

Potential of *Trichoderma harzianum* as Environmentally Friendly Natural Pesticides for Controlling *Phytophthora* in Duku Plants

Triyuni Verza Abdilla¹, Edenia Septefine Simamora¹, Zahra Dini Amelia¹, Putri Dwi Mulyani^{1*}

¹Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi, Jambi, Indonesia;

Article History

Received : March 25th, 2025

Revised : April 20th, 2025

Accepted : April 29th, 2025

*Corresponding Author: **Putri Dwi Mulyani**, Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi, Jambi, Indonesia;
Email: putri.dm@unja.ac.id

Abstract: Duku fruit production in Jambi has begun to decline, one of the causes is stem cancer. This stem cancer disease is caused by the fungus *Phytophthora* sp. The symptoms caused by this disease are dry and soft bark like cork, wilted leaves and falling off until the tree finally dies. The purpose of this study was to isolate *Phytophthora* sp., characterize the morphology of the pathogen and test the ability of *Trichoderma* to inhibit the growth of *Phytophthora* sp. The research was conducted by calculating the percentage of inhibition starting from sampling the organs of the duku plant and continuing to the isolation stage. The antagonistic test of *Phytophthora* sp. against *Trichoderma* was carried out using the dual culture method (dual culture). The results showed that *Phytophthora* sp. can be obtained from the bark of plants, with characteristics of colonies that are textured like cotton, white in color, round in shape with uneven edges. Microscopic observation of fungal isolates showed that *Phytophthora* sp. has morphological characteristics in the form of round-oval conidia, non-septate mycelium and branched conidiophores. *Trichoderma* has the ability to inhibit the growth of *Phytophthora* sp. with an inhibitory power of 63.52%.

Keywords: Duku, kanker batang, *Phytophthora* sp., *Trichoderma*.

Pendahuluan

Duku (*Lansium domesticum*) salah satu buah yang khas dari Indonesia. Buah ini hampir terdapat di seluruh wilayah Indonesia, mulai Aceh hingga Irian Jaya (Pehino *et al.*, 2021). Provinsi Jambi merupakan salah satu daerah penghasil buah duku terbesar di Indonesia. Enam kabupaten penghasil tertinggi di Provinsi Jambi adalah Merangin, Salorangun, Bungo, Tebo, Batang Hari, dan Muaro Jambi (Lizawati *et al.*, 2013). Namun produksi buah duku di Jambi sudah mulai menurun. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik, produksi buah duku pada tahun 2020 berjumlah sekitar 20.186 ton, sedangkan produksi buah duku pada tahun 2021 mengalami penurunan menjadi 18.072 ton. Turunnya produksi duku dapat terjadi karena beberapa faktor, salah satunya yaitu karena penyakit menyerang buah duku sehingga

menurunkan produksi buahnya. Salah satu penyakit yang banyak menyerang tanaman duku di Muaro Jambi yaitu kanker batang. Gejala yang ditimbulkan penyakit ini yaitu kulit batang mengering dan lunak seperti gabus, layu daun serta berguguran hingga akhirnya pohon tersebut mati. Penyakit kanker batang ini disebabkan oleh jamur *Phytophthora* sp.

Jamur sebagai mikroba menjadi masalah serius bagi berbagai jenis tanaman karena kemampuannya sebagai patogen yang dapat menyebabkan kerusakan pada struktur anatomi dan morfologi tanaman, yang berdampak pada hasil produksi yang diharapkan (Sastrahidayat, 2017). Jamur *Phytophthora* sp. merupakan jamur patogen yang menyebabkan penyakit tanaman. Jamur ini menyerang tanaman pada berbagai fase pertumbuhannya. *Phytophthora* sp. dikenal sebagai fitopatogen karena kemampuannya menyerang tanaman dengan

cara menyerang substrat atau inang hidupnya. Proses infeksi terjadi ketika cendawan ini mengeluarkan toksin dalam kondisi lingkungan yang mendukung (Triana et al., 2019).

Phytophthora sp. dikenal karena kemampuannya menghasilkan banyak sporangia, yang dapat berkecambah baik secara langsung maupun tidak langsung dengan membentuk zoospora. Kondisi lingkungan sangat memengaruhi proses ini, dengan kelembaban dan suhu menjadi faktor utama yang menentukan keberlanjutannya. Meskipun jumlah inokulum awal terbatas, *Phytophthora* sp. tetap menunjukkan potensi perkembangan yang pesat, yang didukung oleh tingginya kelembaban dan suhu yang sesuai (Handoko et al., 2013).

Penanggulangan penyakit kanker batang memerlukan tindakan efektif untuk menekan atau menghentikan aktivitas jamur *Phytophthora* sp. sebagai patogen utama. Beberapa usaha dapat dilakukan untuk menghambat pertumbuhan patogen pada tanaman, misalnya membuang atau memotong organ tanaman yang terserang penyakit, serta menggunakan pestisida sintesis. Namun, pemotongan organ tanaman yang terserang tidak berhasil karena jamur patogen menyerang tanaman melalui jaringan tanaman tersebut sehingga memungkinkan bahwa penyebaran dapat berkembang cepat, sedangkan penggunaan pestisida sintesis yang berlebihan dan terus menerus akan dapat menyebabkan masalah bagi lingkungan, tanaman dan kesehatan manusia (Dhaifulloh et al., 2024).

Upaya pengendalian kanker batang harus difokuskan pada penekanan aktivitas jamur patogenik *Phytophthora* sp. secara efektif. Berdasarkan penelitian oleh Armila et al, (2019), *Trichoderma* sp. adalah salah satu jamur antagonis yang paling umum diterapkan sebagai agen biokontrol, berkat kemampuannya yang efektif dalam mengurangi pertumbuhan patogen. *Trichoderma* sp. adalah cendawan antagonis paling umum ditemukan di tanah, sehingga sering digunakan dalam pengendalian patogen tanah (Rahma et al., 2022). Penelitian yang dilakukan oleh Purwantisari et al, (2008), menjelaskan bahwa *Trichoderma* sp. memiliki

aktivitas antagonistik yang signifikan terhadap pertumbuhan *Phytophthora infestans*.

Penyakit kanker batang pada tanaman duku yang semakin marak terjadi, maka perlu dilakukan penelitian untuk penanganan secara ramah lingkungan. Adapun tahapan awal yang harus dilakukan yaitu mendapatkan isolat murni dari *Phytophthora* sp. untuk mempermudah pengujian penghambat atau pencegahan *Phytophthora* sp. secara laboratorium. Sebagai data tambahan dilakukan Uji Antagonis *Phytophthora* sp. terhadap agen hayati *Trichoderma*. Cendawan antagonis paling umum diaplikasikan sebagai agen pengendali hayati adalah genus *Trichoderma*.

Memerangi agen biologis hemat biaya, ramah lingkungan dan tidak meninggalkan residu. Menurut penelitian Sundari et al, (2014), mengungkapkan bahwa *Trichoderma* sp. menunjukkan daya tahan yang signifikan terhadap *Diplodia* sp., jamur yang menyebabkan penyakit busuk batang pada jeruk siam (*Citrus nobilis*). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah *Trichoderma harzianum* dapat mengendalikan pertumbuhan jamur pathogen *Phytophthora* sp. Penyebab kanker batang pada tanaman duku.

Bahan dan Metode

Waktu dan tempat penelitian

Penelitian dilakukan pada Juli sampai Agustus 2024 di laboratorium Pengamatan Hama Penyakit Sungai Tiga, Mestong, Muaro Jambi.

Alat dan bahan

Penelitian ini menggunakan berbagai alat, antara lain cawan petri, jarum ose, autoklaf, *Laminar Air Flow Cabinet* (LAFC), *hotplate*, pinset, *cork borer*, timbangan analitik, beaker glass, gelas ukur, bunsen, spatula, *cover glass*, kaca preparat, dan mikroskop. Bahan yang akan digunakan pada penelitian ini yaitu, isolat pathogen *Phytophthora* sp. yang diambil dari organ (kulit, ranting, daun) tanaman duku di daerah Kumpeh ulu dan Sekernan, Kabupaten Muaro Jambi, media PDA, aquades, kertas label, tisu, alkohol 70% dan Clorox 1%.

Metode penelitian

Isolasi *Phytophthora* sp.

Proses pengisolasian patogen yang berasal dari tanaman duku dimulai dengan melakukan pemotongan organ tanaman berukuran 1x1 cm, kemudian merendamnya kedalam alkohol 70% selama 1 menit, Clorox 2 menit, dan alkohol 70% kembali 30 detik. Setelah dibilas dengan aquades steril sebanyak tiga kali dan dikeringkan dengan tisu, potongan organ ditempatkan kedalam cawan petri yang berisi medium PDA untuk diinkubasi selama 7 hari. Koloni yang tumbuh kemudian diisolasi dengan jarum ose ke cawan petri baru untuk mendapatkan biakan murni (Hayati & Wiyono, 2019).

Karakterisasi *Phytophthora* sp.

Morfologi *Phytophthora* sp. diamati dengan mengambil isolat murni secara aseptis. Pengamatan makroskopis dilakukan pada isolat dalam cawan petri, sementara pengamatan mikroskopis dilakukan dengan menempatkan isolat pada kaca preparat, menambahkan aquades steril, menutupnya dengan cover glass, dan mengamatnya dengan mikroskop pada perbesaran 100x. Identifikasi dilakukan dengan membandingkan hasil pengamatan dengan literatur terkait.

Uji Antagonis

Kemampuan antagonisme diuji menggunakan metode biakan ganda, di mana potongan biakan murni jamur yang disiapkan dengan *cork borer* steril dipindahkan ke permukaan medium PDA antara jamur patogen dan jamur antagonis, kemudian diinkubasi dengan suhu 25°-27°C dengan waktu 7 hari. Pengukuran daya penghambatan dilakukan dengan menghitung jarak antara koloni cendawan patogen yang mendekati atau menjauhi koloni cendawan antagonis menggunakan jangka sorong, setelah inkubasi 9 hari. Data selanjutnya dihitung mengikuti Halwiyah et al., (2019) persamaan 1.

$$\text{Daya Hambat} = \frac{r_1 - r_2}{r_1} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan :

r_1 = jarak dari pusat cakram miselium jamur patogen menjauhi koloni jamur antagonis,

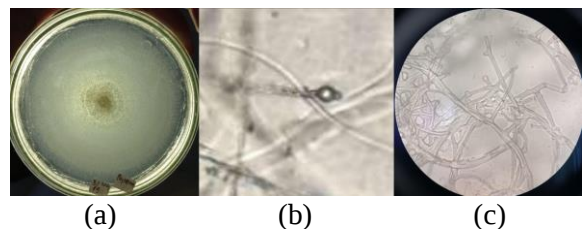
r_2 = jarak dari pusat cakram miselium jamur patogen mendekati koloni jamur antagonis. Penilaian daya hambat dilakukan dengan empat kategori: 1 (rendah) untuk 1-25%, 2 (sedang) untuk 26-50%, 3 (tinggi) untuk 51-75%, dan 4 (sangat tinggi) untuk 76-100% (Zivkovic et al., 2010).

Setelah didapatkan hasil perhitungan daya hambat, dilakukan pengamatan mekanisme antagonisme (interaksi kedua mikroorganisme) dengan diambil satu ose hifa jamur patogen yang kontak dengan jamur antagonis, diletakkan di kaca preparat steril, ditetaskan satu tetes aquades steril, diletakkan hifa pada aquades dan ditutup menggunakan *coverglass*. Pengamatan dilakukan menggunakan mikroskop pada perbesaran 100x.

Hasil dan Pembahasan

Hasil Isolasi *Phytophthora* sp.

Isolat jamur *Phytophthora* sp. diambil dari hasil eksplorasi tanaman duku yang terserang kanker batang di wilyah Kumpeh Ulu, Muaro Jambi. Setelah diamati, diketahui bahwa *Phytophthora* sp. dikarakteristikan dengan ciri morfologi koloni berwarna putih seperti kapas, berbentuk bulat dengan tepi tidak rata, serta adanya garis radial pada koloni. Sementara karakter mikroskopis jamur yang teramati berupa konidia berbentuk bulat lonjong, miselium tidak bersepat dan konidiofor bercabang. Gambar berikut merupakan hasil isolasi dari bagian kulit batang tanaman duku.

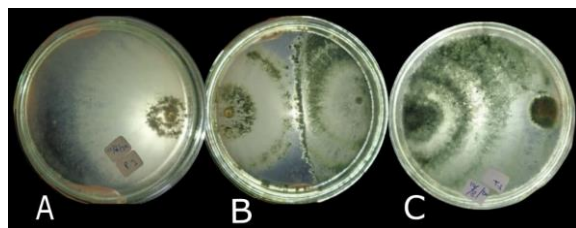


Gambar 1. Morfologi *Phytophthora* sp. (A) Isolat, (B) Sporangiofor, (C) Hifa (Perbesaran 100x)

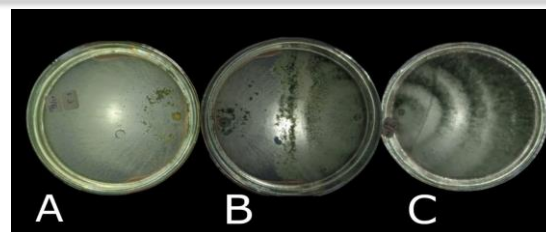
Hasil uji antagonis jamur *Trichoderma harzianum* dan *Phytophthora* sp.

Penelitian ini mengimplementasikan metode biakan ganda dalam menguji daya antagonis. Tujuan dari uji antagonis ini untuk mengevaluasi kemampuan *Trichoderma harzianum* dalam menghambat perkembangan

pertumbuhan jamur *Phytophthora* sp. secara *in vitro*. Gambar berikut menunjukkan hasil dari pengujian antagonis yang diperoleh.



Gambar 2. Uji Antagonis Pengulangan Ke-1 di hari ke-9 (A) *Phytophthora* sp. (kontrol), (B) Uji Antagonis, (C) *T.harzianum* (kontrol)



Gambar 3. Uji Antagonis Pengulangan Ke-2 di hari ke-9 (A) *Phytophthora* sp. (kontrol), (B) Uji Antagonis, (C) *T.harzianum* (kontrol) Perhitungan daya hambat dilakukan dengan mengambil data jari-jari jamur patogen. Tabel berikut merupakan hasil pengukuran jari-jari jamur antagonis dan patogen.

Tabel 1. Panjang Jari – Jari r_1 dan r_2 koloni

Ulangan	H1		H2		H3		H4		H5		H6		H7		H8		H9	
	r_1	r_2	r_1	r_2	r_1	r_2	r_1	r_2	r_1	r_2	r_1	r_2	r_1	r_2	r_1	r_2	r_1	r_2
1	2,3	1,5	4,8	4	7,2	4,4	8,5	4,2	8,5	3,9	8,5	4,2	8,5	3,8	8,5	3,8	8,5	3,8
2	2,1	1,4	4,3	4,1	7	4,4	8,5	4,6	8,5	4,3	8,5	3,8	8,5	3,8	8,5	3,5	8,5	3,1
Rata-rata	2,2	1,4	4,5	4,05	7,1	4,4	8,5	4,4	8,5	4,1	8,5	4	8,5	3,8	8,5	3,6	8,5	3,4

Berdasarkan pengukuran Panjang r_1 dan r_2 yang telah dilakukan, maka bisa ditentukan nilai presentase daya hambat (DH). Nilai DH yang

didapatkan dari kedua koloni pengulangan dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Presentase Daya Penghambatan *Trichoderma harzianum* terhadap *Phytophthora* sp.

Ulangan	DH %								
	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9
1	34,78	16,66	38,88	50,58	54,11	50,58	50,58	50,58	50,58
2	33,33	4,65	37,14	45,88	49,41	55,29	55,29	58,82	63,52
Rata-Rata	34	10,65	38,01	48,23	51,76	52,93	52,93	54,7	57,05

Pengamatan interaksi kedua jamur dilihat menggunakan mikroskop dengan perbesaran 100x. Antagonisme merupakan mekanisme suatu mikroorganisme melakukan penghambatan terhadap patogen dengan memproduksi senyawa antibiotik. Gambar berikut merupakan bentuk interaksi dari kedua jamur.



Gambar 4. Bentuk interaksi (X) jamur *T. harzianum* (T) terhadap *Phytophthora* sp. (P) dibawah mikroskop dengan perbesaran 100x

Pembahasan

Hasil Isolasi *Phytophthora* sp.

Berdasarkan hasil isolasi, karakter makroskopis yang teramati dari *Phytophthora* sp. (Gambar 1) ciri morfologi koloni yang diamati meliputi tekstur seperti kapas, warna putih, bentuk bulat dengan tepi yang tidak teratur, serta adanya pola garis radial pada permukaan koloni. Sementara karakter mikroskopis jamur yang teramati berupa konidia berbentuk bulat lonjong, miselium tidak bersepat dan konidiofor bercabang. Data ini menunjukkan bahwa jamur yang sudah diisolasi merupakan *Phytophthora* sp. Hal ini sejalan pada temuan oleh Muzuni et al, (2020), bahwa isolat jamur dari genus *Phytophthora* dapat dikenali melalui morfologi koloni yang berbentuk bulat

berwarna putih, dengan tepi yang tidak teratur, adanya zonasi, dan garis radial di permukaan koloni. Penelitian Afriati et al., (2022), juga menyatakan bahwa secara mikroskopis diketahui, *Phytophthora palmivora* memiliki koloni berwarna putih, konidia berbentuk bulat agak oval dan hifa bersepta. Pengamatan sporangium yang dilakukan Komalasari et al., (2018), bentuk sporangium *Phytophthora* bervariasi, diantaranya elips, ovoid, obpyriform, globase dan disorted. Klamidiospora berbentuk bulat dengan ukuran berkisar antara 26,7-47,6 µm dan berada pada ujung hifa. Pada penelitian yang didapatkan, hanya terdapat morfologi klamidiospora dengan bentuk bulat dan berada pada ujung hifa.

Hasil Uji Antagonis Jamur *Trichoderma harzianum* dan *Phytophthora* sp.

Hasil pengamatan pada uji antagonis antara *T.harzianum* dan *Phytophthora* sp. menunjukkan bahwa laju pertumbuhan *Phytophthora* sp. sangat cepat daripada *T.harzianum*. Daya hambat yang dihasilkan *T.harzianum* di hari ke-9 pada tabel 2 sebesar 63,52% (tinggi) dengan rata-rata DH 57,05%. Pada hasil penelitian Cikita et al., (2016), hasil uji antagonis selama 7 hari Jamur *Trichoderma harzianum* terhadap *Phytophthora palmivora* sebesar 67.63%. Menurut Purwantisari et al., (2008), *Trichoderma* spp. adalah jamur parasit yang menyerang dan menyerap nutrisi untuk jamur lain. *Trichoderma* spp. mampu untuk memarasit ke jamur patogen tanaman dan memiliki sifat antagonis, yaitu dapat mematikan atau menghambat pertumbuhan jamur lainnya.

Gambar 4 menunjukkan bahwa adanya hifa *Trichoderma harzianum* yang melilit hifa *Phytophthora* sp. Mekanisme kerja jamur *Trichoderma harzianum* terhadap jamur *Phytophthora* sp. adalah mikoparasit. Sejalan dengan temuan yang dilaporkan oleh Rahmawati et al., (2018), mekanis antagonisme dari *Trichoderma* spp. pada patogen mencakup kompetisi, mikoparasit, dan antibiosis. Mikoparasit terjadi ketika hifa *Trichoderma* spp. menempel, membelit, dan menembus hifa patogen.

T. harzianum adalah jamur antagonis bersifat saprofit yang mempunyai keahlian untuk hidup di banyak jenis tanah dan lingkungan. (Ainy et al., 2015). Pertumbuhan jamur ini dipengaruhi pada beberapa penyebab, seperti pH tanah, tingkat aerasi, dan ketersediaan sumber nutrisi. Jamur ini cenderung berkembang dengan baik pada pH

rendah dan dalam kondisi lembab, yang menciptakan lingkungan yang ideal untuk pertumbuhannya. Dengan demikian, pengelolaan faktor-faktor ini sangat penting untuk memaksimalkan potensi *Trichoderma* dalam aplikasi pertanian dan pengendalian patogen (Khairul et al., 2018)

T. harzianum dikenal mempunyai aktivitas antijamur lebih kuat dibandingkan dengan spesies *Trichoderma* lainnya serta dapat menghasilkan enzim litik dan antifungal antibiotik, serta bersaing dengan jamur patogen, yang pada gilirannya mendukung pertumbuhan tanaman (Cikita et al., 2016). *T. Harzianum* dapat menghasilkan berbagai antibiotik, termasuk peptaibol yang akan bekerja selaras dengan enzim β (1,3) glukase, serta senyawa 3 (2-hidroksipropi)-4-(2-heksadienil)-2(5H) furanon yang berupaya dalam penghambatan tumbuh jamur patogen. Selain itu, senyawa alkali piron yang bersifat fungistatis juga diproduksi. Asam amino bebas seperti asam glutamat, asam aspartat, leusin, alanin, dan valin turut mengurangi tingkat patogenitas pada jamur patogen. (Mukarlina et al., 2013). Ciri mikroskopis utama *T. harzianum* meliputi konidiofor tegak lurus, bercabang dan bersifat hialin, serta konidia yang berbentuk oval. Selain itu, fialid jamur ini bersifat tunggal, pendek, dan tebal, yang merupakan karakteristik penting dalam identifikasi mikroskopisnya. Morfologi makroskopis *T.harzianum* permukaan berwarna hijau tua dan memiliki batas yang jelas antar tepi koloni (Amalia & Elviantari, 2023).

Pertumbuhan jamur patogen yang terhambat diduga akibat pengaruh *Trichoderma* spp. yang menghambat perkembangan *P. palmivora* melalui berbagai mekanisme, seperti mikoparasitisme, antibiosis, dan kompetisi. Menurut Uruilal et al., (2017), penekanan yang dilakukan oleh *Trichoderma* spp. terjadi melalui mekanisme mikoparasitisme, yang mengakibatkan pelisisan hifa jamur patogen, serta pertumbuhan yang lebih agresif dibandingkan patogen tersebut. Tingkat kompetisi yang tinggi dari *Trichoderma* spp. memungkinkan jamur ini untuk dengan cepat menguasai ruang, nutrisi, dan gas, menyebabkan patogen tidak mendapatkan asupan dan akhirnya mati.

Mikoparasitisme jamur antagonis terjadi ketika *T.harzianum* tumbuh dengan cepat menuju *P. palmivora*, diikuti dengan produksi enzim yang menekan pertumbuhan jamur patogen. Nurfianti & Umrah (2019), dinyatakan bahwa *Trichoderma* spp.

memiliki kemampuan untuk memproduksi enzim kitinase yang sangat efektif jika dibandingkan dengan kitinase organisme lain, sehingga dapat menghambat pertumbuhan berbagai jamur patogen pada tanaman. Selain itu, *Trichoderma harzianum* memiliki sifat hiperparasit yang memungkinkan untuk mengendalikan pertumbuhan *P. palmivora*. Berdasarkan temuan Purwantisari & Hastuti (2012) dalam Dewi et al., (2015), jamur yang tumbuh dengan cepat dapat menguasai ruang secara lebih efektif, sehingga pada akhirnya dapat menekan pertumbuhan lawannya.

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa jamur dengan Genus *Phytophthora* memiliki ciri morfologi koloni berwarna putih seperti kapas, bentuk bulat dengan tepi tidak rata, konidia berbentuk bulat lonjong, miselium tidak bersepat dan konidiofor bercabang. Jamur *Phytophthora* dapat diisolasi dari kulit batang tanaman yang terinfeksi. Dalam upaya pengendalian menggunakan agen hayati, *Trichoderma harzianum* dapat menekan pertumbuhan *Phytophthora* dengan daya hambat sebesar 63,52% (tinggi).

Ucapan Terima Kasih

Peneliti mengucapkan terima kasih untuk semua pihak dan instansi yang telah memberikan bantuan selama proses penelitian, khususnya kepada pihak Laboratorium Pengamatan Hama Penyakit Tanaman Sungai Tiga yang telah menyediakan fasilitas selama penelitian ini berlangsung.

Referensi

- Afriati, N., Parawansa, A. K., & Haris, A. (2022). Isolasi Dan Morfologi Cendawan *Phytophthora Palmivora* Butl Pada Batang Kakao (*Theobromae cacao* L). *AGrotekMAS Jurnal Indonesia: Jurnal Ilmu Peranian*, 2(2), 16–22. <https://doi.org/10.33096/agrotekmas.v2i2.187>
- Ainy, E. Q., Ratnayani, R., & Susilawati, L. (2015). Uji Aktivitas Antagonis *Trichoderma Harzianum* 11035 Terhadap *Colletotrichum capsici* TCKR2 dan *Colletotrichum acutatum* TCK1 Penyebab Antraknosa pada Tanaman Cabai. *Prosiding Seminar Nasional XII Pendidikan Biologi FKIP UNS. Surakarta, 8 Agustus 2017.*, 892–897.
- Amalia, N. A., & Elviantari, A. (2023). Eksplorasi Dan Isolasi *Trichoderma* Spp. Pada Rizosfer Kopi Robusta di beberapa Kecamatan Sumbawa. *Biomaras*, 1(1), 13–20.
- Armila, Z., Ambar, A. A., Ilmi, N., Harsani, & Rahim, I. (2019). Potensi Jamur *Trichoderma* sp. Dalam Pengendalian *Phytophthora palmivora* Secara In Vitro. *Prosiding Seminar Nasional 2019*, 2, 26–27.
- Cikita, D., Khotimah, S., & Linda, R. (2016). Uji antagonis *Trichoderma* spp. terhadap *Phytophthora palmivora* Butl. penyebab penyakit busuk buah Kakao (*Theobroma cacao* L.). *Jurnal Protobiont*, 5(3), 59–65. <http://jurnal.untan.ac.id/index.php/jprb/article/download/17016/14560>
- Dewi, A. L., Oktavianingsih, L., & Sudrajat. (2015). Identifikasi Cendawan Mikroskopis yang Berasosiasi dengan Penyakit Busuk Pangkal Batang Tanaman Lada (*Piper nigrum* L.) di Desa Batuah Kecamatan Loa Janan Kutai Kartanegara. *Prosiding Seminar Tugas Akhir FMIPA UNMUL 2015*, 12(4), 132–142.
- Dhaifulloh, A. D., Khayumi, B. I., Legawa, D. T., Muhammad, K. A. A., & Radianto, D. O. (2024). Dampak Penggunaan Pestisida Kimia Terhadap Kualitas Tanah dan Air Sungai di Daerah Pertanian. *Jurnal Publikasi Rumpun Teknik*, 2(2), 3031–5026. <https://doi.org/10.61132/venus.v2i2.280>
- Halwiyah, N., Ferniah, R. S. F., Raharjo, B., & Purwantisari, S. (2019). Uji Antagonisme Jamur Patogen *Fusarium solani* Penyebab Penyakit Layu pada Tanaman Cabai dengan Menggunakan *Beauveria bassiana* Secara In Vitro. *Jurnal Akademika Biologi*, 8(2), 8–17.
- Handoko, S., Hadisutrisno, B., Wibobo, A., & Widada, J. (2013). Peranan Unsur Cuaca Terhadap Perkembangan Penyakit Kanker Batang Duku Di Jambi. *Jurnal Budidaya Pertanian*, 9(2), 64–71.
- Hayati, I., & Wiyono, S. (2019). *Kepadatan*

- Penyakit Phytophthora palmivora* Botol Akar Bibit Duku (*Lansium domesticum*).
Khairul, I., Montong, V. B., & Ratulangi, M. M. (2018). Uji Antagonisme *Trichoderma* sp. terhadap *Colletotrichum capsici* Penyebab Penyakit Antraknosa pada Cabai Kering Secara In Vitro. *Cocos*, 1(2), 1–8.
- Komalasari, I., Suryanti, S., & Hadisutrisno, B. (2018). Identification of the Causal Agent of Cocoa Pod Rot Disease from Various Locations. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*, 22(1), 13. <https://doi.org/10.22146/jpti.24728>
- Lizawati, Budiayathi Ichwan, Gusniwati, Neliyati1, M. Z. (2013). Fenologi Pertumbuhan Vegetatif Dan Generatif Tanaman Duku Varietas Kumpuh Pada Berbagai Umur. 2(1), 16–26.
- Mukarlina, Khotimah, S., & Rianti, R. (2013). Uji Antagonis *Trichoderma harzianum* terhadap *Fusarium* spp. Penyebab Penyakit Layu pada Tanaman Cabai (*Capsicum annum*) secara in Vitro. *Jurnal Fitomedika*, 7(2), 80–85.
- Muzuni, Haidin dan N.A.Yanti. 2020. Karakterisasi Morfologi *Phytophthora* sp. Asal Buah Kakao Desa Olo-oloho, Kabupaten Konawe, Sulawesi Tenggara. *BioWallacea : Jurnal Penelitian Biologi*. Vol 7 (1) : 1064-1069.
- Nurfianti, & Umrah. (2019). Pengamatan Gejala Infeksi *Phytophthora palmivora* Penyebab Penyakit Busuk Buah Pada Kakao. *Biocelebes*, 13(3), 253–261. <https://doi.org/10.22487/bioceb.v13i3.14969>
- Pehino, A., Fatimawali, F., & Suoth, E. J. (2021). Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Biji Buah Duku *Lansium domesticum* Terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus* Dan *Escherichia coli*. *Pharmakon*, 10(2), 818. <https://doi.org/10.35799/pha.10.2021.34030>
- Purwantisari, S., & Hastuti, R. B. (2012). Isolasi dan Identifikasi Jamur Indigenous Rhizosfer Tanaman Kentang dari Lahan Pertanian Kentang Organik di Desa Pakis, Magelang. *Bioma : Berkala Ilmiah Biologi*, 11(2), 45. <https://doi.org/10.14710/bioma.11.2.45-53>
- Purwantisari, S., RS, F., & B, dan R. (2008). Pengendalian Hayati Penyakit Lodoh (Busuk Umbi Kentang) dengan Agens Hayati Jamur-jamur Antagonis Isolat Lokal. *Bioma*, 10(2), 13–19.
- Rahma, A. A., Zakariyya, F., & Aldini, G. M. (2022). Aplikasi *Trichoderma* sp. Terhadap Serangan Phytophthora palmivora Pada Media Tanam Campuran Kulit Buah Kakao Kering Untuk Pembibitan Kakao. *National Multidisciplinary Sciences*, 1(2), 194–203. <https://doi.org/10.32528/nms.v1i2.55>
- Rahmawati, D., Yanuarsih, N., & Hastuti, U. S. (2018). Kajian Daya Antagonisme Kapang *Trichoderma* spp. terhadap *Colletotrichum capsici* dan *Erysiphe cichoracearum* Secara In Vitro. *Proceeding Biology Education Conference*, 15(1), 848–852.
- Santoso, P. J. (2015). Karakteristik Empat Cendawan Patogen pada Durian : *Phytophthora palmivora*. *Balai Penelitian Tanaman Buah Tropika*, 59–64.
- Sastrahidayat, I. R. 2017. *Penyakit Tumbuhan yang Disebabkan oleh Jamur*. Universitas Brawijaya Press, Malang.
- Sundari, A., Khotimah, S., & Linda, R. (2014). Daya Antagonis Jamur *Trichoderma* sp. Terhadap Jamur *Diplodia* sp. Penyebab Busuk Batang Jeruk Siam (*Citrus nobilis*). *Protobiont*, 3(2), 106–110.
- Triana, V., Lukiwati, D. R., Sciences, A., & Campus, T. (2019). Efektivitas Antagonisme *Trichoderma virens* Terhadap Fitopatogen *Phytophthora palmivora* Pada Tanaman Kakao (*Theobroma cacao* L.). *Jurnal Pertanian Tropik*, 6(2), 262–269.
- Uruilal, C., Talahaturuson, A., Rumahlewang, W., & Patty, J. (2017). ISOLASI *Trichoderma* spp. dan Daya Antagonismenya Terhadap *Sclerotium rolfsii* sacc. Penyebab Penyakit Layu Pada Tanaman Cabai (*Capsicum Anuum*) Secara In-Vitro. *Jurnal Budidaya Pertanian*, 13(2), 64–67. <https://doi.org/10.30598/jbdp.2017.13.2.64>
- Zivkovic, S., S.Stojanovic., Z.Ivanovic., V.Gavrilovic., T.Popovic dan J.Balaz. (2010). Screening Of Antagonistic Activity Of Microorganisms Against *Colletotrichum acutatum* and

Colletotrichum gloeosporioides. Archives
of Biological Sciences. Vol 62 (3) : 611-

623.