

BOOK CHAPTER

KETAHANAN PANGAN LOKAL MELALUI REKAYASA TEKNOLOGI BUDIDAYA TANAMAN DAN PENGOLAHAN PANGAN



BAHAN

Dipanaskan sambil diaduk
hingga ($T=70^{\circ}\text{C}$)

Diturunkan suhunya hingga
($T=40^{\circ}\text{C}$)

dituang di dalam wadah

ditambahkan pencampuran starter yoghurt
(biokul 5% ; 10%)

wadahnya kemudian bungkus
dengan plastik hitam

Diinkubasi selama 2 hari

PRODUK

**PUSAT STUDI PANGAN DAN PERIKANAN
DIREKTORAT RISET DAN PENGABDIAN MASYARAKAT
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SIDOARJO**



UMSIDA PRESS

BOOKCHAPTER

**KETAHANAN PANGAN LOKAL
MELALUI REKAYASA TEKNOLOGI BUDIDAYA
TANAMAN DAN PENGOLAHAN PANGAN**

**PUSAT STUDI PANGAN DAN PERIKANAN DIREKTORAT
RISET DAN PENGABDIAN MASYARAKAT UNIVERSITAS
MUHAMMADIYAH SIDOARJO**

BOOK CHAPTER

**KETAHANAN PANGAN LOKAL MELALUI
REKAYASA TEKNOLOGI BUDIDAYA TANAMAN
DAN PENGOLAHAN PANGAN**

Book Chapter

KETAHANAN PANGAN LOKAL MELALUI REKAYASA TEKNOLOGI BUDIDAYA TANAMAN DAN PENGOLAHAN PANGAN

Editor

Sutarman

Ida Agustini Saidi

Peneliti Pusat Studi Pangan dan Perikanan
Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat
Universitas Muhammadiyah Sidoarjo

Diterbitkan oleh

UMSIDA PRESS

P3I Universitas Muhammadiyah Sidoarjo Kampus 1
Universitas Muhammadiyah Sidoarjo
Jl. Mojopahit 666 B Sidoarjo, Jawa Timur, Indonesia
Telp. +62 31 8945444
Fax+62318949333
<https://p3i.umsida.ac.id>

ISBN: 978-623-464-090-8

Copyright©2024

PSPPUMSIDA

Allrightsreserved

Hak cipta dilindungi undang-undang.
Dilarang memperbanyak atau memindahkan sebagian atau seluruh isi buku ini ke dalam bentuk apapun, secara elektronik, maupun mekanis, termasuk fotokopi, merekam, atau dengan teknik perekaman lainnya, tanpa izin tertulis dari penerbit.
[Berdasarkan UU No. 19 Tahun 2000 tentang Hak Cipta Bab XII Ketentuan Pidana, Pasal 27, Ayat (1), (2), dan (6)]

APLIKASI BIOFETRILIZER TRICHODERMA UNTUK BUDIDAYA TANAMAN PADA LAHAN BASAH

Application Of Trichoderma Biofetrilizer for Plant Cultivation in Suboptimal Wetlands

Rico AgusPrianto¹, Alan Hendrawan¹, Dini eka¹, Muhammad Nuril Iman¹, Muhammad Abror²,
Sutarman^{2*}

¹Program Studi Agroteknologi, Fakultas Sains dan Teknologi-
Universitas Muhammadiyah Sidoarjo
Jl. Raya Candi No. 250, Gelam-Candi, Sidoarjo-Indonesia

²Pusat Studi Pangan dan Perikanan, Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat-
Universitas Muhammadiyah Sidoarjo
Jl. Mojopahit 666B, Sidoarjo-Indonesia

*Corresponding author: sutarman@umsida.ac.id

Abstract. The use of Trichoderma fungal biological agents as biofertilizers has the potential to improve soil conditions and also increase plant health protection from physical, chemical and biological stress. Therefore, the application of Trichoderma biological agents has great potential to increase plant sustainability and yield. This research aims to find Trichoderma biological agent fungi that can be used for plant cultivation in suboptimal wetlands. The methods used include isolation and determination of biological agents, formulation of biological fertilizers, testing the performance of biological agents, and projecting their use as biofertilizers for cultivating dry land vegetable crops. The results of the determination of the biological agent were Trichoderma sp. isolate Tc-42, a bulk solid formulation of Trichoderma in biokar as an effective carrier material increases height growth and number of chili leaves. The isolate has the potential to be used in the form of fertilization both through the soil and plant crowns in suboptimal wetlands. The involvement of farmer groups in collaboration with the Microbiology and Biotechnology Laboratory and the Agrotechnology Study Program at Muhammadiyah Sidoarjo University provides good prospects for realizing and maintaining local food security.

Keywords: *Biological agent, biofertilizer, suboptimal wetlands, Trichoderma*

Abstrak. Penggunaan agen hayati jamur Trichoderma sebagai biofertilizer berpotensi untuk memperbaiki kondisi tanah dan juga meningkatkan perlindungan kesehatan tanaman dari cekaman fisik kimia dan biologi. Oleh karena itu, aplikasi agensia hayati Trichoderma berpotensi besar untuk meningkatkan keberlanjutan dan hasil tanaman. Penelitian ini bertujuan menemukan fungi agen hayati Trichoderma yang dapat dimanfaatkan bagi budi daya tanaman di lahan basah sub optimal. Metode yang digunakan meliputi isolasi dan determinasi agen hayati, formulasi pupuk hayati, pengujian keragaman agen hayati, dan melakukan proyeksi penggunaan pemanfaatannya sebagai biofertilizer untuk budidaya tanaman sayuran lahan kering. Hasil determinasi agen hayati adalah Trichoderma sp. isolate Tc-42, formulasi curah padatan Trichoderma dalam biokar sebagai bahan pembawa efektif ini meningkatkan pertumbuhan tinggi dan jumlah daun cabe. Isolat berpotensi digunakan dalam bentuk pemupukan baik lewat tanah maupun tajuk tanaman di lahan basah suboptimal. Pelibatan kelompok tani yang bekerja sama dengan Laboratorium Mikrobiologi dan Bioteknologi serta Prodi Agroteknologi Universitas Muhammadiyah Sidoarjo memberikan prospek yang baik bagi pewujudan dan pemeliharaan ketahanan pangan lokal.

Kata kunci: Agen hayati, biofertilizer, lahan basah suboptimal, Trichoderma

PENDAHULUAN

Padi sawah sangat membutuhkan ketersediaan air yang tinggi[1], demikian juga tanaman sayuran dan beberapa tanaman penggilir dalam system budidaya padi menuntut kecukupan air. Untuk itu diperlukan irigasi untuk menjamin kecukupan suplai khususnya pada musim kemarau [2]. Di lain pihak pada lahan dengan padi sebagai komoditas utama yang dibudidayakan sering mengalami kondisi salinisasi akibat air irigasi[3]. Ketersediaan air sepanjang waktu di banyak wilayah di Indonesia justru berdampak negative kelestarian produksi padi sawah itu sendiri karena muncul penurunan kesuburan tanah akibat autofikasi dan penurunan pH [4]. Kondisi serupa juga terjadi pada lahan kering yang biasa digunakan untuk budidaya tanaman bukan padi sawah. Kemasaman tanah, rendahnya bahan organik, dan keracunan logam di antara Fe dan Al juga menjadi ancaman rendahnya produksi bahkan gagalpanen.

Untuk mengatasi rendahnya tingkat kesuburan tanah lahan kering terutama pada saat penanaman palawija dan sayuran, dilakukan pemupukan yang mengandalkan pada bahan kimia sintetis serta perlindungan tanaman dengan menggunakan pestisida kimia yang berakibat terjadinya gangguan keseimbangan agroekosistem[5]. Management dalam budidaya yang demikian ini berdampak pada degradasi kesuburan tanah dan kerusakan lahan serta ketahanan pangan [6] kehidupan masyarakat[7,8]. Bahan kimia pupuk dan pestisida juga dapat menekan kehidupan mikroba agen hayati yang menguntungkan bagi kehidupan tanaman [9,10], memunculkan gangguan hama dan penyakit tanaman serta ketersediaan musuh alami dan mikroba efektif menguntungkan tanaman[11].

Untuk mendorong pemulihan kesuburan tanah, maka perlu dikembangkan inovasi ramah lingkungan yang memanfaatkan sumberdaya indigen, sehingga mampu mensubstitusi penggunaan pupuk kimia dan pestisida kimia dalam rangka menjaga produktivitas dan kesehatan tanaman sayuran pada lahan kering.

Agen hayati fungi *Trichoderma* merupakan salah satu alternative potensial yang dapat dimanfaatkan bagi upaya perbaikan kesuburan tanah dan melindungi tanaman dari cekaman fisik, kimia, dan biologi di pertanaman. Dengan demikian agen hayati ini diharapkan dapat berperan sebagai substituen pupuk namun memiliki peran memberi perlindungan kesehatan tanaman.

Fungsi pupuk kandang ayam mengandung unsur makro dan mikro seperti nitrogen (N), fosfat(P), kalium (K), magnesium (Mg), dan mangan (Mn) yang dibutuhkan tanaman serta berperan dalam memelihara keseimbangan hara di dalam tanah karena pupuk kandang berpengaruh untuk jangka waktu yang lama dan sebagai nutrisi bagi tanaman.

Trichoderma spp. merupakan salah satu fungi yang dapat menghasilkan berbagai senyawa pemacu pertumbuhan tanaman seperti enzim dan fitohormon [12]. Beberapa enzim yang dihasilkan oleh fungi ini melarutkan fosfat sehingga fosfor tersedia kembali untuk tanaman [13].

Strain *Trichoderma* dapat menjajah tanah dan akar inang, menghuni ruang fisik dan menghindari multiplikasi fitopatogen, memproduksi enzim perusak dinding sel, memproduksi metabolit antimikroba yang membunuh patogen, induksi pertahanan tanaman mekanisme, mempromosikan perkembangan tanaman dan meningkatkan toleransi tanaman terhadap cekaman biotik dan abiotik [14].

Penelitian ini bertujuan menemukan fungi agen hayati *Trichoderma* yang dapat dimanfaatkan bagi budidaya tanaman sayuran di lahan kering marginal karena kemasaman tanah, cekaman logam berat, dan rendahnya bahan organik tanah.

METODE

Penelitian observasi dan pengambilan sampel tanah dilaksanakan di lahan [-7.465372, 112.496708] di dusun Kweden Lor, Desa Kwedenkembar, Kecamatan Mojoanyar, Kabupaten Mojokerto, serta di Laboratorium Mikrobiologi dan Bioteknologi (LMB) dan Rumah Kaca Prodi Agroteknologi Universitas Muhammadiyah Sidoarjo (UMSIDA). Kegiatan ini berlangsung pada September-Desember 2023.

Pengambilan Sampel dan Identifikasi Agen Hayati

Sampel tanah diambil di lahan agroforestri dengan tanaman pokok pinus (*Pinus merkusii*) dan beberapa tanaman pertanian yang pernah ditanam termasuk rumput gajah. Tanah diambil dari tiga titik yang berbeda dengan jarak antartitik minimal 10 meter dari kedalaman 5-20 cm masing-masing 100 gram, kemudian dicampur dan diaduk secara merata. Tanah dari lapang ini dibawa ke Laboratorium LMB-UMSIDA untuk diisolasi fungi *Trichoderma*-nya.

Sebanyak 5 gram tanah dicuplik dari sampel dan diencerkan dengan air dalam Erlenmeyer hingga mencapai volume 100 ml. Setelah diaduk rata, suspensi yang terbentuk dicuplik dengan menggunakan syringe sebanyak 1 ml dan disemprotkan ke permukaan media PDA-kolrampenikol pada cawan petri 9 cm hingga merata. Selanjutnya diinkubasi selama 3 hari. Semua kegiatan inokulasi dan inkubasi tersebut dilakukan dalam suasana aseptik di dalam "kotak isolasi". Setelah muncul titik halus yang berwarna hijau, dicuplik secara halus dengan menggunakan ujung jarum ose dan cuplikan kecil tersebut diinokulasikan ke permukaan media PDA-kolrampenikol baru dengan posisi di tengah-tengah cawan, kemudian diinkubasi selama 10 hari atau hingga seluruh cawan

dipenuhi oleh koloni *Trichoderma*. Pemurnian isolate ini menggunakan 6 cawan petri. Setelah masa inkubasi, maka isolate *Trichoderma* dipanen untuk digunakan dalam formulasi pupuk hayati (biofertilizer).

Untuk memastikan jenis yang diisolasi, maka hifa dan konidiospora fungi diperiksa dibawah mikroskop dan diperbandingkan dengan morfologi dan kriteria seperti dinyatakan pada beberapa jurnal ilmiah relevan.

Formulasi Pupuk Hayati

Hasil perbanyakan isolate agen hayati dipanen dan ditempatkan ke dalam bejana alat penghancur (mixer). Penghancuran dilakukan selama tiga menit, hasilnya dituangkan ke dalam Erlenmeyer kapasitas 1000 ml. Setelah dicampur air dan diaduk merata, dituangkan ke dalam bejana kapasitas lima liter dan diaduk merata. Suspensi yang mengandung spora *Trichoderma* ini dituangkan sedikit demi sedikit ke dalam wadah yang berisi biokar seberat 10 kg untuk diaduk secara merata. Selanjutnya formula yang terbentuk ini siap digunakan untuk pemupukan (sebagai biofertilizer) dan disemprotkan ke tajuk tanaman atau tanah (sebagai biopestisida).

Apliasi Pupuk Hayati *Trichoderma* pada Tanaman Uji

Sebanyak 10 polibag yang sudah diisi tanah media tanam disiapkan untuk percobaan uji aplikasi terbatas. Sementara itu disiapkan bibit tanaman yang akan diuji. Masing-masing polybag diberikan pupuk hayati *Trichoderma* dengan cara mencampurkan sebanyak 50 gram ke dalam tanah media tanam di bagian permukaan hingga 15 cm ke kedalaman media tanam dalam polibag. Ketika bibit sudah tumbuh dengan ukuran 7-8 cm dipindahkan ke dalam polybag. Tanaman dipelihara dengan melakukan penyiraman tiap hari (pagi dan sore). Selanjutnya dilakukan penyemprotan *Trichoderma* pada dua minggu setelah tanam. Selanjutnya dilakukan pengamatan tiap hari selama satu bulan.

Proyeksi Aplikasi pada Lahan Basah

Untuk menyusun suatu proyeksi pemanfaatan biofertilizer *Trichoderma* dalam budidaya pertanian lahan basah dengan tanaman utama padisawah, maka dilakukan kajian referensi dari berbagai jurnal dan dokumen yang berisi data sekunder, serta observasi di lapang. Selanjutnya dilakukan pendekatan berupa (i) analisis sintesa dengan mengumpulkan kajian teoritis yang relevan terkait (ii) hasil observasi dan wawancara dengan narasumber, sehingga kemudian dilakukan penarikan kesimpulan yang berorientasi pada penentuan proyeksi pemanfaatan dimaksud.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Identifikasi Agen Hayati

Hasil isolasi agen hayati *Trichoderma* yang diambil dari sampel tanah lahan sawah ketika musim kemarau memiliki koloni berwarna hijau pada media PDA-klorampenikol; hifa, konidiofor, dan sporangium (Gambar 1). Secara dimensi hifa berdiameter $3,01 \pm 0,74 \mu\text{m}$ dan spora membulat berukuran $2,75 \pm 0,89 \mu\text{m}$. Selanjutnya isolat fungi dideterminasi sebagai *Trichoderma* sp. isolate Tc-42.



Gambar 1. Penampihanifa, konidiofor, dan spora *Trichoderma* Tc-042

Trichoderma merupakan mikroba tanah yang dapat mengurai bahan organik dengan baik. Mikroba ini terdapat pada tanah sekitar akar tanaman, biasanya yang sering dan mudah untuk didapatkan pada tanah yang dekat dengan akar bambu. Isolat yang digunakan pada penelitian ini memiliki kemiripan dengan *Trichoderma asperillum* Tc-Jr 02 yang merupakan koleksi Laboratorium Mikrobiologi UMSIDA[15]. Sel-sel hifa hialin merupakan karakteristik sel-sel dengan dindingnya yang terjalin oleh makromolekul utama khas fungi[16] yaitu tersusun atas selulosa dan kitin.

Formula Pupuk Hayati *Trichoderma*

Pada proses formulasi dibutuhkan dua bahan utama yakni kotoran ayam sebanyak 25 kg atau dan *Trichoderma* cair sebanyak 650 ml yang sudah diencerkan dengan 15 liter air. Proses pembuatan pupuk organik hayati menggunakan kotoran ayam yang sudah kering dan diayak kemudian di fermentasi selama 10 hari (Gambar 2).



Gambar 2. Proses formulasi pupuk hayati *Trichoderma*

Hasil pencampuran *trichoderma* diletakkan pada tempat yang tidak terkena matahari langsung dan ditempat yang sejuk, Karena pada dasarnya *Trichoderma* merupakan mikroba dalam tanah yang membutuhkan kelembaban yang optimal. Sehingga perlu diketahui juga, bahwa suhu dan tempat yang baik agar kondisi pertumbuhannya selalu terjaga adalah tempat dengan penyimpanan suhu berkisar 30°C [17].

Hasil Uji Efikasi Terbatas

Data hasil pengamatan pengaruh *Trichoderma* terhadap fase penting pertumbuhan tanaman tanaman cabe sebagai tanaman uji berbeda nyata ($p < 0,05$) (Tabel 1). Perbedaan penampilan tanaman cabe umur satu bulan setelah tanam tersaji pada Gambar 3.

Tabel 1. Hasil uji-t pengaruh *Trichoderma* terhadap tinggi dan jumlah daun tanaman cabe

	Tinggi tanaman		Jumlah daun	
	Aplikasi <i>Trichoderma</i>	Tanpa <i>Trichoderma</i>	Aplikasi <i>Trichoderma</i>	Tanpa <i>Trichoderma</i>
Mean	35.40	7.64	45.4	26.4
Variance	1.60	0.20	3.3	0.8
t Stat	0.01863		22.70934358	
P(T<=t)	4.55443		0.00002227	
Cabe t				
Critical	0.01863		2.77644511	

* Berbedanya nyata pada taraf uji 5%

Berdasarkan uji-t tampak bahwa perbedaan pertumbuhan cabai dapat ditinjau pada aspek Panjang tanaman dan jumlah daun yang lebih banyak pada perlakuan pupuk hayati *Trichoderma*. Hal ini disebabkan karena *Trichoderma* dapat mendegradasi bahan organik sehingga dapat menyumbangkan unsur hara bagi tanaman [18].



Gambar 3. Penampilan tanaman cabe yang diberi (A) dan tanpa Trichoderma (B)

Perbedaan pertumbuhan yang tampak pada umur satu bulan setelah tanam menunjukkan peran Trichoderma yang diaplikasikan sebagai pupuk hayati (biofertilizer) dalam membantu pertumbuhan tanaman. Hasil perombahan oleh fungi menghasilkan nutrisi yang sangat dibutuhkan tanaman untuk pertumbuhan dan produksinya[19]. Aplikasi Trichoderma sebagai biofertilizer telah terbukti meningkatkan pertumbuhan tanaman bawang merah[20], [21], jahemerah[22], kentang[23], [24], kedele[25–30], cengkeh[31], dan mangga[32].

Proyeksi Aplikasi Biofertilizer dalam Lahan Basah

Kondisi tanah yang baik dapat mendukung pertumbuhan tanaman dengan baik dan mejadirumah yang baik juga untuk biota tanah termasuk mikrobiologi tanah yang baik[19]. Trichoderma juga menghasilkan anti metabolit dan fungitoksik yang dapat menekan dan mengendalikan pathogen dari jenis jamur patogen[33]. Sementara itu senyawa ekstraselular yang dihasilkan fungi ini juga mendorong aktivitas hidup mikroorganisme lain yang biasa membantu tanaman di rhizofe[34–36]. Trichoderma telah terbukti efektif sebagai agen biocontrol yang mampu mengendalikan *Colletotrichum* spp. penyebab antraknose [37] dan *Fusarium oxysporum* penyebab busuk pangkal batang cabe merah[38–40], *Diplodia* spp. penyebab busuk batang tanaman jeruk [41], *Phytophthora palmivora* penyebab hawar daun bibit kakao [42], *Pestalotia theae* penyebab hawar daun yang disebabkan oleh pada tanaman keras dan perkebunan teh[43–46], serta pathogen *damping off*[47]. Selain itu Trichoderma terbukti dapat berperan sebagai agen biocontrol efektif dalam mengendalikan bakteri *Ralstonia solanacearum* penyebab busuk pada tembakau, tomat, kentang, dan tanaman lain yang sekerabat[48].

Untuk keperluan implementasinya di lapang oleh masyarakat petani secara luas, biofertilizer ini dapat diproduksi bersama oleh mahasiswa Agroteknologi dan warga di desa Kleden kembar serta laboratorium Mikrobiologi dan Bioteknologi UMSIDA. Hasil produksi ini akan didistribusikan ke masyarakat dengan tujuan mengenalkan salah satu solusi dalam pertanian lahan kering.

Pendistribusian bioferilizer ini juga di iringi dengan pelatihan dan pendampingan oleh mahasiswa dan dosen untuk mengedukasi bagaimana cara prodiksinya hingga pengaplikasiannya pada lahan kering.

KESIMPULAN

Agen hayati potensial yang diisolasi dari lahan basah yaitu *Trichoderma* sp. isolate Tc-41 berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai pupuk hayati bagi budiaya tanaman sayuran daun, hortikultura, kacang-kacangan hingga tanaman pangan dan perkebunan pada lahan tanah agak masam, bahan organik rendah, dan tercekam logam besi. Biofertilizer diaplikasikan sebagai pemupukan lewat tanah dan penyemprotan lewat tajuk. Biofertilizer *Trichoderma* untuk budidaya tanman sayuran lahan marjinal ini diproduksi di Labortorium atau kelompok tani tertentu yang berkolaborasi dengan dosen dan mahasiswa Prodi Agroteknologi dalam rangka mewujudkan budidaya tanaman sayuran lahan kering yang produktif.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. D. Hathaway, "Agroecology and permaculture: addressing key ecological problems by rethinking and redesigning agricultural systems," *J. Environ. Stud. Sci.*, vol. 6, no. 2, pp. 239–250, 2016, doi: 10.1007/s13412-015-0254-8.
- [2] M. Antonelli, S. Tamea, and H. Yang, "Intra-EU agricultural trade, virtual water flows and policy implications," *Sci. Total Environ.*, vol. 587–588, pp. 439–448, 2017, doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.02.105>.
- [3] A. Singh, "Alternative management options for irrigation-induced salinization and waterlogging under different climatic conditions," *Ecol. Indic.*, vol. 90, pp. 184–192, 2018, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.03.014>.
- [4] P. J. A. Withers, C. Neal, H. P. Jarvie, and D. G. Doody, "Agriculture and eutrophication: Where do we go from here?," *Sustain.*, vol. 6, no. 9, pp. 5853–5875, 2014, doi: 10.3390/su6095853.
- [5] J. W. McArthur and G. C. McCord, "Fertilizing growth: Agricultural inputs and their effects in economic development," *J. Dev. Econ.*, vol. 127, pp. 133–152, 2017, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2017.02.007>.
- [6] B. M. Campbell *et al.*, "Agriculture production as a major driver of the Earth system exceeding planetary boundaries," *Ecol. Soc.*, vol. 22, no. 4, Jun. 2017, [Online]. Available: <https://www.jstor.org/stable/26798991>
- [7] M. Emmerson *et al.*, "How Agricultural Intensification Affects Biodiversity and Ecosystem Services," *Adv. Ecol. Res.*, vol. 55, pp. 43–97, Sep. 2016, doi: 10.1016/bs.aecr.2016.08.005.
- [8] H. Grab, B. Danforth, K. Poveda, and G. Loeb, "Landscape simplification reduces classical biological control and crop yield," *Ecol. Appl.*, vol. 28, no. 2, pp. 348–355, Mar. 2018, doi: <https://doi.org/10.1002/eap.1651>.
- [9] A. N. Evans, J. E. M. Llanos, W. E. Kunin, and S. E. F. Evison, "Indirect effects of agricultural pesticide use on parasite prevalence in wild pollinators," *Agric. Ecosyst. Environ.*, vol. 258, pp.

- 40–48, 2018, doi: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.02.002>.
- [10] G. Assandri, G. Bogliani, P. Pedrini, and M. Brambilla, "Beautiful agricultural landscapes promote cultural ecosystem services and biodiversity conservation," *Agric. Ecosyst. Environ.*, vol. 256, pp. 200–210, 2018, doi: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.01.012>.
 - [11] L. Monck-Whipp, A. E. Martin, C. M. Francis, and L. Fahrig, "Farmland heterogeneity benefits bats in agricultural landscapes," *Agric. Ecosyst. Environ.*, vol. 253, pp. 131–139, 2018, doi: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.11.001>.
 - [12] L. Macías-Rodríguez, H. A. Contreras-Cornejo, S. G. Adame-Garnica, E. Del-Val, and J. Larsen, "The interactions of *Trichoderma* at multiple trophic levels: inter-kingdom communication," *Microbiol. Res.*, vol. 240, p. 126552, Nov. 2020, doi: [10.1016/j.micres.2020.126552](https://doi.org/10.1016/j.micres.2020.126552).
 - [13] B. SINGH *et al.*, "Contribution of microbial phytases to the improvement of plant growth and nutrition: A review," *Pedosphere*, vol. 30, no. 3, pp. 295–313, 2020, doi: [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(20\)60010-8](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(20)60010-8).
 - [14] N. Konappa, S. Krishnamurthy, U. C. Arakere, S. Chowdappa, and N. S. Ramachandrappa, "Efficacy of indigenous plant growth-promoting rhizobacteria and *Trichoderma* strains in eliciting resistance against bacterial wilt in a tomato," *Egypt. J. Biol. Pest Control*, vol. 30, no. 1, p. 106, 2020, doi: [10.1186/s41938-020-00303-3](https://doi.org/10.1186/s41938-020-00303-3).
 - [15] Sutarman, P. Tjahjanti, A. E. Prihatinnigrum, and A. Miftahurrohmat, "Effect of trichoderma formulated with cultivated oyster mushroom waste toward the growth and yield of shallot (*Allium ascalonicum* L.)," *African J. Food, Agric. Nutr. Dev.*, vol. 22, no. 10, p. 18, 2022.
 - [16] P. H. Tjahjanti, Sutarman, E. Widodo, and A. T. Kusuma, "The Use of Mushroom Growing Media Waste for Making Composite Particle Board," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 196, no. 1, p. 12024, 2017, doi: [10.1088/1757-899X/196/1/012024](https://doi.org/10.1088/1757-899X/196/1/012024).
 - [17] N. P. S. Ratmini, Y. Juwita, and P. Sasmita, "Pemanfaatan Biochar Untuk Meningkatkan Produktivitas Lahan Sub Optimal," *Pros. Semin. Nas. Lahan Sub Optim.*, pp. 502–509, 2018, [Online]. Available: <http://conference.unsri.ac.id/index.php/lahansuboptimal/article/view/1253>
 - [18] S. L. Woo, R. Hermosa, M. Lorito, and E. Monte, "Trichoderma: a multipurpose, plant-beneficial microorganism for eco-sustainable agriculture," *Nat. Rev. Microbiol.*, vol. 21, no. 5, pp. 312–326, 2023, doi: [10.1038/s41579-022-00819-5](https://doi.org/10.1038/s41579-022-00819-5).
 - [19] S. Sutarman, *Biofertilizer Fungi: Trichoderma & Mikoriza*. Sidoarjo: UMSIDA Press, 2016.
 - [20] Sutarman, A. E. Prihatiningrum, A. Sukarno, and A. Miftahurrohmat, "Initial growth response of shallot on *Trichoderma* formulated in oyster mushroom cultivation waste," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 420, p. 12064, 2018, doi: [10.1088/1757-899x/420/1/012064](https://doi.org/10.1088/1757-899x/420/1/012064).
 - [21] S. Sutarman and T. Prahasti, "Uji Keragaan *Trichoderma* Sebagai Pupuk Hayati Dalam Meningkatkan Pertumbuhan Dan Produksi Tanaman Bawang Merah," *J. Agrotek Trop.*, vol. 10, no. 3, p. 421, 2022, doi: [10.23960/jat.v10i3.5737](https://doi.org/10.23960/jat.v10i3.5737).
 - [22] S. Sutarman, "Respons Tanaman Jahe Merah (*Zingiber Officinale*) terhadap Ekstrak Bawang Merah dan Pupuk Hayati *Trichoderma*," *Daun*, vol. 6, no. 1, pp. 62–76, 2019, doi: [10.33084/daun.v6i1.922](https://doi.org/10.33084/daun.v6i1.922).
 - [23] S. Sutarman and V. P. Putra, "Trichoderma sp. Biopesticide Application Against Vegetative Biomass and Potato (*solanum tuberosum*)," *Nabatia*, vol. 6, no. 2 SE-Articles, Dec. 2018, [Online]. Available: <https://nabatia.umsida.ac.id/index.php/nabatia/article/view/1068>
 - [24] Sutarman, "Uji *Trichoderma Harzianum* Sebagai Biofertilizer Dan Biopestisida Untuk Pengendalian Hawar Tajuk Dan Layu Tanaman Kentang," *Semin. Nas. Fak. Pertan. Univ.*

Muhammadiyah Purwokerto, pp. 209–217, 2017.

- [25] Sutarman, A. Miftahurrohmat, and A. Eko Prihatiningrum, "Fungus Applications on Growth and Yield of Dena-1 Soybean Varieties," *E3S Web Conf.*, vol. 361, pp. 1–8, 2022, doi: 10.1051/e3sconf/202236104019.
- [26] Sutarman, A. E. Prihatiningrum, N. Indarwati, R. Hasanah, and A. Miftahurrohmat, "The Role of Trichoderma in the Early Growth of Rice and Soybean in Saline Soils," *E3S Web Conf.*, vol. 444, 2023, doi: 10.1051/e3sconf/202344404006.
- [27] A. Miftahurrohmat and Sutarman, "The morphological response of the soybean growth (Glycine max (L)) until vegetative stage 3 on various intensities of light," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 420, no. 1, p. 12069, 2018, doi: 10.1088/1757-899X/420/1/012069.
- [28] A. Miftahurrohmat and Sutarman, "Utilization of trichoderma sp. and pseudomonas fluorescens as biofertilizer in shade-resistant soybean," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 821, no. 1, p. 12002, 2020, doi: 10.1088/1757-899X/821/1/012002.
- [29] A. Miftahurrohmat and Sutarman, "The Vegetative Growth Response of Detam Soybean Varieties towards Bacillus subtilis and Trichoderma sp. Applications as Bio-fertilizer," *E3S Web Conf.*, vol. 232, 2021, doi: 10.1051/e3sconf/202123203024.
- [30] Sutarman, *Monograf Aplikasi Biofertilizer Pada Kedele Tahan Naungan*. Sidoarjo: UMSIDA Press, 2021. [Online]. Available: <https://doi.org/10.21070/2018/978-979-3401-92-8%0A>
- [31] Sutarman, N. P. Maharani, A. Wachid, M. Abror, A. Machfud, and A. Miftahurrohmat, "Effect of Ectomycorrhizal Fungi and Trichoderma harzianum on the Clove (Syzygium aromaticum L.) Seedlings Performances," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1232, no. 1, p. 12022, 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1232/1/012022.
- [32] F. B. Sentosa, Sutarman, and I. R. Nurmallasari, "The Effect of Trichoderma and Onion Extract on the Success of Grafting in Mango Seedlings," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 819, no. 1, p. 12008, 2021, doi: 10.1088/1755-1315/819/1/012008.
- [33] Sutarman, S. Hadi, A. Suryani, Achmad, and A. Saefuddin, "Patogenesis Hawar Daun Bibit Pinus Merkusii yang Disebabkan Oleh Pestalotia Theae Di Pesemaian," *J. Hama dan Penyakit Tumbuh. Trop.*, vol. 4, no. 1, pp. 32–41, 2004.
- [34] Sutarman, A. Eko Prihatiningrum, and A. Miftahurrohmat, "Fungistatic Effect of Ipomea Carnea Extract and Trichoderma Esperellum Against Various Fungal Biological Agents," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 1012, no. 1, p. 12046, 2022, doi: 10.1088/1755-1315/1012/1/012046.
- [35] I. D. Yuliantoro, A. E. Prihatiningrum, and Sutarman, "Exploration and Inhibition Test of Penicillium sp. In Vitro by Trichoderma," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 1242, no. 1, p. 12012, 2023, doi: 10.1088/1755-1315/1242/1/012012.
- [36] S. Sutarman, A. Anggreini, A. Prihatiningrum, and A. Miftahurrohmat, "Application of Biofertilizing Agents and Entomopathogenic Fungi in Lowland Rice," *E3S Web Conf.*, vol. 444, p. 4009, Nov. 2023, doi: 10.1051/e3sconf/202344404009.
- [37] Sutarman, A. Miftahurrohmat, I. R. Nurmallasari, and A. E. Prihatinnigrum, "In Vitro Evaluation of The Inhibitory Power of Trichoderma harzianum Against Pathogens that Cause Anthracnose in Chili," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1764, no. 1, p. 12026, 2021, doi: 10.1088/1742-6596/1764/1/012026.
- [38] Sutarman, T. Setiorini, A. S. Li'aini, Purnomo, and A. Rahmat, "Evaluation of Trichoderma asperellum Effect toward Anthracnose Pathogen Activity on Red Chili (Capsicum annum L.) As Ecofriendly Pesticide," *Int. J. Environ. Sci. Dev.*, vol. 13, no. 4, pp. 131–137, 2022, doi:

10.18178/ijesd.2022.13.4.1383.

- [39] A. Wachid and Sutarman, "Inhibitory Power Test of Two Trichoderma Isolates in In Vitro Way Againsts Fusarium oxysporum The Cause of Red Chilli Stem Rot," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1232, no. 1, p. 12020, 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1232/1/012020.
- [40] Sutarman, "POTENSI Trichoderma harzianum SEBAGAI PENGENDALI Fusarium oxysporum PENYEBAB BUSUK PANGKAL BATANG TANAMAN CABAI MERAH (Capsicum annum L.)," *AGRITECH Vol. XIX No. 2 144-155*, vol. XIX, no. 2, pp. 144–155, 2017.
- [41] M. Silvia and Sutarman, "Application of Trichoderma as an Alternative to the use of Sulfuric Acid Pesticides in the Control of Diplodia Disease on Pomelo Citrus," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 819, no. 1, p. 12007, 2021, doi: 10.1088/1755-1315/819/1/012007.
- [42] S. Sutarman, "Pengujian Trichoderma SP. Sebagai Pengendali Hawar Daun Bibit Kakao Yang Disebabkan Oleh Phythophthora Palmivora," *J. Hama dan Penyakit Tumbuh. Trop.*, vol. 17, no. 1, pp. 45–52, 2017.
- [43] Sutarman, S. Hadi, A. Saefuddin, Achmad, and A. Suryani, "Epidemiologi Hawar Daun Bibit Pinus merkusii yang disebabkan oleh Pestalotia theae," *J. Manaj. Hutan Trop.*, vol. 10, no. 1, pp. 43–60, 2014.
- [44] S. Sutarman, A. Achmad, and S. Hadi, "Penyakit Hawar Daun Jarum Bibit Pinus merkusii Di Persemaian (Needles Blight Disease of Pinus merkusii Seedlings On Nursery)," *J. Agritek*, vol. 9, no. 4, pp. 1419–1427, 2001, [Online]. Available: <http://eprints.umsida.ac.id/id/eprint/1038>
- [45] S. Sutarman, S. Hadi, A. Achmad, and A. Suryani, "Sumber Inokulum Patogen Hawar Daun Bibit Pinus merkusii di Pesemaian," *Nabatia*, vol. 1, no. 2, pp. 267–277, 2004.
- [46] Sutarman and A. E. Prihatiningrum, "Penyakit Hawar Daun Pinus Merkusii Di Berbagai Persemaian Kawasan Utama Hutan Pinus Jawa Timur," *J. Hama Dan Penyakit Tumbuh. Trop.*, vol. 15, no. 1, p. 44, 2015, doi: 10.23960/j.hptt.11544-52.
- [47] E. Andriani, A. E. Prihatiningrum, and Sutarman, "Enhanced Soybean Growth and Damping-off Disease Suppression via Trichoderma asperellum and Liquid Tofu Waste Co-application," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 1242, no. 1, p. 12008, 2023, doi: 10.1088/1755-1315/1242/1/012008.
- [48] S. Sutarman, A. Jalaluddin, A. Li'aini, and A. Prihatiningrum, "CHARACTERIZATIONS OF Trichoderma sp. AND ITS EFFECT ON Ralstonia solanacearum OF TOBACCO SEEDLINGS," *J. HAMA DAN PENYAKIT Tumbuh. Trop.*, vol. 21, pp. 8–19, Sep. 2020, doi: 10.23960/jhptt.1218-19.