupakan jamur patogen destruktif yang menyebabkan kerusakan dan kehilangan hasil tanaman cukup tinggi. Pengendalian penyakit ini dilakukan secara biologis menggunakan biofungisida ekstrak legundi yang difermentasi dengan jamur *Trichoderma harzianum*. Percobaan ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dosis biofungisida legundi fermentasi Trichoderma (*T. harzianum*) terhadap insiden layu Fusarium pada dua varietas bawang merah lokal NTB. Percobaan disusun dengan Rancangan Acak Lengkap Faktorial (RAL Faktorial) dengan uji di rumah kaca. Faktor dosis biofungisida legundi fermentasi Trichoderma terdiri dari 5 aras, yaitu 0 ml/tanaman, 2,5 ml/tanaman, 5 ml/tanaman, 7,5 ml/tanaman dan 10 ml/tanaman. Faktor varietas bawang merah terdiri dari varietas Keta Monca dan Bali Karet. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi biofungisida legundi Trichoderma mulai dari dosis 2,5 ml/tanaman mampu mereduksi intensitas kejadian penyakit layu Fusarium pada kedua varietas bawang merah, dengan persentase penekanan berturut-turut yaitu 12,17-42,73% (Keta Monca) dan 19,56-66,57% (Bali Karet), dan mengurangi laju infeksi serta meredam luas bawah kurva perkembangan penyakit (AUDPC). Dosis 10 ml/tanaman memberikan penekanan penyakit tertinggi dan luas bawah kurva perkembangan penyakit paling rendah. Varietas Bali Karet lebih tahan dari penyakit layu Fusarium daripada Keta Monca dengan kejadian penyakit lebih rendah (35,40%) dibandingkan Keta Monca (68,74%), dan luas perkembangan penyakit/AUDPC lebih rendah (222,7 dsu) daripada Keta Monca (1192,912 dsu).

**Kata kunci:** biofungisida; legundi; pengendalian-hayati; fusarium; bawang-merah

#### ABSTRACT

*Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* (FoC), the causing agent of Fusarium wilt disease in shallot, is a destructive pathogen and causes high crop damage and yield lost. To control this disease, legundi leaf extract biofungicide fermented with *T. harzianum* was applied. This experiment aimed to determine the effect of Trichoderma fermented legundi biofungicide doses (*T. harzianum*) on Fusarium wilt disease in two local shallot varieties. The experiment was arranged in a completely randomized factorial design (CRD) with tests in a greenhouse. The dose factor of the Trichoderma fermented legundi biofungicide consisted of 5 levels: 0 ml/plant, 2,5 ml/plant, 5 ml/plant, 7,5 ml/plant and 10 ml/plant. The shallot variety factor consisted of Keta Monca and Bali Karet. The experimental results showed that the application of legundi Trichoderma biofungicide starting from a dose of 2,5 ml/plant was able to reduce the intensity of Fusarium wilt disease in both shallot varieties, with suppression percentages of 12,17-42,73% (Keta Monca) and 19,56-66,57% (Bali Karet), reduced the infection rate and the area under the disease progress curve (AUDPC). The highest disease suppression is obtained by application of 10 ml/plant legundi Trichoderma biofungicide. Bali Karet showed lower disease incidence (35,40%) and lower AUDPC (222,7 dsu) than Keta Monca with higher disease incidence (68,74%) and higher AUDPC (1192,912 dsu).

**Keywords:** biofungicide; legundi; biological-control; fusarium; shallot

## PENDAHULUAN

Pengembangan produksi bawang merah domestik dihadapkan pada kendala serangan penyakit tanaman yang sukar dikendalikan. Salah satu penyakit utama yang sering dilaporkan menyerang tanaman bawang merah adalah penyakit layu *Fusarium* yang disebabkan oleh jamur patogen *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae*. Serangan penyakit ini berpotensi menimbulkan kerusakan dan kehilangan hasil tanaman yang cukup tinggi, lebih dari 50% bahkan gagal panen (Wiyatiningsih *et al.*, 2009; Fitriani *et al.*, 2019). *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* menyebabkan kerusakan jaringan pembuluh tanaman, sehingga distribusi air dan hara tanaman terhambat (Bektas dan Kusek, 2019). Infeksi jamur patogen tersebut pada tanaman menyebabkan tanaman mengalami gejala kelayuan, daun klorosis dan terpelintir, tumbuh kerdil dan pangkal batang membusuk (Sudantha *et al.*, 2020; Sudantha dan Suwardji, 2021).

Penyakit Layu *Fusarium* relatif sukar dikendalikan meskipun dengan penggunaan fungisida kimia sintetis. Hal tersebut sebab jamur *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* mampu bertahan di dalam tanah dalam jangka waktu lama hingga 8 tahun meski tanpa tanaman inang (Bennett *et al.*, 2012; Fall *et al.*, 2018; Gordon, 2017). Adanya mekanisme klamidospora membuat jamur ini persisten di dalam tanah secara saprofit. Pengendalian penyakit layu *Fusarium* di lapangan masih dihadapkan pada opsi penggunaan fungisida kimia sintetis sistemik berbahan aktif benomil. Akan tetapi, benomil telah dilarang penggunaannya secara global sebab menimbulkan dampak buruk bagi lingkungan dan manusia, seperti berpotensi menimbulkan ras baru patogen yang lebih ganas dan resisten, gangguan kesehatan: iritasi kulit, gangguan fungsi hati dan reproduksi, serta residu benomil sukar larut di dalam tanah (Pearson dan Miller, 2014).

Opsi pengendalian penyakit layu *Fusarium* yang ramah lingkungan adalah penggunaan biofungisida. Amaria *et al.*, (2016) mendefinisikan biofungisida sebagai produk perlindungan tanaman yang mengandung agens biokontrol yang diformulasi ke dalam bahan (*carrier*) tertentu. Salah satu agens biokontrol yang banyak dilibatkan dalam pengendalian penyakit tanaman adalah *Trichoderma harzianum*. Jamur *Trichoderma harzianum* mampu melakukan parasitasi, melepaskan senyawa antibiotik yang bersifat *toxic* bagi jamur patogen, serta produksi enzim hidrolisis yang berperan dalam aktivitas biokontrol penyakit tanaman (Sudantha *et al.*, 2020). Hasil penelitian terdahulu melaporkan bahwa *T. harzianum* mampu mengendalikan penyakit busuk akar yang disebabkan oleh *F. solani* pada tanaman olive (Ben *et al.*, 2017); penyakit busuk batang pada tanaman jagung yang disebabkan oleh *F. graminearum* (Saravanakumar *et al.*, 2017), penyakit busuk putih pada bawang merah yang disebabkan oleh *S. cepivorum* (Elshahawy *et al.*, 2017), penyakit layu *Fusarium* pada tomat (Bader *et al.*, 2020) dan penyakit layu *Fusarium* pada bawang merah (Sudantha *et al.*, 2020).

Penggunaan material yang mudah didegradasi seperti ekstrak nabati sebagai formulasi biofungisida tengah mendapat atensi dewasa ini (Akhtar dan Javaid, 2016). Beberapa penelitian terdahulu melaporkan bahwa penggunaan ekstrak *Imperata cylindrica*, *Raphanus sativus* dan *Acacia nilotica* menunjukkan penghambatan pertumbuhan *Macrophomina phaseolina*, *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* dan *Sclerotium rolfsii* (Javaid dan Bashir, 2015; Sana *et al.*, 2016; Banaras *et al.*, 2017). Penggunaan biomassa kering tanaman *W. somnifera* yang dikombinasikan dengan *T. harzianum* efektif mengendalikan *F. oxysporum* f.sp. *cepae* pada tanaman bawang merah dengan reduksi penyakit 20-53% pada percobaan rumah kaca (Akhtar dan Javaid, 2016).

Salah satu substrat nabati yang potensial dikembangkan sebagai biofungisida adalah daun legundi (*Vitex trifolia*), sebab bahannya murah, mudah diperoleh dan tidak *toxic* bagi tanaman. Legundi merupakan tumbuhan semak aromatik yang memiliki kandungan metabolit sekunder yang luas dan bersifat *fungitoxic* terhadap jamur patogen. Hasil penelitian Sudantha *et al.*, (2018) melaporkan bahwa biofungisida legundi yang difermentasi dengan jamur *Trichoderma* mampu mengendalikan penyakit layu *Fusarium* pada bawang merah varietas Keta Monca dengan penekanan penyakit >82,97%.

Namun demikian, informasi tentang efektivitas biofungisida legundi yang dikombinasi dengan jamur *Trichoderma* dalam mengendalikan penyakit layu *Fusarium* pada beberapa varietas bawang merah masih sangat terbatas. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh aplikasi biofungisida ekstrak legundi yang difermentasi *Trichoderma* pada berbagai rentang dosis aplikasi untuk mengendalikan penyakit layu *Fusarium* pada dua varietas bawang merah.

## BAHAN DAN METODE

### Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di Rumah Kaca Gaharu dan Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Pertanian Universitas Mataram. Penelitian dilakukan pada Maret sampai dengan Juni 2022.

### Bahan Penelitian

Pembuatan biofungisida dilakukan menurut Prosedur Sudantha (2020). Daun legundi dikeringkan di bawah sinar matahari. Setelah kering, dihaluskan menggunakan blender agar didapatkan biomassa bubuk. Fermentasi biofungisida dilakukan dengan mencampurkan sebanyak 300 gram biomassa bubuk legundi ke dalam 3 liter pelarut air. Kemudian bahan diinokulasi dengan 300 ml larutan induk *T. harzianum* SAPRO-07 (kepadatan spora  $1,38 \times 10^7$ ). Selanjutnya bahan ditambahkan substrat berupa *dextrosa* sebanyak 90 gram. Bahan difermentasi secara anaerob selama dua minggu. Setelah melewati fermentasi, bahan disaring dari ampasnya agar didapatkan ekstrak legundi yang mengandung spora Trichoderma. Biakan jamur yang digunakan sebagai agens biokontrol merupakan koleksi pribadi Prof. Dr. Ir. I Made Sudantha, MS. Jamur patogen *Fusarium oxysporum* diisolasi dari jaringan tanaman bawang merah yang sakit.

Bibit bawang merah yang digunakan adalah varietas Keta Monca dan Bali Karet yang diperoleh dari penangkar benih. Bibit yang digunakan adalah bibit yang telah melewati masa simpan dua bulan serta tampak titik tumbuh di akarnya. Sebelum penanaman, umbi bibit bawang merah dipotong di ujung sekitar  $\frac{1}{4}$  bagian.

### Rancangan Penelitian

Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) Faktorial yang terdiri dari dua faktor, yaitu faktor dosis biofungisida Legundi dan faktor varietas bawang merah. Faktor dosis biofungisida Legundi (D) terdiri dari lima aras: d0 = 0 ml/tanaman (air), d1 = 2,5 ml/tanaman, d2 = 5 ml/tanaman, d3 = 7,5 ml/tanaman, d4 = 10 ml/tanaman. Faktor varietas bawang merah (V) yang digunakan terdiri dari dua aras: v1 = Bali Karet, v2 = Keta Monca. Perlakuan merupakan kombinasi dari varietas bawang merah dan dosis biofungisida legundi dengan tiga kali ulangan, sehingga didapatkan sebanyak 30 unit perlakuan atau percobaan.

### Pelaksanaan Penelitian

Persiapan media tanam dilakukan dengan mencampur tanah kebun dan tanah kotoran sapi (terdekomposisi alami) dengan perbandingan 3:2 (6 kg tanah kebun dan 4 kg tanah kotoran sapi) lalu dimasukkan ke dalam polybag berukuran 40x50 berkapasitas 10 kg. Pemberian pupuk dasar dilakukan menggunakan pupuk Phonska dengan dosis 50% rekomendasi (400 kg/ha) atau 200 kg/ha atau 0,8 g per lubang tanam atau tanaman (Sudantha *et al.*, 2020). Pemberian pupuk dasar dilakukan sebelum penanaman benih bawang merah. Penanaman bawang merah dilakukan dengan cara membenamkan umbi pada lubang tanam hingga umbi rata dengan permukaan tanah. Setiap lubang tanam ditanami satu umbi. Dalam satu polybag terdapat tujuh tanaman.

Aplikasi biofungisida legundi fermentasi Trichoderma diberikan setelah tanam dengan cara disuntikkan menggunakan pipet ke rizosfer tanaman dengan konsentrasi yang telah ditentukan (2,5 ml/tan., 5 ml/tan., 7,5 ml/tan., dan 10 ml/tan.). Aplikasi biofungisida legundi dilakukan sebanyak 2 kali, yaitu pada 7 hari setelah tanam (hst) (aplikasi pertama) dan pada 21 hst (aplikasi kedua). Inokulasi *Fusarium* dilakukan pada umur 14 hst. Sebanyak 2,5 ml suspensi murni *Fusarium* diteteskan ke sekitar tanaman (rizosfer) menggunakan pipet tetes.

Penyiraman tanaman diberikan setiap hari dengan interval satu kali setiap hari pada pagi atau sore hari. Pupuk susulan diberikan pada umur tanaman 35 hst. Pupuk susulan yang digunakan adalah Urea dengan dosis 165 kg/ha (50% rekomendasi) atau 0,33 g/tanaman.

### Parameter Pengamatan

#### a. Kejadian Penyakit Layu *Fusarium*

Pengamatan kejadian penyakit dilakukan pada 21 hst, 28 hst, 35 hst, 42 hst, 49 hst, 56 hst, dan 63 hst.

Rumus penghitungan kejadian penyakit di bawah ini:

$$I = \frac{x}{N} \times 100 \%$$

Keterangan:

x: jumlah tanaman yang sakit

N: total populasi tanaman per perlakuan atau polybeg

## b. Laju Infeksi Penyakit Layu Fusarium

Laju infeksi digunakan untuk mengetahui perkembangan infeksi penyakit layu Fusarium. Penghitungan laju infeksi atau  $r$  (*infection rate*) dilakukan berdasarkan data kejadian penyakit. Penghitungan laju infeksi menggunakan model rumus monomolekuler menurut Van der Plank (1963). Rumus monomolekuler dapat dilihat di bawah ini:

$$r = \frac{2,3025}{t_2 - t_1} \left( \log_{10} \frac{1}{1 - X_t} - \log_{10} \frac{1}{1 - x_0} \right)$$

Keterangan:

- $t_2$  : waktu pengamatan minggu berikutnya
- $t_1$  : waktu pengamatan minggu sebelumnya
- 1 : angka yang menjelaskan gejala serangan mutlak (100%)
- $X_t$  : proporsi tanaman sakit minggu berikutnya
- $x_0$  : proporsi tanaman sakit minggu sebelumnya
- 2,3025 : bilangan ketetapan hasil konversi logaritma alami ke logaritma biasa ( $\ln x = 2,3025 \log x$ )

## c. Area Under The Disease Progress Curve (AUDPC)

*Area Under The Disease Progress Curve (AUDPC)* atau Luas Bawah Kurva Perkembangan Penyakit (LBKPP) digunakan untuk menilai perkembangan penyakit layu Fusarium selama siklus infeksi. Penghitungan AUDPC digunakan dengan rumus di bawah ini (Sudarjat & Damayanti, 2019):

$$AUDPC = \sum_{n=1}^i \left( \frac{y_i + y_j}{2} \right) (t_j - t_i)$$

Keterangan:

- $y_i$  : kejadian penyakit waktu sebelumnya (misalnya minggu 1)
- $y_j$  : kejadian penyakit waktu berikutnya (misalnya minggu 2)
- $t_i$  : waktu pengamatan ke- $i$  (waktu pengamatan sebelumnya)
- $t_j$  : waktu pengamatan berikutnya
- $i$  : waktu ke- $i$

## Analisis Data

Data dianalisis dengan *Analysis of Variance (ANOVA)* pada taraf nyata 5% menggunakan software Costat versi 6.400. Variabel yang menunjukkan interaksi perlakuan diuji lanjut dengan BNJ (5%).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di Rumah Kaca Gaharu dan Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Pertanian Universitas Mataram. Penelitian dilakukan pada Maret sampai dengan Juni 2022.

### Bahan Penelitian

Pembuatan biofungisida dilakukan menurut Prosedur Sudantha (2020). Daun legundi dikeringkan di bawah sinar matahari. Setelah kering, dihaluskan menggunakan blender agar didapatkan biomassa bubuk. Fermentasi biofungisida dilakukan dengan mencampurkan sebanyak 300 gram biomassa bubuk legundi ke dalam 3 liter pelarut air. Kemudian bahan diinokulasi dengan 300 ml larutan induk *T. harzianum* SAPRO-07 (kepadatan spora  $1,38 \times 10^7$ ). Selanjutnya bahan ditambahkan substrat berupa *dextrosa* sebanyak 90 gram. Bahan difermentasi secara anaerob selama dua minggu. Setelah melewati fermentasi, bahan disaring dari ampasnya agar didapatkan ekstrak legundi yang mengandung spora Trichoderma. Biakan jamur yang digunakan sebagai agens biokontrol merupakan koleksi pribadi Prof. Dr. Ir. I Made Sudantha, MS. Jamur patogen *Fusarium oxysporum* diisolasi dari jaringan tanaman bawang merah yang sakit.

Bibit bawang merah yang digunakan adalah varietas Keta Monca dan Bali Karet yang diperoleh dari penangkar benih. Bibit yang digunakan adalah bibit yang telah melewati masa simpan dua bulan serta tampak titik tumbuh di akarnya. Sebelum penanaman, umbi bibit bawang merah dipotong di ujung sekitar  $\frac{1}{4}$  bagian.

## Rancangan Penelitian

Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) Faktorial yang terdiri dari dua faktor, yaitu faktor dosis biofungisida Legundi dan faktor varietas bawang merah. Faktor dosis biofungisida Legundi (D) terdiri dari lima aras: d0 = 0 ml/tanaman (air), d1 = 2,5 ml/tanaman, d2 = 5 ml/tanaman, d3 = 7,5 ml/tanaman, d4 = 10 ml/tanaman. Faktor varietas bawang merah (V) yang digunakan terdiri dari dua aras: v1 = Bali Karet, v2 = Keta Monca. Perlakuan merupakan kombinasi dari varietas bawang merah dan dosis biofungisida legundi dengan tiga kali ulangan, sehingga didapatkan sebanyak 30 unit perlakuan atau percobaan.

## Pelaksanaan Penelitian

Persiapan media tanam dilakukan dengan mencampur tanah kebun dan tanah kotoran sapi (terdekomposisi alami) dengan perbandingan 3:2 (6 kg tanah kebun dan 4 kg tanah kotoran sapi) lalu dimasukkan ke dalam polybag berukuran 40×50 berkapasitas 10 kg. Pemberian pupuk dasar dilakukan menggunakan pupuk Phonska dengan dosis 50% rekomendasi (400 kg/ha) atau 200 kg/ha atau 0,8 g per lubang tanam atau tanaman (Sudantha *et al.*, 2020). Pemberian pupuk dasar dilakukan sebelum penanaman benih bawang merah. Penanaman bawang merah dilakukan dengan cara membenamkan umbi pada lubang tanam hingga umbi rata dengan permukaan tanah. Setiap lubang tanam ditanami satu umbi. Dalam satu polybag terdapat tujuh tanaman.

Aplikasi biofungisida legundi fermentasi *Trichoderma* diberikan setelah tanam dengan cara disuntikkan menggunakan pipet ke rizosfer tanaman dengan konsentrasi yang telah ditentukan (2,5 ml/tan., 5 ml/tan., 7,5 ml/tan., dan 10 ml/tan.). Aplikasi biofungisida legundi dilakukan sebanyak 2 kali, yaitu pada 7 hari setelah tanam (hst) (aplikasi pertama) dan pada 21 hst (aplikasi kedua). Inokulasi *Fusarium* dilakukan pada umur 14 hst. Sebanyak 2,5 ml suspensi murni *Fusarium* diteteskan ke sekitar tanaman (rizosfer) menggunakan pipet tetes.

Penyiraman tanaman diberikan setiap hari dengan interval satu kali setiap hari pada pagi atau sore hari. Pupuk susulan diberikan pada umur tanaman 35 hst. Pupuk susulan yang digunakan adalah Urea dengan dosis 165 kg/ha (50% rekomendasi) atau 0,33 g/tanaman.

## Parameter Pengamatan

### a. Kejadian Penyakit Layu *Fusarium*

Pengamatan kejadian penyakit dilakukan pada 21 hst, 28 hst, 35 hst, 42 hst, 49 hst, 56 hst, dan 63 hst. Rumus penghitungan kejadian penyakit di bawah ini:

$$I = \frac{x}{N} \times 100 \%$$

Keterangan:

x: jumlah tanaman yang sakit

N: total populasi tanaman per perlakuan atau polybeg

### b. Laju Infeksi Penyakit Layu *Fusarium*

Laju infeksi digunakan untuk mengetahui perkembangan infeksi penyakit layu *Fusarium*. Penghitungan laju infeksi atau *r* (*infection rate*) dilakukan berdasarkan data kejadian penyakit. Penghitungan laju infeksi menggunakan model rumus monomolekuler menurut Van der Plank (1963). Rumus monomolekuler dapat dilihat di bawah ini:

$$r = \frac{2,3025}{t_2 - t_1} \left( \log_{10} \frac{1}{1 - X_t} - \log_{10} \frac{1}{1 - x_0} \right)$$

Keterangan:

t<sub>2</sub> : waktu pengamatan minggu berikutnya

t<sub>1</sub> : waktu pengamatan minggu sebelumnya

1 : angka yang menjelaskan gejala serangan mutlak (100%)

X<sub>t</sub> : proporsi tanaman sakit minggu berikutnya

x<sub>0</sub> : proporsi tanaman sakit minggu sebelumnya

2,3025 : bilangan ketetapan hasil konversi logaritma alami ke logaritma biasa (ln x = 2,3025 log x)

**c. Area Under The Disease Progress Curve (AUDPC)**

Area Under The Disease Progress Curve (AUDPC) atau Luas Bawah Kurva Perkembangan Penyakit (LBKPP) digunakan untuk menilai perkembangan penyakit layu *Fusarium* selama siklus infeksi. Penghitungan AUDPC digunakan dengan rumus di bawah ini (Sudarjat & Damayanti, 2019):

$$AUDPC = \sum_{n=1}^i \left( \frac{y_i + y_j}{2} \right) (t_j - t_i)$$

Keterangan:

- yi: kejadian penyakit waktu sebelumnya (misalnya minggu 1)
- yj: kejadian penyakit waktu berikutnya (misalnya minggu 2)
- ti: waktu pengamatan ke-i (waktu pengamatan sebelumnya)
- tj: waktu pengamatan berikutnya
- i: waktu ke-i

**Analisis Data**

Data dianalisis dengan *Analysis of Variance* (ANOVA) pada taraf nyata 5% menggunakan software Costat versi 6.400. Variabel yang menunjukkan interaksi perlakuan diuji lanjut dengan BNJ (5%).

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Kejadian Penyakit Layu *Fusarium***

Aplikasi dosis biofungisida legundi *Trichoderma* berhasil mereduksi intensitas kejadian penyakit layu *Fusarium* pada kedua varietas bawang merah hingga pada akhir pengamatan (63 hst), berturut-turut 12,17-42,73% (Keta Monca) dan 19,56-66,57% (Bali Karet) (Tabel 1). Tabel 1 menunjukkan bahwa aplikasi dosis biofungisida legundi *Trichoderma* mulai dari dosis 2,5 ml/tanaman sudah mampu mereduksi kejadian penyakit dibandingkan pada kontrol (0 ml/tanaman). Penekanan kejadian penyakit tertinggi terdapat pada dosis 10 ml/tanaman sehingga menyebabkan kejadian penyakit paling rendah.

Tabel 1. Interaksi dosis biofungisida legundi *Trichoderma* dan varietas bawang merah terhadap kejadian penyakit layu *Fusarium*.

Perlakuan	Kejadian penyakit layu <i>Fusarium</i> (%)							
	21hst	28 hst	35 hst	42 hst	49 hst	56 hst	63 hst	
Keta Monca	0 ml/tanaman	22,20 <sup>a</sup>	44,10 <sup>a</sup>	57,32 <sup>a</sup>	75,19 <sup>a</sup>	90,00 <sup>a</sup>	90,00	90,00
	2,5 ml/tanaman	0,71 <sup>b</sup>	0,71 <sup>b</sup>	18,40 <sup>b</sup>	25,29 <sup>b</sup>	33,75 <sup>b</sup>	49,46	79,04
	5 ml/tanaman	0,71 <sup>b</sup>	0,71 <sup>b</sup>	11,24 <sup>b</sup>	11,24 <sup>b</sup>	19,52 <sup>b</sup>	30,47	63,33
	7,5 ml/tanaman	0,71 <sup>b</sup>	0,71 <sup>b</sup>	0,71 <sup>b</sup>	0,71 <sup>b</sup>	14,76 <sup>b</sup>	23,07	59,81
	10 ml/tanaman	0,71 <sup>b</sup>	0,71 <sup>b</sup>	0,71 <sup>b</sup>	0,71 <sup>b</sup>	11,24 <sup>b</sup>	19,52	51,54
Bali Karet	0 ml/tanaman	0,71 <sup>b</sup>	0,71 <sup>b</sup>	0,71 <sup>b</sup>	0,71 <sup>b</sup>	0,71 <sup>b</sup>	21,77	55,05
	2,5 ml/tanaman	0,71 <sup>b</sup>	0,71 <sup>b</sup>	0,71 <sup>b</sup>	0,71 <sup>b</sup>	0,71 <sup>b</sup>	14,76	44,28
	5 ml/tanaman	0,71 <sup>b</sup>	0,71 <sup>b</sup>	0,71 <sup>b</sup>	0,71 <sup>b</sup>	0,71 <sup>b</sup>	14,76	30,47
	7,5 ml/tanaman	0,71 <sup>b</sup>	0,71 <sup>b</sup>	0,71 <sup>b</sup>	0,71 <sup>b</sup>	0,71 <sup>b</sup>	0,71	28,81
	10 ml/tanaman	0,71 <sup>b</sup>	0,71 <sup>b</sup>	0,71 <sup>b</sup>	0,71 <sup>b</sup>	0,71 <sup>b</sup>	0,71	18,40
BNJ (0.05)	0,0048	11,39	22,28	28,61	48,92	-	-	

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang tidak sama pada kolom menunjukkan signifikansi menurut uji BNJ pada taraf 5%.

Fakta bahwa biofungisida legundi *Trichoderma* mampu mereduksi kejadian layu *Fusarium* disebabkan karena ekstrak daun legundi dan konsorsium *T. harzianum* sebagai bahan aktif biofungisida mampu menghambat patogenisitas *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* (FOC) di rizosfer tanaman. Sudantha *et al.*, (2021) menyatakan bahwa ekstrak daun legundi mengandung senyawa metabolit sekunder yang memiliki peran antibakteri, antifungi dan anti fedan terhadap organisme pengganggu tanaman. Ekstrak daun legundi mengandung senyawa metanol (saponin, flavonoid, tanin, steroid, alkaloid dan terpenoid) yang bersifat antimikroba terhadap *Staphylococcus aurensi*, *Staphylococcus epidermidis*, *E. coli*, dan *Klebsiella pneumoniae* (Zulkifli *et al.*, 2021). Isnaini *et al.*, (2021) menyatakan bahwa senyawa antijamur seperti flavonoid, saponin dan alkaloid memiliki sifat fungistatik yang berperan dalam menghambat pertumbuhan vegetatif jamur dan bakteri.

Selain itu, keberhasilan reduksi penyakit layu *Fusarium* juga terjadi secara simultan dengan keberadaan konsorsium jamur *T. harzianum* yang terdapat dalam biofungisida legundi. Fitriani *et al.*, (2019) menyatakan bahwa simbiosis mutualisme antara cendawan biokontrol dengan inang dapat meningkatkan pertumbuhan dan ketahanan inang terhadap patogen. Jamur *T. harzianum* dapat mengendalikan jamur patogen melalui mekanisme mikoparasit, produksi antibiotik dan enzim hidrolisis yang bersifat racun bagi patogen, produksi metabolit sekunder yang bersifat *fungitoxic* dan kompetisi nutrisi dan ruang yang cepat oleh *Trichoderma* (Howell, 2003).

Purata kejadian penyakit layu *Fusarium* pada Bali Karet lebih rendah (35,40%) dibandingkan Keta Monca (68,74%) pada akhir pengamatan (63 hst) (Tabel 1). Berdasarkan kategori ketahanan tanaman (Tabel 2), Bali Karet memiliki ketahanan agak tahan, sedang Keta Monca memiliki ketahanan yang rentan. Terjadinya perbedaan ketahanan tersebut mengindikasikan adanya peran genetik dalam mengendalikan karakter ketahanan tanaman. Agrios (2005) menyatakan bahwa perbedaan karakter ketahanan tanaman secara genetik memberikan respons potensi genetik berbeda dalam perkembangan karakter pertahanan morfologi dan fisiologi tanaman, termasuk di dalamnya pertahanan struktural dan biokimia, yang berkontribusi dalam ketahanan tanaman. Prakoso *et al.*, (2016) menyatakan bahwa bentuk umbi bawang merah yang besar dengan ketebalan dinding umbi yang lebih tebal (lapisan epidermis umbi yang banyak) serta jaringan perakaran yang lebih tebal dan kuat, menyebabkan penetrasi patogen lebih sukar sehingga mengurangi kemampuan infeksi patogen. Berdasarkan pengamatan visual, bawang merah varietas Bali Karet memiliki ukuran umbi yang lebih besar dan lapisan dinding umbi serta arsitektur akar yang lebih tebal dibanding Keta Monca. Lapisan epidermis yang lebih tebal membuat penetrasi patogen menjadi lebih sukar sehingga berakibat pada lamanya masa inkubasi dan intensitas serangan penyakit lebih rendah (Marlitasari *et al.*, 2016).

Tabel 2. Kriteria ketahanan tanaman bawang merah terhadap penyakit layu *Fusarium* (Anisti, 2022).

Persentase penyakit (%)	Kategori ketahanan
0-10	Sangat tahan
>10-30	Tahan
>30-40	Agak tahan
>40-50	Agak rentan
>50-70	Rentan
>70-100	Sangat rentan

### Laju Infeksi Penyakit Layu *Fusarium*

Selain mereduksi kejadian penyakit, aplikasi dosis biofungisida legundi *Trichoderma* juga mampu menurunkan laju infeksi penyakit layu *Fusarium* hingga 63 hst (Tabel 3) meskipun berdasarkan analisis ragam tidak signifikan. Laju infeksi penyakit layu *Fusarium* disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3 menunjukkan bahwa purata laju infeksi tertinggi terdapat pada tanaman kontrol pada kedua varietas bawang merah hingga 63 hst. Perlakuan d0v1 (Keta Monca + Kontrol) mengalami laju infeksi tertinggi dan tercepat yaitu terjadi pada 49 hst dengan laju infeksi 0,111 (11 unit tanaman per minggu). Tingginya laju infeksi pada perlakuan d0v1 (Keta Monca + Kontrol) menandakan infeksi *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* sangat cepat pada perlakuan ini sehingga menyebabkan kematian populasi tanaman dalam waktu singkat. Hal tersebut dapat dilihat pada data kejadian penyakit pada umur 49 hst, 56 hst dan 63 hst (Tabel 1), dengan intensitas kejadian penyakit sangat tinggi, sama-sama mencapai 90% (tanaman mati total). Laju infeksi tertinggi dan kematian populasi tercepat pada perlakuan d0v1 disebabkan oleh absennya penghambatan mikroba antagonis. Fitriani *et al.*, (2019) menyatakan bahwa mikroba antagonis yang berasosiasi dengan tanaman dapat meningkatkan pertumbuhan dan ketahanan tanaman sehingga membuat tanaman mampu melawan infeksi patogen. Ketiadaan asosiasi dengan mikroba antagonis membuat patogen *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* lebih aktif berkembang dan melakukan infeksi pada tanaman.

Tabel 3. Laju infeksi penyakit layu *Fusarium* pada kedua varietas bawang merah akibat perlakuan dosis biofungisida legundi *Trichoderma*.

Perlakuan	Laju infeksi (unit per minggu)						
	r1 (28 hst)	r2 (35 hst)	r3 (42 hst)	r4 (49 hst)	r5 (56 hst)	r6 (63 hst)	r7 (70 hst)
d0v1	0,049 <sup>a</sup>	0,036	0,095	0,111	0,000	0,000	0,000
d1v1	0,000 <sup>b</sup>	0,029	0,014	0,022	0,082	0,108	0,069
d2v1	0,000 <sup>b</sup>	0,018	0,000	0,021	0,069	0,066	0,152
d3v1	0,000 <sup>b</sup>	0,000	0,000	0,026	0,027	0,113	0,16
d4v1	0,000 <sup>b</sup>	0,000	0,000	0,018	0,021	0,105	0,182
d0v2	0,000 <sup>b</sup>	0,000	0,000	0,000	0,036	0,117	0,174
d1v2	0,000 <sup>b</sup>	0,000	0,000	0,000	0,026	0,058	0,242
d2v2	0,000 <sup>b</sup>	0,000	0,000	0,000	0,026	0,082	0,218
d3v2	0,000 <sup>b</sup>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,052	0,275
d4v2	0,000 <sup>b</sup>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,029	0,298
BNJ 5%	0,03	-	-	-	-	-	-

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang tidak sama pada kolom menunjukkan signifikansi menurut uji lanjut dengan BNJ pada taraf 5%. Keterangan Perlakuan: d0 (0 ml/tan.), d1 (dosis 2,5 ml/tan.), d2 (dosis 5 ml/tan.), d3 (dosis 7,5 ml/tan.), d4 (dosis 10 ml/tan.); v1 (varietas Keta Monca), v2 (varietas Bali Karet).

Mengacu pada Tabel 3, aplikasi dosis biofungisida legundi *Trichoderma* berhasil menurunkan laju infeksi pada kedua varietas bawang merah. Aplikasi dosis biofungisida legundi *Trichoderma* mulai dari 2,5 ml/tanaman sudah mampu dan efektif menghambat infeksi *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* pada tanaman. Fakta ini menunjukkan bahwa biofungisida legundi *Trichoderma* yang digunakan efektif menurunkan patogenitas FoC hingga pada 63 hst. Hal ini diduga disebabkan karena kandungan yang terdapat pada biofungisida legundi yang mampu menghambat perkembangan FoC pada tanaman. Sudantha *et al.*, (2021) menyatakan bahwa ekstrak daun legundi yang mengandung senyawa metabolit sekunder secara sinergis dengan antagonisme *T. harzianum* mampu mengendalikan penyakit layu *Fusarium*. Zulkifli *et al.*, (2021) menyatakan bahwa ekstrak metanol (saponin, flavonoid, tanin, steroid, alkaloid dan terpenoid) pada daun legundi mampu menunjukkan penghambatan terhadap *Staphylococcus aurensi*, *Staphylococcus epidermidis*, *E. coli*, dan *Klebsiella pneumoniae*. Akhtar dan Javaid (2016) melaporkan bahwa senyawa metanol (saponin) yang diekstrak dari daun *W. somnifera* efektif mereduksi pertumbuhan *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* skala in-vitro. Senyawa fitokimia yang terdapat dalam ekstrak tumbuhan mampu bertindak sebagai antimikroba yang dapat mengganggu permeabilitas dinding sel sehingga mengakibatkan kehancuran sel mikroba (Isnaini *et al.*, 2021).

Selain itu keberadaan *T. harzianum* yang berasosiasi dengan tanaman setelah diaplikasikan biofungisida diduga mampu menginduksi ketahanan tanaman sehingga membuat tanaman lebih tahan dari infeksi FoC. Jamur *T. harzianum* mampu merangsang tanaman untuk memproduksi enzim pertahanan tanaman, seperti peroksidase, polifenol oksidase, kitinase, senyawa *oxidative*, *phenylpropanoid*, protein-PR, dan status hormonal pada tanaman sehingga membuat tanaman tahan dari infeksi patogen (Ben *et al.*, 2017; Elshahawy *et al.*, 2017). Hasil penelitian Sudantha (2007) pada tanaman vanili melaporkan bahwa inokulasi jamur *Trichoderma* endofit ke bibit vanili mampu membuat tanaman vanili tidak terinfeksi oleh *F. oxysporum* f.sp. *vanillae*.

Varietas Bali Karet bereaksi lebih tahan dari infeksi FoC ketimbang Keta Monca. Hal tersebut dapat dilihat pada Tabel 3 dimana infeksi belum nampak pada varietas ini hingga umur 49 hst (0,000) dan peningkatan laju infeksi mulai tampak pada umur 56 hst. Fakta ini mengindikasikan adanya perbedaan ketahanan kedua varietas. Diduga ketahanan Bali Karet disebabkan oleh adanya mekanisme pertahanan struktural yaitu morfologi epidermis dan jaringan akar yang lebih tebal. Prakoso *et al.*, (2016) menyatakan bahwa bawang merah dengan umbi lebih besar, lapisan epidermis dan jaringan perakaran lebih tebal memberikan penghalang fisik sehingga patogen sukar melakukan penetrasi sehingga lebih lanjut berakibat pada perkembangan penyakit lebih lambat dan lebih rendah dibanding dengan bawang merah dengan umbi lebih kecil dan epidermis umbi lebih tipis. Tanaman bawang merah yang memiliki struktur pertahanan berupa lapisan epidermis yang lebih tebal dan stomata yang lebih sedikit lebih mampu menunjukkan ketahanan dari infeksi patogen (Marlitasari *et al.*, 2016).

Pada akhir pengamatan (70 hst), laju infeksi meningkat pada semua kombinasi perlakuan. Pada Tabel 3 dapat dilihat bahwa, laju infeksi relatif tinggi terjadi pada 70 hst dengan kisaran 0,152-0,298 (15-29 unit tanaman per minggu). Tingginya laju infeksi pada periode ini disebabkan karena proporsi tanaman sehat pada semua perlakuan tersedia masih cukup banyak sehingga menyediakan jaringan inang bagi patogen FoC untuk dapat



menginfeksi terutama bilamana kondisi lingkungan lebih mendukung infeksi patogen. Hal ini juga sejalan dengan Manengkey dan Senewe (2011) yang menyatakan bahwa laju infeksi tinggi dapat saja terjadi, disebabkan oleh inokulum patogen yang tersedia cukup banyak, jaringan inang sehat masih cukup melimpah untuk diinfeksi, dan faktor lingkungan sekitar percobaan yang mendukung untuk terjadinya infeksi. Diketahui bahwa jamur *F. oxysporum* berkembang lebih optimal pada suhu 25-30°C, perkecambahan spora lebih intensif pada suhu hangat (28°C) dan tanah yang lembab (Soesanto, 2013).

**Area Under The Disease Progress Curve (AUDPC) atau Luas Bawah Kurva Perkembangan Penyakit (LBKPP)**

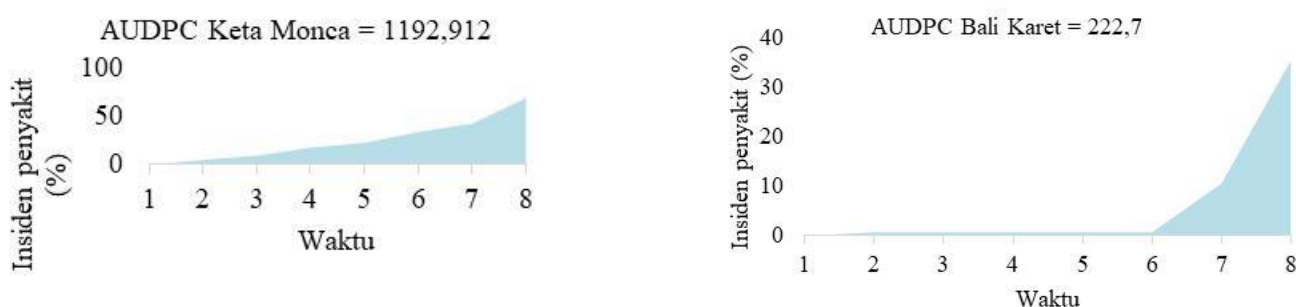
Aplikasi dosis biofungisida legundi fermentasi *Trichoderma* mampu meredam luas bawah kurva perkembangan penyakit layu *Fusarium* pada kedua varietas bawang merah dibandingkan dengan kontrol. Luas bawah kurva penyakit layu *Fusarium* ditampilkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Pengaruh dosis biofungisida legundi *Trichoderma* dan varietas bawang merah terhadap luas bawah kurva perkembangan penyakit layu *Fusarium*.

Perlakuan	AUDPC (dsu)	
	Keta Monca	Bali Karet
0 ml/tanaman	3122,07	374,885
2,5 ml/ tanaman	1179,85	288,12
5 ml/ tanaman	872,91	239,785
7,5 ml/ tanaman	498,995	135,625
10 ml/ tanaman	420,56	99,19

Pemberian dosis 10 ml/tanaman memberikan penekanan penyakit tertinggi, sehingga luas bawah kurva perkembangan penyakitnya paling rendah. Fakta tersebut disebabkan keberhasilan biofungisida legundi *Trichoderma* dalam mengendalikan patogen *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae*. Keberhasilan reduksi ini diduga disebabkan oleh bahan aktif yang terkandung di dalam biofungisida efektif menekan penyakit. Sudantha *et al.*, (2021) menyatakan bahwa jamur *T. harzianum* mampu mengendalikan penyakit layu *Fusarium* melalui mekanisme mikoparasit, produksi antibiotik yang bersifat *toxic* bagi jamur patogen dan kompetisi rizosfer sehingga membuat jamur patogen kalah bersaing dengan jamur *Trichoderma*. Selain itu, Sudantha *et al.*, (2021) menambahkan bahwa ekstrak metabolit sekunder yang bersifat antibakteri dan antifungi yang terkandung dalam daun legundi secara sinergis mampu mengendalikan *Fusarium* di dalam tanah. Hal ini didukung oleh hasil penelitian Zulkifli *et al.*, (2021) dimana ekstrak metanol daun legundi seperti senyawa terpen, alkaloid, steroid, tanin, flavonoid, dan saponin menunjukkan keberhasilan penghambatan terhadap bakteri patogen gram positif. Senyawa flavonoid yang berasal dari ekstrak tumbuhan (sirih merah dan sirih hijau) bersifat fungistatik terhadap jamur patogen *S. rolfsii*, yaitu dapat merusak integritas dinding sel jamur sehingga menghambat pertumbuhan vegetatif jamur patogen (Isnaini *et al.*, 2021).

Varietas Bali Karet menunjukkan purata luas bawah kurva perkembangan penyakit yang jauh lebih rendah (222,7 dsu) dibandingkan Keta Monca (1192,912 dsu). Luas bawah kurva perkembangan penyakit kedua varietas ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Luas bawah kurva perkembangan penyakit layu *Fusarium* pada dua varietas bawang merah.

Semakin sempit luas perkembangan penyakit, maka semakin tahan tanaman tersebut. Gambar 1 memperlihatkan bahwa Bali Karet merupakan varietas yang lebih tahan dari serangan penyakit layu Fusarium. Bentuk morfologi umbi Bali Karet yang lebih besar, lapisan umbi lebih banyak dan jaringan akar yang lebih vigor membuat Bali Karet lebih tahan dan sulit diinfeksi oleh patogen. Hal ini sejalan dengan pendapat Prakoso *et al.*, (2016) yang menyatakan bahwa sel epidermis yang tebal dan ber dinding kuat atau memiliki lapisan umbi yang banyak akan membuat penetrasi patogen lebih sukar. Adanya struktur pertahanan morfologi ini diduga membuat Bali Karet mengalami luas bawah kurva perkembangan penyakit yang lebih rendah dibanding Keta Monca. Akan tetapi perlu dilakukan percobaan lebih lanjut lagi untuk melihat karakter morfologi Bali Karet yang berkontribusi terhadap ketahanan varietas ini.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa aplikasi dosis biofungisida legundi *Trichoderma* 2,5 ml/tanaman-10 ml/tanaman mampu menurunkan kejadian penyakit layu Fusarium pada kedua varietas bawang merah yaitu berturut-turut 12,17-42,73% (Keta Monca) dan 19,56-66,57% (Bali Karet) dibandingkan dengan tanaman tanpa aplikasi biofungisida, mengurangi laju infeksi penyakit layu Fusarium, dan meredam luas bawah kurva perkembangan penyakit (menurunkan nilai AUDPC) dibandingkan dengan kontrol. Dosis 10 ml/tanaman memberikan penekanan penyakit terbaik. Varietas bawang merah Bali Karet lebih tahan terhadap penyakit layu Fusarium dengan kejadian penyakit lebih rendah (35,40%) dan AUDPC lebih rendah (222,7 dsu) dibandingkan Keta Monca dengan kejadian penyakit lebih tinggi (68,74%) dan AUDPC lebih tinggi (1192,912 dsu).

## DAFTAR PUSTAKA

- Agrios, George N. 2005. Plant pathology. Fifth edition. Elsevier Academic Press, USA. 948 hal.
- Akhtar, R., & Javaid, A. 2016. Biological management of basal rot of onion by *Trichoderma harzianum* and *Withania somnifera*. *Sociedade Brasileira Da Ciencia Das Plantas Daninhas*, 2016.
- Amaria, Widi., Funny Soesanthi, Yulius Ferry. 2016. Keefektifan biofungisida *Trichoderma* sp. dengan tiga jenis bahan pembawa terhadap jamur akar putih *Rigidoporus microporus*. *J. TDIP* 3 (1), 37-144.
- Anisti, Ririn., I Made Sudantha, Irwan Muthahanas. 2022. Pengaruh varietas dan cara aplikasi biourin fermentasi *Trichoderma harzianum* terhadap penyakit layu Fusarium dan pertumbuhan tanaman bawang merah (*Allium ascalonicum* L.).
- Banaras S. et al. 2017. Antifungal activity of *Cirsium arvense* extracts against a phytopathogenic fungus *Macrophomina phaseolina*. *Planta Daninha*: 35:e017162738. Doi: 10.1590/S0100-83582017350100014.
- Bektas, I., & Kusek, M. 2019. Phylogenetic and morphological characterization of *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* the causal agent of basal rot on onion isolated from Turkey. *Fresenius Environmental Buletin*, 28(April), 1733–1742.
- Ben, M., Lopez, D., Triki, A., Khouaja, A., Chaar, H., Fumanal, B., Gousset-dupont, A., Bonhomme, L., Label, P., Goupil, P., Ribeiro, S., Pujade-renaud, V., Julien, J., & Auguin, D. 2017. Beneficial effect of *Trichoderma harzianum* strain Ths97 in biocontrolling *Fusarium solani* causal agent of root rot disease in olive trees. *Biological Control*, 110(April), 70–78.
- Bennett, R. S. 2012. Survival of *Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum* chlamydospores under solarization temperatures. *Plant Disease*, 96(10), 1564–1568. <https://doi.org/10.1094/PDIS-09-11-0812-RE>.
- Elshahawy, I. E., Saied, N., & Morsy, A. 2017. Biocontrol of onion white rot by application of *Trichoderma* species formulated on wheat bran powder. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 5408(January), 1–17.
- Fall, L. A., Clevenger, J., & McGregor, C. 2018. Assay development and marker validation for marker assisted selection of *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum* race 1 in watermelon. *Molecular Breeding*, 38(11), 1–10.
- Fitriani, M. L., Wiyono, S., & Sinaga, M. S. 2019. Potensi Kolonisasi Mikoriza Arbuskular dan Cendawan Endofit dan Kemampuannya dalam Pengendalian Layu Fusarium pada Bawang Merah. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*, 15(November), 228–238.

- Gordon, T. R. 2017. *Fusarium oxysporum* and the Fusarium Wilt Syndrome. *Annual Review of Phytopathology*, 55, 23–39.
- Howell, C. R. 2003. Mechanisms employed by *Trichoderma* species in the biological control of plant diseases : The history and evaluation of current concepts. *Plant Disease*, 87(1).
- Isnaini, Mulat., Khamsiah Fajri, M. Taufik Fauzi. 2021. Potensi ekstrak nabati dengan pelarut Aceton dan Kloroform dalam menekan penyakit busuk bawatang oleh jamur *Sclerotium rolfsii*. Sacc pada tanaman kacang tanah. *Crop Agro Vol. 14 No. 1* (Januari).
- Javaid A., Bashir A. 2015. Radish extracts as natural fungicides for management of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*, the cause of tomato wilt. *Pak J Bot.* 47(SI):321-4.
- Marlitasari, Erviani., Liliek Sulistyowati, Restu Rizkyta Kusuma. 2016. Hubungan ketebalan lapisan epidermis daun terhadap infeksi jamur *Alternaria porri* penyebab penyakit bercak ungu pada empat varietas bawang merah. *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan* 4 (1), 8-16.
- Prakoso, Ega B., Sri Wiyatingsih, Heri Nirwanto. 2016. Uji ketahanan berbagai kultivar bawang merah (*Allium ascalonicum*) terhadap infeksi penyakit moler (*Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae*). *Plumula Vol. 5 No. 1* (Januari).
- Sana N., Shoaib A., Javaid A. 2016. Antifungal potential of leaf extracts of leguminous trees against *Sclerotium rolfsii*. *Afr J Trad Complemen Altern Med*: 13:54-60.
- Saravanakumar, K., Li, Y., Yu, C., Wang, Q., Wang, M., Sun, J., Gao, X.-J., & Chen, J. 2017. Effect of *Trichoderma harzianum* on maize rhizosphere microbiome and biocontrol of Fusarium stalk rot. *Scientific Reports, March*, 1–13. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-01680-w>.
- Soesanto, Loekas. 2013. Pengantar pengendalian hayati penyakit tanaman—Ed.2—Cet. 2. Rajawali Pers. Jakarta.
- Sudantha, I M, Isnaini, M., Astiko, W., & Ernawati, N. M. L. 2018. Pengaruh inokulasi fungi mikoriza abuscular dan bioaktivator (mengandung *Trichoderma* spp. dan ekstrak daun Legundi) terhadap penyakit layu Fusarium dan hasil bawang merah. *Crop Agro*, 11(2).
- Sudantha, I M, Suwardji, S., Aryana, I. G. P. M., Pramadya, I. M. A., & Jayadi, I. 2020. The Effect of liquid bio fungicides dosage *Trichoderma* spp . against Fusarium wilt diseases, growth and yield of Onion. *Journal of Physics: Conference Series*.
- Sudantha, I Made, & Suwardji. 2021. The effect of *Trichoderma* biourine application on growth, occurrence of Fusarium wilt disease and yield of several shallot varieties. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, 6(6), 177–186.
- Sudantha, I Made. 2007. Karakterisasi dan potensi jamur endofit dan saprofit antagonistik sebagai agens pengendali hayati jamur *Fusarium oxysporum* f.sp. *vanillae* pada tanaman vanili di Pulau Lombok. [Disertasi, *unpublished*]. Program Pascasarjana Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Malang. Indonesia.
- Sudarjat, H., & Damayanti, A. 2019. Kemampuan *Bacillus subtilis* dan *Lysinibacillus* sp. dalam silika nano dan serat karbon untuk menginduksi ketahanan bawang merah terhadap penyakit bercak ungu (*Alternaria porri* (Ell.) Cif.). *Jurnal Agrikultura*, 30(1), 8–16.
- Van der Plank, J. E. 1963. Plant diseases: Epidemics and control. Academic Press, Inc. New York.
- Wiyatiningsih, S., Wibowo, A., & Endang, T. P. 2009. Keparahan penyakit moler pada enam kultivar bawang merah karena infeksi *Fusarium oxysporum* di tiga daerah sentra produksi. *Seminar Nasional: Akselerasi Pengembangan Teknologi Pertanian Dalam Mendukung Revitalisasi Pertanian*, 47(2), 10–13.
- Zulkifli, L., Basri, M. H., & Syukur, A. 2021. Antibacterial activity of *Vitex trifolia* methanol extract against pathogenic bacteria. *Journal of Physics: Conference Series*, 1869(1).