

THE SUCCESS OF LIQUID SMOKE AND TRICHODERMA APPLICATION IN CONTROLLING STEM ROT (*Fusarium oxysporum*) IN VANILLA (*Vanilla planifolia* Andrews.)

KEBERHASILAN APLIKASI ASAP CAIR DAN TRICHODERMA DALAM PENGENDALIAN BUSUK BATANG (*Fusarium oxysporum*) PADA VANILI (*Vanilla planifolia* Andrews.)

Firnanda Pandu Fadliansyah¹, Suskandini Ratih Dirmawati^{1*}, Rugayah¹, dan Rusdi Evizal¹

¹ Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Lampung, Bandar Lampung, Indonesia

* Corresponding Author. E-mail address: suskandini.ratih@fp.unila.ac.id

KEYWORDS:

Fusarium oxysporum, smoke liquid, stem rot, trichoderma harzianum, vanilla

ABSTRACT

*Vanilla is a high-value plantation crop with export earnings reaching USD 116.7 million in 2022 and a production volume of 173 tons in 2023. Vanilla cultivation faces significant challenges from stem rot disease caused by *Fusarium oxysporum*. This study aimed to reduce *Fusarium oxysporum* infection in vanilla through the application of coconut shell liquid smoke and *Trichoderma harzianum*. The research was conducted from March to June 2025 at the Plant Disease Laboratory and Integrated Field Laboratory, Faculty of Agriculture, University of Lampung. A factorial Completely Randomized Design (CRD) 4x2 with four replications was employed. The first factor was liquid smoke concentration (A): A₀ (no liquid smoke), A₁ (5% liquid smoke), A₂ (10% liquid smoke), and A₃ (15% liquid smoke). The second factor was the application of *Trichoderma harzianum* (T): T₀ (without *Trichoderma harzianum*) and T₁ (with *Trichoderma harzianum*). Data homogeneity was tested using Bartlett's test, and additivity was assessed with Tukey's test. Subsequently, analysis of variance (ANOVA) & Duncan's Multiple Range Test (DMRT) at the 5% significance level were performed. In vitro results indicated that treatment with 5% liquid smoke without *Trichoderma harzianum* was the most effective in inhibiting the growth of *Fusarium oxysporum* but also had a lethal effect on *Trichoderma harzianum*. In vivo, there was no significant difference between liquid smoke and *Trichoderma harzianum* in reducing *Fusarium oxysporum* infection and enhancing vegetative growth at the seedling stage 4 weeks after inoculation.*

ABSTRAK

Vanili sebagai tanaman perkebunan bernilai ekonomi tinggi dengan nilai ekspor hingga 116,7 juta USD di 2022 dan sebanyak 173 ton di 2023. Budidaya vanili menghadapi permasalahan berupa serangan busuk batang yang disebabkan *Fusarium oxysporum*. Penelitian ini bertujuan untuk mengurangi infeksi *Fusarium oxysporum* pada vanili dengan penggunaan asap cair tempurung kelapa dan *Trichoderma harzianum*. Penelitian ini dilaksanakan pada Maret-Juni 2025 di Laboratorium Penyakit Tanaman dan Laboratorium Lapang Terpadu, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) factorial 4x2 dengan 4 ulangan. Faktor pertama yaitu konsentrasi asap cair (A): A₀ (tanpa asap cair), A₁ (asap cair 5%), A₂ (asap cair 10%), dan A₃ (asap cair 15%). Faktor kedua yaitu aplikasi *Trichoderma harzianum* (T): T₀ (tanpa *Trichoderma harzianum*) dan T₁ (dengan *Trichoderma harzianum*). Homogenitas data diuji dengan uji Bartlett, aditifitas dengan uji Tukey. Selanjutnya dilakukan analisis ragam dan uji lanjut berupa uji DMRT (*Duncan Multiple Range Test*) taraf 5%. Hasil penelitian secara *in vitro* menunjukkan bahwa perlakuan asap cair 5% tanpa *Trichoderma harzianum* menjadi perlakuan terbaik dalam menghambat pertumbuhan *Fusarium oxysporum* dan dapat mematikan *Trichoderma harzianum*. Secara *in vivo* tidak terjadi perbedaan yang nyata antara asap cair dan *Trichoderma harzianum* dalam menurunkan infeksi *Fusarium oxysporum* dan meningkatkan pertumbuhan vegetatif pada fase bibit berumur 4 minggu setelah inokulasi.

KATA KUNCI:

Asap cair, busuk batang, *fusarium oxysporum*, *trichoderma harzianum*, vanili

1. PENDAHULUAN

Komoditas perkebunan dengan nama latin *Vanilla planifolia andrews.* atau yang biasa dikenal sebagai vanili sangat penting dalam perekonomian global dan nasional. Indonesia menempati posisi kedua sebagai produsen vanili terbesar dunia setelah Madagaskar, dengan nilai ekspor yang terus meningkat. Dwitama *et al.* (2022) mencatat bahwa nilai ekspor vanili Indonesia mencapai 253,55 juta USD selama periode 2010–2019. *International Trade Center* (2024) melaporkan ekspor sebanyak 173 ton pada tahun 2023. Prasaja *et al.* (2024) menyatakan bahwa nilai ekspor ini naik hingga 116,7 juta USD pada 2022, meningkat 32,9% dari tahun sebelumnya. Peningkatan nilai ekonomi vanili ini mendorong para petani meningkatkan kualitas dan kuantitas produksi serta adaptasi teknologi budidaya yang lebih efisien dan ramah lingkungan.

Vanili memiliki berbagai manfaat selain nilai ekonominya yang tinggi. Aroma khas vanili menjadikannya bahan baku penting dalam industri makanan, minuman, parfum, dan kosmetik. Digdoyo & Andi (2017) menyatakan bahwa vanili berfungsi sebagai agen penyedap alami sekaligus memiliki manfaat kesehatan seperti mengatasi stres, memberikan efek relaksasi melalui aromaterapi, serta menjaga kesehatan sistem saraf. Kandungan antioksidan dan antibakteri dalam vanili juga mendukung penggunaannya dalam perawatan kulit serta sebagai bahan alami dalam pengobatan tradisional maupun produk kesehatan modern. Hal ini semakin menambah nilai tambah dan permintaan pasar terhadap vanili.

Budidaya vanili sering menghadapi kendala terutama serangan Organisme Pengganggu Tanaman (OPT), khususnya *Fusarium oxysporum* yang menyebabkan busuk batang vanili. Patogen ini tergolong dalam jamur tular tanah yang sangat merusak, menyerang akar dan batang vanili serta dapat menyebabkan kematian tanaman (Pinarria *et al.*, 2010). Mosquera-Espinosa *et al.* (2022) menambahkan bahwa serangan *Fusarium oxysporum* tidak hanya menurunkan pertumbuhan dan produktivitas tanaman, tetapi juga berisiko mencemari produk dengan mikotoksin yang membahayakan kesehatan manusia. Bhai dan Jithya (2008) melaporkan kerugian hasil panen yang mencapai hingga 57% pada kasus serangan parah. Oleh karena itu, penyakit ini menjadi prioritas utama untuk dikendalikan dalam budidaya vanili.

Pengendalian kimiawi menggunakan fungisida sintetik seperti Mankozeb 80% banyak diaplikasikan untuk mengatasi serangan busuk batang. Hasil penelitian Poudel dan Surendra (2024) menunjukkan bahwa Carbendazim pada konsentrasi 100–250 ppm paling efektif menekan pertumbuhan *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* dengan inhibisi 100% pada hari ke-10 secara *in vitro*, lebih tinggi dibandingkan fungisida lain seperti Azoxystrobin + Difenoconazole (82,79%), Mancozeb (52,92%), dan Copper oxychloride (43,50%) pada konsentrasi 250 ppm. Bhai dan Jithya (2008) menyatakan bahwa aplikasi fungisida menimbulkan dampak negatif berupa pencemaran lingkungan, penurunan keanekaragaman mikroba tanah, residu berbahaya pada hasil panen, serta meningkatnya resistensi patogen. Residu fungisida dapat mengganggu aktivitas fisiologis tanaman, menurunkan kualitas panen, dan membatasi pemasaran produk karena melampaui ambang residu aman. Oleh sebab tersebut, diperlukan kombinasi metode yang lebih ramah lingkungan dalam upaya pengendalian.

Pengendalian organik menjadi alternatif penting, salah satunya melalui pemanfaatan asap cair dari limbah tempurung kelapa yang melimpah di Indonesia. Desvita *et al.* (2020) menjelaskan bahwa dalam asap cair terkandung senyawa antibakteri dan antifungi seperti fenol dan asam asetat yang efektif merusak dinding sel patogen serta menghambat pertumbuhan *Fusarium oxysporum*. Amalia (2019) menyatakan bahwa komponen bioaktif utama dalam asap cair meliputi fenol, karbonil, serta berbagai asam organik seperti asam asetat, propionat, format, dan butirat yang berperan penting dalam aktivitas antimikroba dan antifungi. Mugiastuti dan Abdul (2009) menemukan bahwa konsentrasi asap cair 30% dapat menekan pertumbuhan *F. oxysporum* secara signifikan. Hasil

penelitian Yunita *et al.* (2018) menunjukkan bahwa penggunaan konsentrasi tinggi (20%) dapat menimbulkan fitotoksisitas di tanaman, oleh karena itu dosis yang tepat sangat penting dalam aplikasi asap cair. Asap cair tidak hanya mengatasi OPT tetapi juga membantu pemanfaatan limbah organik yang ramah lingkungan.

Di samping pengendalian organik, pengendalian hayati menggunakan jamur antagonis *Trichoderma harzianum* menawarkan solusi yang efektif dan berkelanjutan. *T. harzianum* bersaing dalam memperoleh nutrisi dan ruang sekitar akar tanaman serta menghasilkan enzim kitinase yang mampu mendegradasi dinding sel *Fusarium oxysporum* (Pardede *et al.*, 2022). Ohorella *et al.* (2022) melaporkan kemampuan *T. harzianum* menekan pertumbuhan *F. oxysporum* hingga 100%. Penggunaan suspensi *T. harzianum* sebanyak 30 ml dengan kerapatan 10^6 sel/ml menunjukkan daya hambat tertinggi dalam penelitian ini. Pengendalian hayati ini mengurangi ketergantungan pada bahan kimia sintetis dan membantu menjaga kesehatan tanaman vanili serta kualitas hasil panen secara optimal (Dwiastuti *et al.*, 2015).

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji efektivitas asap cair tempurung kelapa dan *Trichoderma harzianum* dalam upaya pengendalian *Fusarium oxysporum* penyebab busuk batang vanili. Inovasi ini diharapkan tidak hanya mengatasi masalah penyakit, tetapi juga memanfaatkan limbah kelapa secara optimal. Pendekatan ini diharapkan dapat meningkatkan produktivitas dan kualitas vanili secara berkelanjutan.

2. BAHAN DAN METODE

Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan menggunakan dua faktor. Faktor pertama konsentrasi asap cair (A), yaitu tanpa asap cair (A_0), asap cair 5% (A_1), asap cair 10% (A_2), dan asap cair (A_3). Faktor kedua adalah aplikasi *T. harzianum* (T), yaitu tanpa *T. harzianum* (T_0) dan dengan *T. harzianum* (T_1). Penelitian ini menghasilkan 8 kombinasi perlakuan dan diulang sebanyak empat kali, sehingga terdapat 32 satuan percobaan.

Tahap awal dalam penelitian ini meliputi pembuatan media PSA yang terdiri dari 200 g kentang, 1 liter aquades, 20 g sukrosa, dan 20 g agar batang, kemudian media tersebut disterilkan menggunakan autoklaf selama 20 menit pada suhu 121 °C dengan tekanan 1 atm. Langkah berikutnya yaitu melakukan isolasi dengan mengambil bibit vanili varietas Madagaskar bergejala perubahan warna kuning pada batang dan pada bagian tengah berwarna kecoklatan membusuk. Bagian bergejala dipotong sepanjang 2 cm di bagian perbatasan antara jaringan vanili sehat dan sakit. Sampel diisolasi dalam satu cawan petri berisi lima potongan sampel dengan pola satu di tengah dan empat lain mengelilinginya.

Jamur yang tumbuh pada media PSA dilakukan identifikasi untuk menemukan *F. oxysporum* menggunakan buku *Illustrated Genera of Imperfect Fungi* (Barnet, 1962), dan buku *Training Course 2019 for The Identification of Aspergillus & Fusarium* (Samson, 2019). Hasil identifikasi dilakukan pemurnian untuk memastikan virulensi dan gejala serangan yang ditimbulkan sama dengan gejala yang dilakukan isolasi, maka dilakukan Postulat Koch. Tahapan Postulat Koch dimulai dengan mendisinfeksi batang vanili dan alat menggunakan kapas beralkohol 70%, lalu batang dilukai sepanjang 1 cm dan diinokulasi dengan koloni *F. oxysporum* yang ditempelkan pada luka tersebut serta ditutup dengan kapas basah dan plastik *wrapping*. Pengamatan dilakukan setelah 7 hari dengan membuka *wrapping* untuk melihat gejala dan apabila belum ada gejala, luka ditutup kembali dan diinkubasi selama 14 hari.

Jamur *F. oxysporum* dan *T. harzianum* dihitung kerapatannya menggunakan hemositometer. Spora dipanen dari koloni pada cawan petri dengan mengeruk permukaan koloni secara hati-hati menggunakan jarum ose agar miselia dan media tidak tercampur. Spora dibuat suspensi, dimasukkan ke dalam tabung reaksi, dan dihomogenkan dengan vortex. Setelah itu, 1 ml suspensi diteteskan ke

hemositometer dan ditutup dengan kaca objek hingga mengisi ruang hitung. Pengamatan spora ini dapat dengan menghitung jumlah spora dalam lima kotak sedang di bawah mikroskop, kemudian dihitung rata-ratanya dan contoh kotak hemositometer (Gambar 1).

Kedua jamur akan dilakukan uji antagonisme secara *in vitro* menggunakan media PSA sebanyak 15 ml/cawan petri yang telah dicampur dengan asap cair 5%, 10%, dan 15%. Metode yang digunakan sesuai dengan Berlian et al., (2016) yaitu *dual culture method* atau dua jenis panjang berbeda dalam satu cawan. Masing-masing koloni jamur diambil sebesar ukuran *cork borer* dan diletakkan ke media dengan metode *dual culture method* dan *single culture method* yang disajikan pada Gambar 2. Jari-jari koloni diukur dan dihitung menggunakan rumus persentase daerah penghambatan.

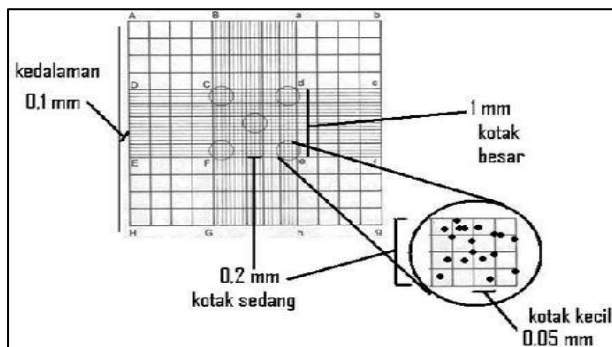
Pengujian *in vivo* dilakukan di rumah kaca menggunakan bibit vanili berumur 1,5 bulan. Bibit ditanam dalam *polybag* dengan media tanam tanah 100% yang telah disterilisasi. Aplikasi jamur dilakukan dengan membuat suspensi sebanyak 30 ml dengan kerapatan koloni 10^6 spora/ml. Jamur *T. harzianum* diaplikasikan terlebih dahulu, kemudian dua hari setelahnya diaplikasikan jamur *F. oxysporum*. Asap cair diaplikasikan tujuh hari setelah inokulasi *F. oxysporum*. Kerapatan spora dihitung menggunakan rumus:

$$\frac{\text{Rata – rata jumlah spora} \times d \times 10^6 \text{ jumlah spora}}{80 \times 0,25}$$

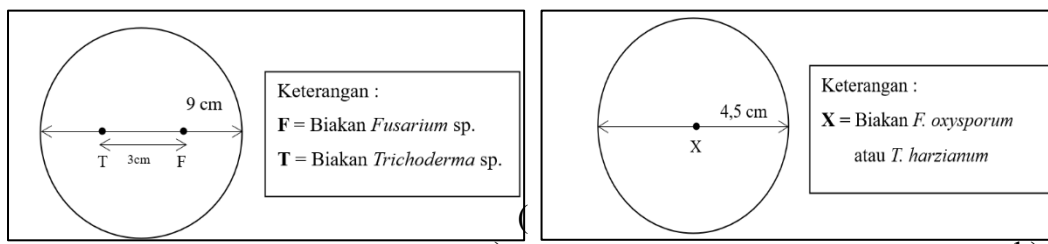
Keterangan: Tingkat pengenceran (d), konstanta (10^6), konstanta (0,25), dan jumlah kotak kecil yang diamati (80)

Persentase daerah penghambatan: $\frac{r_1 - r_2}{r_1} \times 100\%$

Keterangan: Jari-jari koloni *F. oxysporum* yang berlawanan arah dengan jamur *T. harzianum* (r_1) dan Jari-jari koloni *F. oxysporum* yang menuju arah jamur *T. harzianum* (r_2).



Gambar 1. Contoh kotak hemositometer



Gambar 2. Contoh peletakan biakan: (a) *dual culture method* dan (b) *single culture method*

Tabel 1. Skor dan kriteria nekrosis

Skor	Kriteria gejala nekrosis
0	Tidak ada gejala nekrosis
1	Timbul gejala nekrosis diameter < 0,5 cm
2	Nekrosis diameter 0,5 cm ≤ x ≤ 1 cm
3	Nekrosis diameter > 1 cm
4	Nekrosis hampir menyebar ¾ organ terserang, tanaman layu dan/atau mati

Keterjadian Penyakit di hitung menggunakan rumus: $KjP = \frac{n}{N} \times 100\%$

Keterangan: Keterjadian penyakit (KjP), jumlah tanaman terserang (n), dan jumlah tanaman yang diamati (N).

Keparahan Penyakit digitung menggunakan rumus: $KP = \frac{\sum (n \times V)}{(Z \times N)} \times 100\%$

Keterangan: Keparahan penyakit (KP), jumlah sampel sakit per kategori (n), skor penyakit (V), skor tertinggi (Z), dan sampel yang diamati (N).

Variabel penelitian ini berupa pengamatan *in vitro* (diameter koloni dan persentase daerah hambatan) dan pengamatan *in vivo* (masa inkubasi, gejala serangan, keterjadian penyakit, keparahan penyakit, diameter bercak, penambahan panjang tunas, penambahan jumlah daun dan penambahan diameter tunas). Variabel keterjadian penyakit dihitung dengan rumus KjP dan keparahan penyakit dihitung menggunakan rumus KP. Dalam penentuan skor setiap serangan didasarkan pada penelitian Syarifah *et al.* (2024) yang sudah dimodifikasi pada Tabel 1. Data diuji homogenitas dengan uji Bartlett, uji aditifitas dengan Tukey, kemudian dianalisis ragam dan dilanjutkan uji DMRT (*Duncan Multiple Range Test*) taraf 5%.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis ragam secara umum memperlihatkan bahwa perlakuan asap cair, *T. harzianum*, dan interaksi keduanya nyata meningkatkan persentase hambatan dan menurunkan diameter koloni. Hasil anova variabel pengamatan vanili disajikan pada Tabel 2.

3.1 Persentase Hambatan

Hasil analisis ragam menyatakan bahwa penggunaan asap cair, *T. harzianum*, dan interaksi keduanya secara nyata meningkatkan persentase hambatan pertumbuhan *F. oxysporum*. Uji Duncan 5% memperlihatkan bahwa kontrol tanpa asap cair memiliki hambatan 0%, sedangkan aplikasi *T. harzianum* pada media tanpa asap cair menghambat pertumbuhan sebesar 40,12%. Konsentrasi asap cair 5% sampai 15% tanpa *T. harzianum* mampu meningkatkan hambatan hingga 100%, sehingga perlakuan asap cair 5% tanpa *T. harzianum* menjadi yang terbaik secara *in vitro*. Interaksi antara asap cair dan *T. harzianum* disajikan pada Tabel 3.

Perlakuan asap cair dengan konsentrasi 5% hingga 15% terbukti memberikan penghambatan yang sama sebesar 100% terhadap pertumbuhan *F. oxysporum* secara *in vitro*. Hasil penelitian Nurfadillah *et al.* (2022) menyatakan bahwa penggunaan asap cair tempurung kelapa pada konsentrasi 2% dapat menekan pertumbuhan bakteri *Burkholderia glumae* secara *in vitro*. Sari *et al.* (2017) menyatakan hasil penelitiannya bahwa penggunaan 1,0 ml asap cair grade 1 dan 2 komersil, serta grade 2 buatan sendiri mampu dalam mengendalikan *Colletotrichum gloeosporioides* secara *in vitro* di media 10 ml PDA. Hasil penelitian Yunita *et al.* (2018) tentang aplikasi asap cair tempurung kelapa terhadap *Phytophthora palmivora* pada kakao menunjukkan bahwa asap cair 5% dan 10% memberikan pengaruh yang sama baiknya dalam menekan pertumbuhan *Phytophthora palmivora*.

Tabel 2. Analisis ragam variabel pengamatan vanili terhadap perlakuan asap cair dan *trichoderma harzianum*

Variabel	Asap Cair (A)	<i>Trichoderma harzianum</i> (T)	Interaksi A X T
Persentase hambatan (%)	*	*	*
Diameter koloni (cm)	*	*	*
Penambahan panjang tunas (cm)	tn	tn	tn
Penambahan diameter tunas (mm)	tn	tn	tn
Penambahan jumlah daun (helai)	tn	tn	tn

Keterangan: (*) Berbeda pada taraf nyata taraf α 5%, (tn) tidak berbeda pada taraf nyata taraf α 5%

Tabel 3. Interaksi asap cair dan *Trichoderma harzianum* terhadap persentase hambatan *Fusarium oxysporum*

<i>Trichoderma harzianum</i>	Asap Cair			
	A ₀	A ₁	A ₂	A ₃
T ₀	(0) 0,70 c C	(100) 10,02 a A	(100) 10,02 a A	(100) 10,02 a A
T ₁	(40,12) 5,74 b B	(100) 10,02 a A	(100) 10,02 a A	(100) 10,02 a A
DMRT 5%	0,56			

Keterangan: Nilai yang di dalam kurung merupakan data asli, sedangkan yang diikuti notasi huruf hasil transformasi $\sqrt{x+0,5}$. Nilai yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak terjadi perbedaan yang nyata antar perlakuan berdasarkan Uji Duncan 5%. Cara membaca perlakuan asap cair secara horizontal dan perlakuan *T. harzianum* secara vertikal. Tanpa asap cair (A₀), asap cair 5% (A₁), asap cair 10% (A₂), asap cair 15% (A₃), tanpa *Trichoderma harzianum* (T₀), dan dengan *Trichoderma harzianum* (T₁).

Kandungan bioaktif dalam asap cair, seperti senyawa fenolik dan asam organik, berperan penting dalam meningkatkan sifat antimikroba dan antijamur dengan cara merusak membran sel, menghambat sintesis dinding sel, serta mengganggu metabolisme dan sporulasi jamur (Chairudin *et al.*, 2022). Senyawa fenolik aktif mampu menembus membran sel dan merusak struktur lipid serta protein membran sehingga fungsi membran terganggu. Gangguan ini menyebabkan inaktivasi enzim penting dan penghambatan sintesis dinding sel yang tersusun dari kitin dan glukukan, sehingga pertumbuhan dan stabilitas sel jamur terganggu. Suyanto *et al.* (2021) menyatakan bahwa senyawa fenolik memperlambat pertumbuhan dan stabilitas sel dengan menghambat sintesis dindingnya. Kerusakan membran dan dinding sel menyebabkan ketidakmampuan sel mempertahankan homeostasis, sehingga pertumbuhan *F. oxysporum* terhambat, dan peningkatan konsentrasi asap cair semakin meningkatkan efek toksik serta penghambatan jamur tersebut.

Penghambatan yang terjadi akibat adanya *T. harzianum* merupakan bentuk kompetisi antar jamur. *T. harzianum* sebagai agensia hayati terbukti mampu menekan pertumbuhan *F. oxysporum*. Menurut Susila *et al.* (2023) peranan *Trichoderma* sp. sebagai agensia hayati berupa kompetisi, parasitisme, dan produksi senyawa fitopatogen. Yao *et al.* (2023) menyatakan bahwa *Trichoderma* dapat menghasilkan enzim ekstraseluler sehingga unggul dalam persaingan nutrisi dan menghambat jamur fitopatogen berupa enzim beta (1,3) glukukanase dan kitinase yang berguna untuk mendegradasi dinding sel patogen dan racun trichodermin dihasilkan dari beberapa spesies *Trichoderma*. Jumadi *et al.* (2021) menambahkan bahwa *T. harzianum* memiliki metabolit sekunder berupa enzim hidrolitik berupa protease. Sekresi metabolit ini menyebabkan dinding sel patogen menjadi lisis sehingga ditandai dengan dijumpainya zona bening. Hal ini sesuai dengan pendapat Muhibbuddin *et al.* (2021) bahwa kombinasi kompetisi, produksi enzim hidrolitik, dan antibiosis menjadi kunci dalam keberhasilan *T. harzianum* sebagai agen biologis pengendalian penyakit tanaman.

3.2 Diameter Koloni

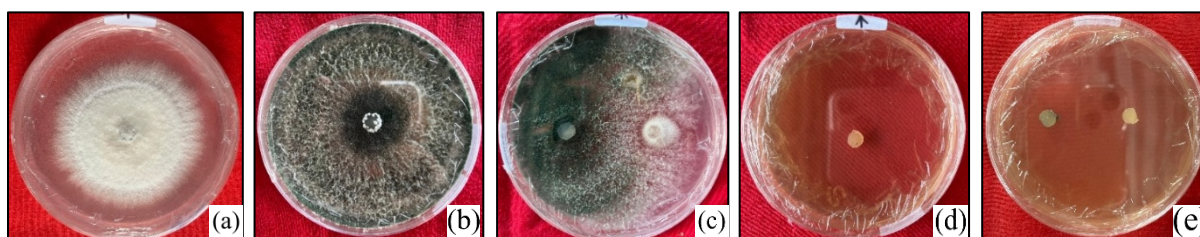
Asap cair, *T. harzianum*, dan interaksinya secara signifikan menurunkan diameter koloni *F. oxysporum*. Kontrol memiliki diameter 3,8 cm, sedangkan dengan *T. harzianum* tanpa asap cair menurun menjadi 2,0 cm. Asap cair 5%, 10%, dan 15% tanpa *T. harzianum* menurunkan diameter koloni hingga 0 cm, menunjukkan kematian *F. oxysporum*. Tidak ada perbedaan signifikan antara perlakuan asap cair dengan atau tanpa *T. harzianum*. Perlakuan terbaik adalah asap cair 5% tanpa *T. harzianum* untuk menekan pertumbuhan *F. oxysporum* secara *in vitro*. Hasil Uji Duncan 5% interaksi asap cair dan *T. harzianum* disajikan pada Tabel 4.

Struktur tubuh *F. oxysporum* terdiri dari hifa dengan dinding sel dan membran plasma yang membungkus sitoplasma, penggunaan asap cair yang mengandung fenol dan asam organik diduga mengganggu membran plasma serta proses produksi energi atau ATP pada jamur ini. Senyawa fenolik menimbulkan cekaman oksidatif pada membran sel. Hal ini sesuai dengan pendapat Valletta et al. (2016) yang menyatakan bahwa senyawa asam dapat merusak proses produksi energi seperti fosforilasi oksidatif dan respirasi. Karena *F. oxysporum* membutuhkan respirasi aerob untuk menghasilkan energi, hambatan metabolisme oleh senyawa asam dan fenolik ini berkontribusi menghambat pertumbuhan jamur tersebut.

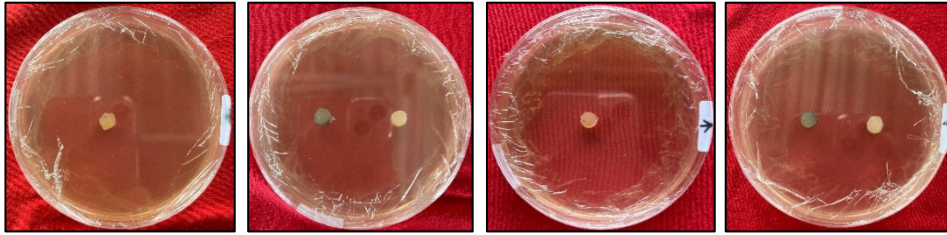
Tabel 4. Interaksi asap cair dan *Trichoderma harzianum* terhadap diameter koloni *Fusarium oxysporum*

<i>Trichoderma harzianum</i>	Asap Cair			
	A ₀	A ₁	A ₂	A ₃
T ₀	(3,8) 2,07 c C	(0) 0,70 a A	(0) 0,70 a A	(0) 0,70 a A
T ₁	(2,0) 1,58 b B	(0) 0,70 a A	(0) 0,70 a A	(0) 0,70 a A
DMRT 5%	3,48			

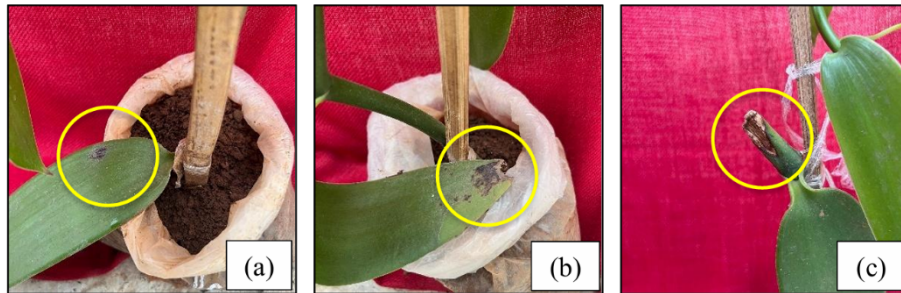
Keterangan: Nilai yang di dalam kurung merupakan data asli, sedangkan yang diikuti notasi huruf hasil transformasi $\sqrt{x+0,5}$. Nilai yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak terjadi perbedaan yang nyata antar perlakuan berdasarkan Uji Duncan 5%. Cara membaca perlakuan asap cair secara horizontal dan perlakuan *T. harzianum* secara vertikal. Tanpa asap cair (A₀), asap cair 5% (A₁), asap cair 10% (A₂), asap cair 15% (A₃), tanpa *Trichoderma harzianum* (T₀), dan dengan *Trichoderma harzianum* (T₁)



Gambar 3. Perkembangan koloni: (a) *F. oxysporum* tanpa asap cair; (b) *T. harzianum* tanpa asap cair (c) *T. harzianum* vs *F. oxysporum* tanpa asap cair; (d) *F. oxysporum* dengan asap cair 5%; dan (e) *T. harzianum* vs *F. oxysporum* dengan asap cair 5%.



Gambar 4. Perkembangan koloni: (a) *F. oxysporum* dengan asap cair 10%; (b) *T. harzianum* vs *F. oxysporum* dengan asap cair 10%; (c) *F. oxysporum* dengan asap cair 15%; dan (d) *T. harzianum* vs *F. oxysporum* dengan asap cair 15%.



Gambar 5. Gejala serangan yang didapatkan: (a) gejala pada pangkal daun; (b) gejala pada ujung daun; dan (c) gejala pada ujung setek.

Menurut Alisa dan Isendi (2023), asap cair tempurung kelapa mengandung fenol 80,15%, asam karbonil 6,46%, furan 5,08%, keton 2,31%, alkil aril 0,48%, dan guaiacol 0,33%. Isa et al. (2019) menambahkan bahwa kandunganasamnya meliputi asam asetat 48,75%, metil ester asam oksalat 31,41%, dan senyawa lain yang mendukung aktivitas biologi asap cair sebagai agen antimikroba efektif terhadap *F. oxysporum*, serta menentukan kualitas dan efektivitas asap cair dalam aplikasi pertanian. Penambahan *T. harzianum* pada cawan berisi *F. oxysporum* terbukti mampu menekan diameter koloni *F. oxysporum*. Penekanan diameter *F. oxysporum* ini akibat adanya mikoparasitisme (proses memarasit patogen dengan jamur lain yang bersifat antagonis) oleh *T. harzianum*. Hasil uji *in vitro* disajikan pada Gambar 3 dan 4.

3.3 Variabel *In Vivo*

Masa inkubasi *F. oxysporum* terdeteksi pertama kali pada hari ke-12 setelah inokulasi, dengan gejala muncul pada perlakuan asap cair 5% tanpa *T. harzianum* dan kontrol. Suhu rata-rata 29°C dan kelembaban 84% pada Mei 2025 mendukung pertumbuhan *F. oxysporum*, kelembaban tinggi menjadi faktor utama perkecambahan spora dan penetrasi hifa ke jaringan vanili. Hal ini sesuai dengan pendapat Hasanah et al. (2024) bahwa kelembaban tinggi dan suhu kisaran 25 °C hingga 30 °C menjadi tempat pertumbuhan yang baik bagi *F. oxysporum* f.sp. *vanillae*. Perbedaan masa inkubasi juga dipengaruhi oleh variasi virulensi patogen.

Bentuk gejala awal pada daun dan batang berupa pembusukan berwarna coklat dengan tekstur basah dan berbentuk oval, kemudian pada batang muncul pola garis kuning kecoklatan yang lama-kelamaan menjadi hitam dengan tekstur kering (Gambar 5).

Dari 32 bibit vanili, hanya 3 bibit (9,3%) yang terinfeksi *F. oxysporum*, dengan perlakuan tanpa asap cair dan dengan asap cair 5%. Tingkat keparahan penyakit pada bibit yang terinfeksi juga tergolong rendah, dengan skor keparahan 2–3 dan persentase keparahan 8,3–12,5%. Aplikasi asap cair 5% tanpa *T. harzianum* belum efektif menekan pertumbuhan *F. oxysporum* secara *in vivo*. Skor dan persentase keparahan penyakit disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Skor dan keparahan penyakit pada bibit vanili

Perlakuan	Skor	Keparahan Penyakit (%)
A ₀ T ₀ U ₃	2	8,3
A ₁ T ₀ U ₁	3	12,5
A ₁ T ₀ U ₂	3	12,5

Keterangan: tanpa asap cair dan *T. harzianum* pada ulangan 3 (A₀T₀U₃), asap cair 5% tanpa *T. harzianum* pada ulangan 1 (A₁T₀U₁), dan Asap cair 5% tanpa *T. harzianum* pada ulangan 2 (A₁T₀U₂)

Pada hari ke-12, diameter bercak *F. oxysporum* pada kontrol sebesar 0,9 cm dan pada perlakuan asap cair 5% selebar 1,4 cm. Namun hari ke-21, diameter bercak pada kontrol peningkatannya lebih cepat sampai 88,89%, sedangkan pada perlakuan asap cair 5% hanya 46,43%. Hal ini memperlihatkan bahwa aplikasi asap cair 5% mampu menghambat pertumbuhan patogen pada bibit vanili. Konsentrasi asap cair yang lebih tinggi (10% dan 15%) tidak menunjukkan adanya serangan.

Penggunaan *T. harzianum* terbukti mampu menekan keterjadian dan keparahan penyakit akibat *F. oxysporum* pada bibit vanili secara *in vivo*. Yao et al. (2023) menyatakan bahwa kemampuan pertumbuhan miselium yang cepat dan adaptasi baik dengan lingkungan membuat jamur *T. harzianum* mampu mencegah pertumbuhan penyakit. Hasil penelitian Hariyanto (2019) menyatakan bahwa aplikasi *Trichoderma* sp. sebanyak 10 g yang diinokulasi pada 2,5 kg pupuk kompos dapat menurunkan intensitas serangan layu *Fusarium* pada tomat sebanyak 15,5%. Rahmawati (2023) dalam penelitiannya menyimpulkan bahwa penggunaan *T. harzianum* dosis 10 g efektif menekan serangan layu *Fusarium* yang ada pada bawang merah.

Analisis ragam menunjukkan tidak adanya perbedaan pada penambahan panjang tunas, jumlah daun, dan diameter tunas bibit vanili antar perlakuan. Penambahan panjang tunas tertinggi (8,15 cm) diperoleh pada asap cair 15% tanpa *T. harzianum*. Pengamatan pertumbuhan vanili selama empat minggu yang dilakukan pada umur setek dua bulan yang diberi perlakuan asap cair maupun *T. harzianum* belum menunjukkan perbedaan pertumbuhan vegetatif tanaman. Perubahan fisiologis tanaman akibat perlakuan belum tampak berbeda. Tanaman membutuhkan waktu penyesuaian antara kondisi awal dan setelah perlakuan untuk memacu kinerja organ maupun fisiologis tanaman. Waktu ideal pertumbuhan vanili yaitu delapan minggu setelah aplikasi atau dapat dihitung dua bulan sejak aplikasi perlakuan.

Peningkatan konsentrasi asap cair yang dibarengi dengan *T. harzianum* akan menghambat aktivitas pembelahan sel pada meristem apikal, sehingga pada konsentrasi asap cair yang semakin meningkat akan menghambat pertumbuhan panjang tunas. Menurut Rismawati et al. (2021), aplikasi *T. harzianum* tidak selalu memberikan pengaruh nyata terhadap pertumbuhan vegetatif, namun secara umum jamur ini berperan dalam menekan penyakit dan meningkatkan kesehatan tanaman, yang pada kondisi optimal. Kadar nitrogen pada media tanam yang dianalisis hara hanya 0,22% dan masih tergolong rendah untuk kebutuhan vanili. Kondisi tanah seperti ini juga kurang mendukung pengendalian alami terhadap *F. oxysporum*. Peningkatan bahan organik sangat diperlukan agar pertumbuhan bibit vanili lebih optimal dan risiko penyakit dapat diminimalisir.

Penambahan diameter tunas terbaik (8,45 mm) didapat dari kombinasi asap cair 15% dengan *T. harzianum*. Proses pertumbuhan vanili seperti pembelahan dan pembesaran sel membutuhkan waktu lebih dari dua bulan perlakuan sehingga dapat terukur. Kambium pada batang vanili berperan penting dalam pertumbuhan sekunder, yakni memperbesar diameter batang melalui pembentukan jaringan xilem dan floem sekunder. Pemberian asap cair 15% dapat mempengaruhi aktivitas kambium karena kandungan utama asap cair seperti asam asetat dan metanol mampu mempercepat pertumbuhan tanaman dengan menginduksi hormon tanaman, khususnya auksin, yang diketahui

merangsang pembelahan dan diferensiasi sel kambium. Peningkatan konsentrasi asap cair yang dibarengi dengan *T. harzianum* akan menghambat aktivitas pembelahan sel pada meristem apikal, sehingga pada konsentrasi asap cair yang semakin meningkat akan menghambat pertumbuhan panjang tunas tetapi akan memperbesar diameter batang. *T. harzianum* merupakan agens hayati yang diketahui mampu menghasilkan ZPT seperti auksin, sitokinin, dan giberelin, yang dapat merangsang aktivitas pembelahan sel kambium dan mempertebal jaringan sekunder batang.

Penambahan jumlah daun tertinggi (2 helai) ditemukan pada perlakuan tanpa asap cair dan tanpa *T. harzianum* serta asap cair 15% tanpa *T. harzianum*. Auksin berfungsi merangsang elongasi sel dan pembentukan akar, sedangkan sitokinin merangsang pembelahan sel dan pembentukan tunas baru. Pemberian asap cair dalam konsentrasi optimal dapat meningkatkan jumlah dan panjang tunas. Namun, dosis yang melebihi ambang batas tertentu berpotensi menimbulkan efek toksik yang menghambat pertumbuhan tanaman.

4. KESIMPULAN

Konsentrasi asap cair 5%-15% dan *Trichoderma harzianum* dapat menghambat pertumbuhan *Fusarium oxysporum* secara *in vitro*. Secara *in vivo*, konsentrasi 5%-15% dan *Trichoderma harzianum* tidak berpengaruh terhadap keterjadian, keparahan penyakit, diameter bercak, maupun pertumbuhan vegetatif setek bibit vanili umur 4 minggu setelah inokulasi. Asap cair dapat diaplikasikan tunggal tanpa aplikasi *Trichoderma harzianum* pada vanili.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Alisa, N., & Iswendi. 2023. Potensi asap cair hasil pirolisis tempurung kelapa sebagai biopestisida terhadap ulat penggerek polong (*Maruca testulalis*) tanaman kacang panjang (*Vigna sinensis*). *Periodic*. 12(1): 39-44.
- Amalia, A.I. 2019. Pemanfaatan Asap Cair Hasil Pembakaran Tempurung Kelapa Menjadi Biopestisida (Tesis). Universitas Hasanuddin. Makassar. 77 hlm.
- Barnet, H.L. 1962. *Illustrated Genera of Imperfect Fungi*. Burgess Publishing Company. West Virginia. 225 p.
- Berlian, I., Sindu, A., & Endang, P. 2016. Isolasi, identifikasi, dan antagonisme *in vitro* isolat *Trichoderma* spp. asal kebun karet, Blimbing, Pekalongan, Jawa Tengah. *Jurnal Penelitian Karet*. 34(2):201-212.
- Bhai, R.S. & Jithya, D. 2008. Occurrence of fungal diseases in vanilla (*Vanilla planifolia and rews*) in Kerala. *Journal of Spices and Aromatic Crops*. 17(2):140-148.
- Chairudin, Sumeinika, F.L., Agustinur, Dwi, P., & Irvan, S.. 2022. *In vitro* efficacy of various concentrations of coconut shell liquid smoke against *Fusarium oxysporum* F.sp. *Lycopersici*. *Conference Proceeding ICoGEMT+TECH*. 1(1):1-9.
- Desvita, H., Muhammad, F., Mahidin, & Suhendrayatna. 2020. Preservation of meatballs with edible coating of chitosan dissolved in rice hull-based liquid smoke. *Heliyon*. 6(10):1-10.
- Digdoyo, P., & Andi, B. 2017. Increasing added value of vanilla through technology utilization of registered patent. *Conferences: The 1st SATREPS Conference*. 8:100-109.
- Dwiastuti, M.E., Melisa, N.F., & Yunimar. 2015. Potensi *Trichoderma* spp. sebagai agens pengendali *Fusarium* spp. penyebab penyakit layu pada tanaman stroberi (*Fragaria x ananassa* Dutch.). *Jurnal Hortikultura*. 25(4):331-339.
- Dwitama, A.G., Darsono, & Rhina, U.F. 2022. Analisis kinerja perdagangan dan daya saing komoditas vanili Indonesia di pasar internasional periode 2010-2019. *Agrista*. 10(2):43-58.

- Hasanah, L.M., Miatin, A.S., Nurfajri, E.F., & Mukhamad, S. 2024. Efektivitas biopestisida pada tanaman vanili dalam melawan *Fusarium oxysporum* f. sp. *vanillae*. *Jurnal Penelitian Sains*. 26(3):360-365.
- Heriyanto. 2019. Kajian pengendalian penyakit layu *Fusarium* dengan *Trichoderma* pada tanaman tomat. *Jurnal Triton*. 10(1):43-58.
- International Trade Center. 2025. List of products exported by Indonesia Metadata at the same aggregation level as the product: 0905 Vanilla. https://www.trademap.org/Product_Sel_Country_TS.aspx?nvpm=1%7c360%7c%7c%7c%7c0905%7c%7c%7c4%7c1%7c1%7c2%7c2%7c1%7c1%7c2%7c1%7c1.
- Isa, I., Wenny, J.A.M., & Sity, W.R. 2019. Pemanfaatan asap cair tempurung kelapa sebagai pestisida organik terhadap mortalitas ulat grayak (*Spodoptera litura* F.). *Jambura Journal of Chemistry*. 1(1):15-20.
- Jumadi, O., Muhammad, J., Muhammad, W.C., & Syafruddin. 2021. *Trichoderma dan Pemanfaatan*. Penerbit Jurusan Biologi FMIPA UNM. Makassar. 89 hlm.
- Koyyappurath, S., Atuahiva, T., Le Guen, R., Batina, H., Le Squin, S., Gautheron, N., Herman, V.E., Peribe, J., Jahiel, M., Steinberg, C., Liew, E.C.Y., Alabouvette, C., Besse, P., Dron, M., Sache, I., Laval, V., & Grisoni, M. 2016. *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-vanillae* is the causal agent of root and stem rot of vanilla. *Plant Pathology*. 65(4):612-625.
- Mosquera-Espinosa, A.T., Ndreja, B.M., Nicola, S.F., Álvaro, R., Fransisco, S., Paul, C., Alejandra, B., & Donald, R.O. 2022. *In vitro* evaluation of the development of *Fusarium* in vanilla accessions. *Agronomy*. 12(11):2831.
- Mugiastuti, E., & Abdul, M. 2009. Pemanfaatan asap cair untuk mengendalikan *Fusarium oxysporum* dan *Meloidogyne* spp. *Jurnal Pembangunan Pedesaan*. 9(1):43-49.
- Muhibuddin, A., Syaquina, S., & Antok, W.S. 2021. Kemampuan antagonis *Trichoderma harzianum* terhadap beberapa jamur patogen penyakit tanaman. *Agrosaintifika: Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian*. 4(1):225-233.
- Nurfadillah, Giyanto, Kikin, H.M., & Tri, A.D. 2022. Asap cair untuk pengendalian *Bulkholderia glumae* dan pemacu pertumbuhan benih padi. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*. 18(3):134-144.
- Ohorella, Z., Mira, H.S., Wahyudi, & Muji, H. 2022. Uji antagonis *Trichoderma harzianum* terhadap *Fusarium oxysporum* penyebab penyakit layu pada tanaman tomat (*Lycopersicon esculentum*) secara *in vitro*. *Median: Jurnal Ilmu Ilmu Eksakta*. 14(1):7-15.
- Pardede, M.N.B.R., Gusti, N.A.S.W., & Khamdan, K. 2022. Efektivitas *Trichoderma* sp. dan *Gliocladium* sp. untuk pengendalian penyakit busuk batang (*Fusarium oxysporum* sp.) pada tanaman vanili (*Vanilla planifolia*). *Agrotrop: Journal on Agriculture Science*. 12(1):63-75.
- Pinaria, A.G, Liew, E.C., & Burgess, L.W. 2010. *Fusarium* species associated with vanilla stem root in Indonesia. *Aust Plant Pathol*. 39:176-183.
- Poudel, S. & Surendra, O. 2024. *In vitro* evaluation of efficacy of fungicides against *Fusarium oxysporum* f.sp. *Lycopersici* (Sacc.) synder and hansen causing wilt disease of tomato. *NPI Journal of Science & Techonolgy*. 1(1):31-48.
- Prasaja, D., Fadhia, K.C., Haya, H.I.A., & Siani, K.N. 2024. Potensi Indonesia menjadi pengeksport vanili terbesar di dunia. *Journal of Science & Social Research*. 7(1):265-272.
- Rahmawati, I. 2023. Efektifitas penggunaan cendawan antagonis *Trichoderma harzianum* untuk pengendalian penyakit layu pada tanaman bawang merah. *Journal of Comprehensive Science*. 2(5):1133-1144.
- Rasi, A.J.L., Yulius, P.S., & Sinar, P.A.A. 2017. Potensi teknologi asap cair tempurung kelapa terhadap keamanan pangan. *EUREKA: Jurnal Penelitian Teknik Sipil Dan Teknik Kimia*. 1(1):1-10.

- Rismawati, Pramono, H., & Shalahudin, M.P. 2021. Pengaruh *Trichoderma harzianum* sebagai agens hayati untuk pertumbuhan dan kesehatan bibit vanili (*Vanilla planifolia*) terhadap *Fusarium oxysporum*. *AGRIMETA: Jurnal Pertanian Berbasis Keseimbangan Ekosistem*. 11(21):61-65.
- Samson, R.A. 2019. *Training Course 2019 for The Identification of Aspergillus & Fusarium*. Westerdijk Fungal Biodiversity Institute. Utrecht The Netherl&s. 298 p.
- Sari, W., Suryo, W., Ali, N., Abdul, M., & Roedhy, P. 2017. Keanekaragaman dan patogenisitas *Fusarium* spp. asal beberapa kultivar pisang. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*. 13(6):216-216.
- Susila, E., Fri, M., & Deni, E. 2023. Characterization & identification of *Trichoderma* on shallots isolated from three elevation regions in West Sumatra, Indonesia. *Biodiversitas*. 24(4):2064-2071.
- Suyanto, A., Ismail, A., Agnes, T.P.I., & Meta, A. 2021. Pengaruh peracunan media dengan asap cair tempurung kelapa (*Cocos nucifera*) pada pertumbuhan jamur *Colletotrichum* sp. penyebab penyakit busuk buah kakao. *Variabel*. 4(2):53-60.
- Syarifah, S.M., Ofivah, P.S., & Arif, B. 2024. Pengendalian hayati patogen *Fusarium oxysporum* f. sp. *capsici* dengan isolat *Trichoderma* sp. asal rizosfer bambu dari Kecamatan Kedu, Kabupaten Temanggung. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia*. 29(3):454-460.
- Valletta, A., Giulia, D.A., Camilla, B., Elisa, B., Alfredo, M., Maria, E.D.C., & Gabriella, P. 2016. Acetic acid acts as an elicitor exerting a chitosan-like effect on xanthone biosynthesis in *Hypericum perforatum* L. root cultures. *Plant Cell Rep*. 35(5):1009–1020.
- Yao, X., Hailin, G., Kaixuan, Z., Mengyu, Z., Jingjun, R., & Jie, C. 2023. *Trichoderma* & its role in biological control of plant fungal & nematode disease. *Frontiers in Microbiology*. 14:1160551.
- Yunita, Iman, S., & Sarbino. 2018. Pengaruh asap cair tempurung kelapa terhadap *P. palmivora* penyebab penyakit busuk buah pada kakao. *Perkebunan dan Lahan Tropika*. 8(2):91-97.