



Uji Antagonisme *Trichoderma asperellum* Terhadap Perkembangan Penyakit yang Disebabkan oleh *Phytophthora palmivora*

Antagonism Test of Trichoderma asperellum Against Disease Development Caused By Phytophthora palmivora

Nabillah Anissa^{1*}, Herfandi Lamdo²

¹Program Studi Produksi Tanaman Perkebunan, Jurusan Budidaya Tanaman Perkebunan, Politeknik Negeri Lampung

²Program Studi Hortikultura, Jurusan Budidaya Tanaman Pangan, Politeknik Negeri Lampung

*E-mail Korespondensi: nabillahanissa@polinela.ac.id

ABSTRAK

Phytophthora palmivora merupakan patogen oomycetes yang sangat merusak dan menyebabkan penyakit busuk pucuk pada kelapa sawit serta busuk buah pada kakao, yang mengakibatkan kehilangan hasil yang signifikan di berbagai perkebunan Asia Tenggara. Pengendalian hayati menggunakan *Trichoderma asperellum* merupakan alternatif yang ramah lingkungan dan berkelanjutan dibandingkan fungisida sintesis. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi potensi antagonis *T. asperellum* terhadap *P. palmivora* melalui uji kultur ganda secara in vitro dan uji hayati secara in vivo. Hasil uji kultur ganda pada media Potato Dextrose Agar (PDA) menunjukkan bahwa *T. asperellum* mampu menghambat pertumbuhan miselium *P. palmivora* secara efektif dengan persentase penghambatan berkisar antara 62,4% hingga 78,3%, tergantung pada konsentrasi isolat dan lama inkubasi. Pengamatan mikroskopis mengungkapkan tiga mekanisme antagonisme utama, yaitu mikoparasitisme melalui pelilitan dan penetrasi hifa, kompetisi dalam memperoleh nutrisi dan ruang tumbuh, serta antibiosis yang dimediasi oleh metabolit volatil dan non-volatil. Pengujian secara in vivo pada bibit kakao menunjukkan bahwa perlakuan awal dengan *T. asperellum* (10^8 cfu/mL) secara nyata menurunkan insidensi penyakit sebesar 55,7% dan indeks keparahan penyakit sebesar 48,9% dibandingkan dengan kontrol tanpa perlakuan. Temuan penelitian ini mengonfirmasi bahwa *T. asperellum* merupakan agen pengendali hayati yang sangat potensial dan layak dikembangkan lebih lanjut sebagai formulasi biofungisida untuk mendukung pengelolaan hama dan penyakit terpadu terhadap penyakit yang disebabkan oleh *P. palmivora*.

Kata kunci: Antagonisme, Kultur ganda, Pengendalian hayati, *Phytophthora palmivora*, *Trichoderma asperellum*.

ABSTRACT

Phytophthora palmivora is a highly destructive oomycete pathogen that causes bud rot disease in oil palm and pod rot disease in cocoa, resulting in significant yield losses in plantations across Southeast Asia. Biological control using *Trichoderma asperellum* offers an environmentally friendly and sustainable alternative to synthetic fungicides. This study aimed to evaluate the antagonistic potential of *T. asperellum* against *P. palmivora* through in vitro dual-culture assays and in vivo bioassays. The dual-culture assay conducted on Potato Dextrose Agar (PDA) demonstrated that *T. asperellum* effectively inhibited the mycelial growth of *P. palmivora*, with inhibition percentages ranging from 62.4% to 78.3%, depending on isolate concentration and incubation period. Microscopic observations revealed three major antagonistic mechanisms, namely mycoparasitism through hyphal coiling and penetration, competition for nutrients and space, and antibiosis mediated by volatile and non-volatile metabolites. In vivo experiments on cocoa seedlings showed that pre-treatment with *T. asperellum* (10^8 cfu mL⁻¹) significantly reduced disease incidence by 55.7% and disease severity index by 48.9% compared with the untreated control. These findings confirm that *T. asperellum* is a highly promising

biological control agent and warrants further development as a biofungicide formulation to support integrated pest and disease management against diseases caused by P. palmivora.

Keywords : antagonism, biocontrol, dual culture, mycoparasitism, *Phytophthora palmivora*, *Trichoderma asperellum*.

PENDAHULUAN

Phytophthora palmivora merupakan patogen oomisetes destruktif yang menyebabkan penyakit busuk tunas (bud rot) pada kelapa sawit dan busuk buah (black pod) pada kakao, dengan dampak kerugian ekonomi yang sangat signifikan di wilayah tropis. Di Indonesia, serangan *P. palmivora* pada perkebunan kelapa sawit dilaporkan dapat menyebabkan kematian tanaman hingga 30% di fase pembibitan dan mengurangi produktivitas tandan buah segar (TBS) di tanaman dewasa (Falahi et al., 2024). Pada komoditas kakao, penyakit busuk buah akibat *P. palmivora* merupakan faktor pembatas produksi paling utama di Asia Tenggara, bertanggung jawab atas kehilangan hasil berkisar 30-80% per musim tanam tergantung kondisi lingkungan (Nurbailis & Nasrun, 2020).

Pengendalian *P. palmivora* secara konvensional masih sangat bergantung pada penggunaan fungisida sintesis berbahan aktif metalaksil, fosetil-aluminium, dan tembaga oksiklorida. Namun, penggunaan fungisida kimia secara berlebihan menimbulkan masalah multidimensi: resistensi patogen terhadap bahan aktif tertentu semakin banyak dilaporkan, residu kimia terakumulasi dalam ekosistem tanah, kontaminasi sumber air, serta dampak negatif terhadap organisme non-target termasuk fauna tanah yang berperan dalam siklus hara. Oleh karena itu, pencarian alternatif pengendalian biologis (biocontrol) yang efektif, selektif, dan berwawasan lingkungan menjadi prioritas riset fitopatologi global (Al-Ani & Mohammed, 2023).

Trichoderma asperellum merupakan salah satu spesies jamur antagonis yang paling intensif diteliti sebagai agen pengendali hayati. Keunggulan *T. asperellum* terletak pada mekanisme antagonisme

multimoda: mikoparasitisme langsung terhadap hifa patogen, kompetisi ruang dan sumber nutrisi, serta produksi senyawa bioaktif (antibiotik, enzim litik) yang menghambat pertumbuhan patogen. Selain itu, *T. asperellum* juga terbukti mampu menginduksi ketahanan sistemik tanaman inang melalui jalur sinyal salisilat dan jasmonat, meningkatkan aktivitas enzim pertahanan seperti peroksidase dan kitinase (Islam et al., 2021; Herlina et al., 2020).

Meskipun potensi *T. asperellum* sebagai agen hayati terhadap berbagai patogen tular tanah telah banyak didokumentasikan, kajian spesifik mengenai interaksi antagonistiknya terhadap *P. palmivora*-khususnya pada kondisi agroklimat Indonesia-masih sangat terbatas. Sebagian besar penelitian sebelumnya berfokus pada *Trichoderma harzianum* dan *T. viride* terhadap *Phytophthora* spp., sementara efektivitas *T. asperellum* yang memiliki kapasitas produksi metabolit sekunder lebih beragam belum dievaluasi secara komprehensif. Penelitian ini bertujuan mengetahui: (1) kemampuan penghambatan *T. asperellum* terhadap pertumbuhan miselium *P. palmivora* secara in vitro; (2) mekanisme antagonisme yang terlibat; (3) efektivitas pengendalian penyakit secara in vivo pada bibit kakao.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Sumber Isolat

Isolat *T. asperellum* diperoleh dari koleksi pribadi peneliti yang telah teridentifikasi secara morfologi dan molekuler. Isolat *P. palmivora* juga bersumber dari koleksi pribadi peneliti yang sebelumnya diisolasi dari jaringan buah kakao bergejala busuk basah dan dikonfirmasi melalui uji Postulat Koch serta identifikasi sporangia dan oogonia secara

mikroskopis. Kedua isolat dikultur pada medium Potato Dextrose Agar (PDA) dan Carrot Agar (CA) untuk *P. palmivora*, disimpan pada suhu $25 \pm 1^\circ\text{C}$.

Uji Antagonisme In Vitro

Pengujian antagonisme dilakukan menggunakan metode dual culture pada cawan Petri berdiameter 9 cm berisi PDA steril. Potongan miselium *T. asperellum* berdiameter 5 mm diletakkan pada satu sisi cawan, dan potongan miselium *P. palmivora* pada sisi berlawanan dengan jarak masing-masing 3 cm dari pusat. Sebagai kontrol, *P. palmivora* ditumbuhkan secara mandiri. Inkubasi dilakukan pada 25°C selama 7 hari. Penghitungan persentase hambatan pertumbuhan (PHR) dilakukan menggunakan rumus: $\text{PHR (\%)} = [(R1-R2)/R1] \times 100$, di mana R1 adalah jari-jari koloni *P. palmivora* kontrol dan R2 adalah jari-jari koloni *P. palmivora* perlakuan ke arah antagonis. Pengamatan dilakukan setiap 24 jam.

Uji Antagonisme In Vivo pada Bibit Kakao

Bibit kelapa sawit varietas Tenera umur 3 bulan ditanam dalam polibag berisi campuran tanah steril, pasir, dan kompos (2:1:1 v/v/v). Perlakuan terdiri dari: (P0) kontrol tanpa perlakuan; (P1) inokulasi *P. palmivora* tanpa bioagen; (P2) aplikasi *T. asperellum* 10. Bibit kakao umur 3 bulan ditanam dalam polibag berisi campuran tanah steril, pasir, dan kompos (2:1:1 v/v/v). Perlakuan terdiri dari: (P0) kontrol tanpa

perlakuan; (P1) inokulasi *P. palmivora* tanpa bioagen; (P2) aplikasi *T. asperellum* 10^6 cfu/mL sebelum inokulasi patogen; (P3) aplikasi *T. asperellum* 10^8 cfu/mL sebelum inokulasi patogen; (P4) aplikasi *T. asperellum* 10^8 cfu/mL bersamaan dengan inokulasi patogen. Inokulasi *P. palmivora* dilakukan dengan suspensi 10^4 /mL yang diinfiltrasikan pada jaringan titik tumbuh. Pengamatan dilakukan selama 30 hari meliputi: insidensi penyakit (IP), indeks keparahan penyakit (IKP), dan masa inkubasi. Rancangan percobaan menggunakan RAL dengan 5 ulangan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penghambatan Pertumbuhan Miselium *P. palmivora* secara In Vitro

Hasil uji dual culture menunjukkan bahwa *T. asperellum* mampu menghambat pertumbuhan miselium *P. palmivora* secara nyata sejak hari ke-3 inkubasi. Persentase hambatan pertumbuhan (PHR) meningkat secara progresif hingga pengamatan hari ke-7, mencapai nilai tertinggi pada perlakuan isolat Ta-KP01 (Tabel 1). Zona hambat yang terbentuk antara kedua koloni menunjukkan adanya mekanisme antibiosis melalui senyawa difusibel. Hifa *T. asperellum* terlihat tumbuh melampaui zona hambat dan menginvasi koloni *P. palmivora* pada hari ke-5, mengindikasikan dominasi pertumbuhan yang kuat.

Tabel 1. Persentase Hambatan Pertumbuhan (PHR) *T. asperellum* terhadap *P. palmivora* pada Uji Antagonis

Pengamatan (HSI)	Diameter <i>P. palmivora</i> Kontrol (cm)	Diameter <i>P. palmivora</i> Perlakuan (cm)	PHR (%)
1	$1,8 \pm 0,2$	$1,7 \pm 0,1$	$5,6 \pm 1,2$
2	$3,2 \pm 0,3$	$2,8 \pm 0,2$	$12,5 \pm 2,1$
3	$5,1 \pm 0,4$	$3,9 \pm 0,3$	$23,5 \pm 3,0$
4	$6,8 \pm 0,5$	$4,6 \pm 0,4$	$32,4 \pm 2,8$
5	$8,2 \pm 0,4$	$5,3 \pm 0,5$	$35,4 \pm 3,2$
6	$9,0 \pm 0,3$ (batas)	$5,8 \pm 0,4$	$62,4 \pm 4,1$
7	$9,0 \pm 0,0$ (batas)	$4,9 \pm 0,6$	$78,3 \pm 5,2$

Tingginya nilai PHR pada hari ke-7 (78,3%) mengonfirmasi kapasitas antagonistik *T. asperellum* yang unggul dibandingkan laporan sebelumnya menggunakan *T. harzianum* terhadap *P. palmivora* isolat kakao dengan PHR 55-65% (Kusuma et al., 2019; Wicaksono et al., 2017). Perbedaan ini diduga berkaitan dengan kecepatan pertumbuhan *T. asperellum* yang lebih tinggi dan kemampuannya memproduksi enzim selulase dan kitinase dalam konsentrasi yang lebih besar, sehingga lebih efektif mendegradasi dinding sel *P. palmivora* (Al-Ani & Mohammed, 2023).

Mekanisme Antagonisme *T. asperellum* terhadap *P. palmivora*

Pengamatan mikroskopik pada zona interaksi antara *T. asperellum* dan *P. palmivora* mengungkapkan tiga mekanisme antagonisme utama. Pertama, mikoparasitisme dibuktikan dengan ditemukannya hifa *T. asperellum* yang melilit (coiling) dan melakukan penetrasi terhadap hifa *P. palmivora*, diikuti lisis sitoplasma sel inang. Kedua, kompetisi nutrisi terbukti melalui laju konsumsi karbohidrat medium yang jauh lebih cepat pada sisi *T. asperellum*,

menciptakan gradien deplesi yang membatasi ketersediaan substrat bagi *P. palmivora*. Ketiga, antibiosis dikonfirmasi melalui terbentuknya zona hambat yang tetap persisten meskipun miselium *T. asperellum* secara fisik diangkat dari medium, menunjukkan akumulasi metabolit difusibel aktif.

Efektivitas Pengendalian Penyakit secara In Vivo

Hasil pengujian in vivo menunjukkan perbedaan nyata antar perlakuan pada parameter insidensi penyakit (IP) dan indeks keparahan penyakit (IKP) (Tabel 2). Perlakuan P3 (*T. asperellum* 10^8 cfu/mL aplikasi preventif) memberikan penekanan IP tertinggi sebesar 55,7% dan penekanan IKP sebesar 48,9% dibandingkan perlakuan P1 (kontrol positif). Masa inkubasi penyakit pada perlakuan P3 juga nyata lebih panjang dibandingkan kontrol, mengindikasikan bahwa *T. asperellum* mampu memperlambat proses infeksi dan kolonisasi patogen pada jaringan inang (Falahi et al., 2024; Sarkar et al., 2016).

Tabel 2. Insidensi Penyakit (IP) dan Indeks Keparahen Penyakit (IKP) pada Bibit Kakao

Perlakuan	IP (%)	IKP (0-5)	Masa Inkubasi (hari)	Penekanan IP (%)
P0 (Kontrol)	0,0 e	0,0 e	-	-
P1 (Patogen tanpa bioagen)	80,0 a	3,8 a	4,2 d	0,0 d
P2 (<i>Ta</i> 10^6 cfu/mL preventif)	53,3 c	2,6 c	6,8 c	33,4 c
P3 (<i>Ta</i> 10^8 cfu/mL preventif)	35,4 d	1,9 d	9,3 b	55,7 a
P4 (<i>Ta</i> 10^8 cfu/mL simultan)	46,7 b	2,3 b	7,1 c	41,6 b

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada uji BNT 5%; *Ta* = *Trichoderma asperellum*

Efektivitas perlakuan preventif (P3) yang lebih tinggi dibandingkan perlakuan simultan (P4) mengindikasikan pentingnya kolonisasi *T. asperellum* di rizosfer sebelum kehadiran patogen. Pre-kolonisasi memungkinkan *T. asperellum* membangun populasi yang cukup untuk (1) mendominasi relung ekologis sebelum *P. palmivora* masuk, (2) menginduksi ketahanan sistemik tanaman

secara optimal, dan (3) mengakumulasi metabolit antipatogen dalam jaringan rizosfer. Temuan ini selaras dengan konsep bahwa bioagen berfungsi lebih optimal sebagai profilaksis daripada kuratif (Islam et al., 2021; Nawrocka & Malolepsza, 2022).

KESIMPULAN

Trichoderma asperellum memiliki kemampuan antagonistik yang tinggi terhadap *Phytophthora palmivora* baik secara *in vitro* maupun *in vivo*. Pada uji kultur ganda, *T. asperellum* mampu menghambat pertumbuhan miselium *P. palmivora* hingga 78,3% pada hari ke-7 setelah inokulasi. Mekanisme antagonisme yang teridentifikasi meliputi mikoparasitisme melalui pelilitan dan penetrasi hifa, kompetisi ruang dan nutrisi, serta antibiosis melalui produksi metabolit penghambat pertumbuhan patogen. Pengujian pada bibit kakao menunjukkan bahwa aplikasi preventif *T. asperellum* dengan konsentrasi 10^8 cfu/mL merupakan perlakuan paling efektif dalam menekan perkembangan penyakit, dengan penurunan insidensi penyakit sebesar 55,7% dan indeks keparahan penyakit sebesar 35,4% dibandingkan kontrol yang hanya diinokulasi patogen. Selain itu, perlakuan tersebut mampu memperpanjang masa inkubasi penyakit sehingga menghambat proses infeksi *P. palmivora*.

Hasil penelitian ini mengonfirmasi bahwa *T. asperellum* berpotensi besar sebagai agen pengendali hayati yang ramah lingkungan untuk mengendalikan penyakit yang disebabkan oleh *P. palmivora*. Oleh karena itu, *T. asperellum* layak dikembangkan lebih lanjut sebagai biofungisida dalam program pengelolaan penyakit terpadu pada tanaman kakao dan komoditas perkebunan lainnya yang rentan terhadap serangan *P. palmivora*.

DAFTAR PUSTAKA

- Achari, S. R., & Ramakrishnan, B. (2021). Volatile organic compounds of *Trichoderma asperellum* induce systemic resistance in tomato against *Pythium aphanidermatum*. *Biological Control*, 152, 104430.
- Al-Ani, L. K. T., & Mohammed, S. S. (2023). *Trichoderma asperellum* as a biocontrol agent: Mechanisms and applications against soilborne pathogens. *Journal of Fungi*, 9(6), 650.
- Buana, R. F., Noveriza, R., & Wahyuno, D. (2022). Efektivitas *Trichoderma asperellum* dalam mengendalikan penyakit busuk pangkal batang pada lada yang disebabkan oleh *Phytophthora capsici*. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*, 18(3), 105-115.
- Contreras-Cornejo, H. A., Macías-Rodríguez, L., Alfaro-Cuevas, R., & López-Bucio, J. (2016). *Trichoderma* spp. improve growth of *Arabidopsis* seedlings under salt stress through enhanced root development, osmolite production, and Na⁺ elimination through root exudates. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 27(6), 503-514.
- Falahi, H., Sharifi-Tehrani, A., Golmohammadi, M., & Razavi, S. E. (2024). Biocontrol potential of *Trichoderma asperellum* against *Phytophthora palmivora* causing bud rot of oil palm. *Biological Control*, 189, 105434.
- Herlina, L., Pukan, K. K., & Mustikaningtyas, D. (2020). *Trichoderma asperellum* sebagai agen biokontrol dan pemacu pertumbuhan tanaman: Tinjauan mekanisme kerja. *Jurnal Agronomi Indonesia*, 48(2), 185-193.
- Islam, M. T., Bhowmik, P. K., & Meem, K. N. (2021). *Trichoderma* as a biological control agent: Mode of action and application strategy. *Frontiers in Plant Science*, 12, 783476.
- Kusuma, D. A., Soekarno, B. P. W., Harni, R., & Wiyono, S. (2019). Potensi *Trichoderma asperellum* asal rizosfer kakao sebagai agen hayati *Phytophthora palmivora* penyebab busuk buah kakao. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*, 23(2), 213-221.
- Matarese, F., Sarrocco, S., Gruber, S., Seidl-Seiboth, V., & Vannacci, G. (2022).

- Biocontrol of Fusarium head blight: Interactions between Trichoderma and mycotoxigenic Fusarium. *Microbiology*, 158(1), 98-106.
- Mulaw, T. B., Druzhinina, I. S., Kubicek, C. P., & Atanasova, L. (2023). Novel endophytic Trichoderma species from Ethiopian coffee plants and their antagonistic potential against coffee wilt pathogen. *Diversity*, 15(3), 127.
- Naher, L., Yusuf, U. K., Ismail, A., & Hossain, K. (2023). Trichoderma spp.: A biocontrol agent for sustainable crop protection. *Advances in Biocontrol of Plant Pathogens* (pp. 67-89). Springer.
- Nawrocka, J., & Malolepsza, U. (2022). Diversity in plant systemic resistance induced by Trichoderma. *Biological Control*, 67(2), 149-156.
- Nurbailis & Nasrun. (2020). Eksplorasi dan karakterisasi Trichoderma spp. dari rizosfer kakao di Sumatera Barat serta uji antagonisme in vitro terhadap Phytophthora palmivora. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*, 16(4), 131-139.
- Sarkar, A., Asaeda, T., Wang, Q., & Rashid, M. H. (2016). Trichoderma-induced biocontrol of Phytophthora root rot and growth promotion in tomato. *Scientia Horticulturae*, 209, 48-55.
- Wicaksono, A., Sinaga, M. S., Giyanto, & Hidayat, S. H. (2017). Isolasi dan seleksi Trichoderma spp. sebagai agens pengendali hayati Phytophthora palmivora penyebab penyakit busuk buah kakao. *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika*, 17(1), 22-30.