



BOOK CHAPTER

KETAHANAN PANGAN LOKAL MELALUI REKAYASA TEKNOLOGI BUDIDAYA TANAMAN DAN PENGOLAHAN PANGAN



**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

UMSIDAPRESS

P3I Universitas Muhammadiyah Sidoarjo Kampus 1
Universitas Muhamamdiyah 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)]

PEMANFAATAN *TRICHODERMA* SEBAGAI BAHAN AKTIF POTENSIAL PUPUK HAYATI BAGI UPAYA MENCIPTAKAN KETAHANAN PANGAN RUMAH TANGGA

Use of *Trichoderma* as a Potential Active Ingredient of Biofertilizer for Efforts to Create Household Food Security

Rohmatunnadjila¹, Amanda Kusumawardani¹, Tifany Istighfarin¹, Famila Wahdani Munsifa¹, Nabila Nurma Riski¹, Asrofi Rizal¹, Dyah Roeswitawati²,Sutarman^{3*}

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

²Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian Peternakan-
Universitas Muhammadiyah Malang
Jl. Raya Tlogomas No. 246 Malang -Indonesia

³Pusat 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 aim of this research is to find the biological agent fungus *Trichoderma* indigenous which can be used to restore land fertility through technical formulation and application engineering and testing it on a limited basis on one of the pak choy mustard plants. The methods used were the isolation and determination of the *Trichoderma* biological agent, its formulation as a biofertilizer, performance testing of the isolate on test plants, and preparation of projections for the use of *Trichoderma* biofertilizer in plant cultivation to increase household food security. The results of the isolation of the *Trichoderma* fungus from agroforestry soil were determined to be isolate Tc-047. The bulk solid biological fertilizer formula showed a significant effect in increasing the growth of the test plants by 10.75% and 11.63% for the height and number of pak choy leaves, respectively. This *Trichoderma* biofertilizer has the potential to be used in cultivating small areas of land to increase and protect household food security.

Keywords: *biofertilizer, formulation, household food security, Trichoderma*

Abstrak. Tujuan penelitian ini adalah menemukan fungi agen hayati *Trichoderma* indigenus yang dapat dimanfaatkan bagi pemulihan kesuburan lahan melalui perekayasa teknis formulasi dan aplikasi serta mengujinya secara terbatas pada salah satu tanaman sawi pakcoy. Metode yang digunakan adalah isolasi dan determinasi agen hayati *Trichoderma*, formulasinya sebagai pupuk hayati, uji keragaan isolat pada tanaman uji, dan penyusunan proyeksi pemanfaatan pupuk hayati *Trichoderma* dalam budidaya tanaman untuk meningkatkan ketahanan pangan rumah tangga. Hasil isolasi fungi *Trichoderma* dari tanah lahan agroforestry dideterminasi sebagai *isolate* Tc-047. Formula pupuk hayati padatan curah menunjukkan pengaruh yang nyata dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman uji sebesar 10,75% dan 11,63% masing-masing untuk tinggi dan jumlah daun pakcoy. Pupuk hayati *Trichoderma* ini berpotensi digunakan dalam budidaya lahan sempit untuk meningkatkan dan memberi perlindungan ketahanan pangan rumah tangga.

Kata kunci: Biofertilizer, formulasi, ketahanan pangan rumah tangga, *Trichoderma*

PENDAHULUAN

Upaya pemenuhan kebutuhan pangan dunia terus gencar dilakukan oleh tiap negara di dunia. Tekanan kebutuhan ini memaksa hampir semua negara mengembangkan secara masifnya budidaya monokultur dan penggunaan berbagai teknik agronomi yang berdampak penurunan kesuburan tanah dan kerusakan lahan pertanian yang terjadi di hampir seluruh dunia dan mengancam ketahanan pangan [1]. Intensifikasi, ekspansi, dan konversi lahan pertanian yang sudah dilakukan sejak revolusi hijau memperlihatkan dampaknya telah mengancam kehidupan masyarakat [2,3]. Untuk mempertahankan hasil panen yang tinggi dan meningkatkan produktivitas lahan mendorong petani dan produsen bahan pangan menggunakan pupuk dan pestisida kimia sintesis yang sudah tentu akan menimbulkan kerusakan lingkungan dan menghambat kehidupan mikroba menguntungkan di dalam tanah dan organisme menguntungkan di permukaan tanah [4,5], mengancam kehidupan dan ketersediaan musuh alami hama di pertanaman dan sekitarnya [6,7].

Di lain pihak kegiatan budidaya tanaman dan aktivitas manusia dalam beberapa dekade belakangan ini telah memunculkan erosi, penurunan bahan organik tanah, serta penurunan kesuburan tanah baik secara fisik, kimia, maupun biologi [8,9]. Selanjutnya proses degradasi kualitas lahan ini telah menimbulkan penurunan produksi tanaman pangan dan sayuran. Kondisi ini sudah tentu akan mengancam ketahanan pangan pada semua tingkatan, termasuk ketahanan pangan dalam rumah tangga khususnya di pedesaan.

Ketahanan pangan sering didefinisikan sebagai istilah kecukupan pangan masyarakat di daerah tertentu pada tingkat kapita atau rumah tangga dengan adanya akses pangan yang memadai bagi anggota keluarga [10]. Adanya hal tersebut membuat rumah tangga tersebut dapat bekerja secara maksimal dan hidup layak [11]. Pangan yang sampai saat ini masih menjadi kebutuhan prioritas menjadikan pembangunan ketahanan pangan harus merata sehingga kemandirian pangan terwujud secara optimal. Selain hal tersebut perlu juga dipertimbangkan mengenai keamanan pangan, mutu dan gizi dalam jumlah yang cukup [12].

Untuk memulihkan daya dukung lingkungan tidak cukup dengan mengimplementasikan pertanian organik, penggunaan varietas unggul, dan penggunaan teknik budidaya yang telah diperbarui. Dalam hal ini diperlukan perhatian khusus pada interaksi fisik, kimia, dan biologi di dalam tanah dan di pertanaman. Diperlukan jaminan, keseimbangan antara konsumsi, reproduksi, dan distribusi antarkomponen agroekosistem [13].

Salah satu alternatif untuk memberikan dukungan bagi upaya perbaikan agroekosistem lahan pertanian khususnya pada interaksi antarkomponen penting di rhizosfer pertanaman adalah memperkaya agen hayati *Trichoderma* di pertanaman baik yang

diaplikasikan sebagai pemupukan dalam bentuk biofertilizer maupun dalam bentuk penyemprotan sebagai biopestisida untuk memberikan perlindungan kesehatan dan produktivitas tanaman.

Trichoderma sp. merupakan jenis jamur yang umumnya banyak ditemui di area tanah khususnya tanah yang memiliki kandungan bahan organik yang cukup tinggi sehingga dapat membantu pertumbuhan tanaman[14]. Penerapan *Trichoderma* sebagai media tanam diharapkan tidak hanya untuk berperan dalam proses bio-fertilisasi dan untuk membantu meningkatkan pertumbuhan tanaman, menghasilkan metabolit sekunder dan fitohormon, tetapi juga memberikan perlindungan bagi kesehatan tanaman[15]. Fungi ini disamping menghasilkan senyawa antimetabolite yang dapat menghambat dan menekan patogen sekaligus mampu mendegradasi bahan organik yang menghasilkan nutrisi bagi tanaman [16].

Penelitian ini bertujuan menemukan fungi agen hayati *Trichoderma* indigenus yang dapat dimanfaatkan bagi pemulihan kesuburan lahan melalui perekayasa teknis formulasi dan aplikasi serta mengujinya secara terbatas pada salah satu tanaman sawi pakcoy.

METODE

Penelitian observasi dan pengambilan sampel tanah dilaksanakan di lahan [[-7.699361, 112.532223](#)] di dusun Pacet Selatan, Desa Pacet, Kecamatan Pacet, 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 inidibawa 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-klorempenikol 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 tajuktanaman 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 kecambah sudah tumbuh dengan ukuran 5 cm di pindahkan ke dalam polybag. Tanaman dipelihara dengan melakukan penyiraman tiap hari (pagi dan sore). Selanjutnya dilakukan penyemprotan *Trichoderma* pada dua minggu setelah tanam. Untuk mendapatkan suspensi semprot, dituangkan formula *Trichoderma* dalam biokar (padat) sebanyak 100 gr ke dalam air steril dan direndam selamaminimal dua jam; setelah diaduk merata kemudian disaring. Air saringan dituang ke dalam hand sprayer dan disemprotkan hingga seluruh permukaan tanaman terbasahi. Selanjutnya dilakukan pengamatan tiap hari selama satu bulan.

Proyeksi Pemanfaatan bagi Ketahanan Pangan Rumah Tangga

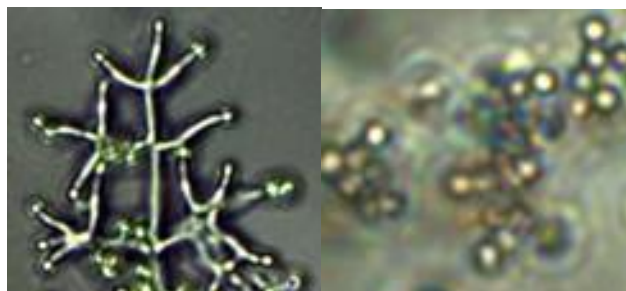
Untuk menyusun suatu proyeksi pemanfaatan dalam rumah tangga, maka dilakukan kajian referensi dari berbagai jurnal dan dokumen yang berisi data sekunder, serta observasi di lapang.

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 pengamatan makroskopis terhadap koloni fungi berwarna hijau keputihan yang dilanjutkan dengan pengamatan mikroskopis. Isolat agen hayati *Trichoderma* yang diambil dari sampel tanah lahan agroforestry ini dideterminasi sebagai *Trichoderma* sp. Tc-047. Isolat agen hayati ini memiliki diameter hifa $3,53 \pm 0,87 \mu\text{m}$ dan diameter spora $2,67 \pm 0,84 \mu\text{m}$ (Gambar 1). Secara morfologi dan dimensi ada kemiripan dengan *Trichoderma asperillum* Tc-Jro 01 yang juga merupakan koleksi Laboratorium LMB-UMSIDA[17]. Hifa fungi ini hialin dan memiliki dinding sel kokoh yang terjalin oleh selulosa dan kitin[18].



Gambar 1. Konidiofor dan fialid hialin serata spora *Trichoderma* Tc-047

Trichoderma yang berhasil diisolasi dari tanah lahan kering ini dideterminasi sebagai *Trichoderma* sp. Tc-046 yang kemudian menjadi koleksi Laboratorium Mikrobiologi dan Bioteknologi (LMB-UMSIDA).

Trichoderma memiliki hifa septat, dan konidia yang dihasilkannya mungkin berwarna atau hialin. Struktur konidiophores (hifa yang membentuk konidia) juga dapat membantu dalam identifikasi. Ukuran, bentuk, dan karakteristik konidia adalah faktor penting dalam identifikasi spesifik. Beberapa spesies *Trichoderma* dapat diidentifikasi berdasarkan ukuran dan bentuk konidia[19].

Trichoderma menghasilkan struktur reproduksi aseksual yang disebut konidia. Konidia adalah spora yang dihasilkan secara aseksual dan dapat menjadi cara utama bagi *Trichoderma* untuk berkembang biak. Konidia *Trichoderma* dapat memiliki berbagai bentuk, tergantung pada spesiesnya. Mereka dapat berbentuk bulat, oval, atau memiliki bentuk yang lebih kompleks. Ukuran konidia juga bervariasi, umumnya berkisar dari 2 hingga 5 mikrometer [20].

Formula Pupuk Hayati *Trichoderma*

Biochar merupakan bahan padat kaya akan karbon hasil konversi dari limbah organik (biomas pertanian) melalui pembakaran tidak sempurna. Biocar juga dapat dibuat dengan memanfaatkan gulma yang banyak terdapat di lahan pertanian seperti rumput kerbau dan sisa hasil panen seperti sekam padi. Pembakaran tidak sempurna dapat dilakukan dengan alat pembakaran atau pirolisator dengan suhu 250-350 °C selama 1-3,5 jam, bergantung pada jenis biomas dan alat pembakaran yang digunakan. Pembakaran juga dapat dilakukan tanpa pirolisator, tergantung kepada jenis bahan baku. Kedua jenis pembakaran tersebut menghasilkan biochar yang mengandung karbon untuk diaplikasikan sebagai pembenah tanah. Biochar bukan pupuk, tetapi berfungsi sebagai pembenah tanah. Pemanfaatan cendawan *trichoderma* yang diformulasi dalam biochar rumput kerbau maupun sekam padi dapat digunakan untuk bioremediasi lahan karena keduanya mampu memperbaiki struktur dan sifat-sifat tanah.

Pemanfaatan biochar untuk pertanian merupakan pendekatan pertanian berkelanjutan karena biochar relatif sulit terdekomposisi sehingga tetap berada dalam tanah untuk memperbaiki sifat-sifat tanah. Biochar tersusun dari bahan berbentuk karbon stabil yang sukar mengalami proses dekomposisi dan mineralisasi[21].

Hasil Uji Efikasi Terbatas

Data hasil pengamatan pengaruh *Trichoderma* terhadap fase penting pertumbuhan tanaman tanaman cabe sebagai tanaman uji tidak berbeda nyata ($p > 0,05$) (Tabel 1).

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

Tinggi tanaman		Jumlah daun	
Aplikasi	Tanpa	Aplikasi	Tanpa

	<i>Trichoderma</i>	<i>Trichoderma</i>	<i>Trichoderma</i>	<i>Trichoderma</i>
Mean	9,22*	8,33	9,6**	8,6
Variance	0,17	0,45	3,3	1,3
t Stat	2,49***		1,04	
P(T<=t)	0,04		0,33	
t Critical	2,36		2,31	

*Peningkatan tinggi tanaman terhadap tanpa *Trichoderma* 10,75%; **Peningkatan jumlah daun terhadap tanpa *Trichoderma* 11,63%; *** nyata pada taraf uji 5%

Pertumbuhan tanaman sawi pakcoy yang diberi *Trichoderma* menunjukkan perbedaan nyata pada tinggi tanaman namun tidak nyata pada jumlah daun dibandingkan dengan tanamanan yang ditumbuhkan pada media tanam tanpa *Trichoderma*. Selisih tinggi tanaman dan jumlah daun menunjukkan adanya peningkatan masing-masing sebesar 10,75 dan 11,63% dibandingkan tanpa *Trichoderma*.

Pertumbuhan vegetatif tanaman pakcoy yang lebih tinggi pada perlakuan *Trichoderma* umur satu bulan setelah tanam mengindikasikan peran fungsi ini dalam membantu menyediakan nutrisi dan persenyawaan yang yang dibutuhkan tanaman[18,22]. Aplikasi pupuk hayati *Trichoderma* berpengaruh meningkatkan pertumbuhan dan produksi biomassa berbagai tanaman di antaranya bawangmerah[23], kentang[24,25], kedele[26–31], cengkeh [32][32], jahemerah[33], bahkan terhadap bibit tanaman mangga[34].

Meskipun efek *Trichoderma* terhadap pertumbuhan tanaman belum nyata, namun baik tinggi maupun jumlah daun tanaman pakcoy rata-rata meningkat sebesar 9,9% dan 11,7% dibandingkan dengan perlakuan tanpa *Trichoderma*; hal ini disebabkan karena *Trichoderma* dapat memproduksi hormon pertumbuhan seperti indole acetic acid (IAA), yang dapat merangsang pertumbuhan tanaman[17].

Proyeksi Pemanfaatan Agen hayati untuk Ketahanan Pangan

Potensi lahan yang bisa dimanfaatkan untuk budidaya tanaman dalam rangka ketahanan pangan dapat melibatkan berbagai tipe lahan, termasuk lahan perumahan, pedesaan, dan lahan sempit. Beberapa potensi lahan yang bisa dimanfaatkan untuk budidaya tanaman yaitu:

- (i) Pekarangan, lahan kosong berupa pekarangan tiap rumah berpotensi dimanfaatkan untuk menanam sayuran, buah-buahan kecil, atau herba. Tanaman yang Cocok : Sayuran seperti kangkung, bayam, atau selada, serta buah-buahan seperti tomat ceri atau stroberi;
- (ii) Atap rumah dan vertikultur, dengan memanfaatkan dinding atau atap rumah untuk menanam tanaman secara vertikal. Tanaman yang Cocok : Tanaman merambat atau

gantung seperti kacang panjang, mentimun, atau tanaman hias yang dapat dimanfaatkan juga sebagai tanaman konsumsi;

- (iii) Lahan tidak produktif, dengan memanfaatkan lahan yang tidak produktif seperti lahan kosong baik di pedesaan maupun perkotaan. Tanaman yang Cocok : Pohon buah-buahan, sayuran, atau tanaman pangan lainnya yang sesuai dengan kondisi lahan.

Untuk meningkatkan ketahanan pangan di desa, pemilihan jenis tanaman harus mempertimbangkan kebutuhan gizi masyarakat, daya tahan tanaman terhadap kondisi iklim setempat, dan kemampuan adaptasi tanaman terhadap lahan yang tersedia. Beberapa tanaman yang berpotensi ditanam di desa adalah padi, jagung, kacang-kacangan, ubi, singkong, sayuran lokal, buah-buahan, tanaman obat, dan pohon kayu. Bahkan dapat menjadi keunggulan tersendiri

Penggunaan *Trichoderma* sebagai biofertilizer juga memiliki keuntungan tambahan mengingat fungsi ini terbukti mendukung pertumbuhan populasi dan aktivitas hidup mikroba menguntungkan lainnya di rhizosfer [22,35] dan membantu ketahanan tanaman terhadap cekaman lingkungan [17,36,37], serta mampu bersifat sebagai agen biokontrol bagi berbagai jenis jamur patogen [38]. Fungi *Trichoderma* efektif mengendalikan *Colletotrichum* spp. penyebab antraknose pada cabe [39], *Fusarium oxysporum* penyebab busuk pangkal batang cabe merah [40–42], *Phytophthora palmivora* penyebab hawar daun bibit kakao [43], berbagai patogen damping off [44], patogen penyebab busuk batang tanaman jeruk [45], *Pestalotia theae* penyebab hawar daun berbagai tanaman keras lainnya [46–49]. Berbagai penelitian yang sudah dilakukan juga efektif mengendalikan bakteri patogen, misalnya *Ralstonia solanacearum* penyebab busuk bibit dan tanaman dewasa tembakau [50].

Supaya pemanfaatan produk agen hayati bisa diterima dan tersampaikan kepada masyarakat ada beberapa hal yang harus dilakukan yaitu sebagai berikut:

- (a) Manajemen Sumber Daya Manusia. Pekerjaan pembuatan agen hayati dilakukan oleh pemilik yang dibantu para pekerja. Sumber daya manusia dalam pembuatan juga terbantu oleh siswa atau mahasiswa yang magang di perusahaan. Selain itu, sumber daya manusia ditunjang dengan rajin mengikuti pelatihan yang diadakan oleh lembaga pelatihan maupun dinas terkait. Siswa dan mahasiswa yang magang juga dibekali oleh pengetahuan dalam pembuatan agens hayati *Trichoderma* sp yang baik dan benar. Pengetahuan yang diberikan sudah mencakup subsistem hulu hingga hilirisasi produk;
- (b) Pelayanan, baik merupakan prioritas utama dalam mengusahakan suatu produk yang dihasilkan, pelayanan dalam hal ini termasuk di dalamnya menjaga kontinuitas produk,

ketepatan waktu dalam pengiriman dan selalu menjaga kualitas dan hubungan dengan pengguna produk yang dihasilkan;

- (c) Produk dan Sistem Informasi; di manaproduk telah memiliki ijin edar resmi Kementerian Pertanian RI dan berlisensi Lembaga Sertifikasi selain itu produk juga harus mempunyai Nomor Induk Berusaha (NIB) dan izin usaha. Hal ini dalam operasionalitasnya belum bisa memanfaatkan dan mencari informasi teknologi terutama dalam pembuatan macam-macam produk agensi hayati yang telah berkembang pesat terutama di negara-negara maju, yang sudah sadar arti kelestarian lingkungan. Akses informasi sangat mudah, pemerintah setempat mendukung tersalurkannya informasi terkait pelatihan membuat;
- (d) Kelembagaan petani yang senantiasa mendapat pembinaan baik dari dinas terkait maupun dari perguruan tinggi khususnya prodi Agroteknologi dan prodi sejenis yang relevan.

Sehubungan dengan penguatan sumberdaya manusia, maka sosialisasi, penyuluhan, pelatihan, serta pendampingan terhadap kelompok tani atau gapoktan perlu dilakukan secara periodik dan teratur. Penguasaan pengetahuan dan teknologi aplikasi biofertilizer *Trichoderma* harus dicapai sedini mungkin agar aplikasi di lapangan dapat segera dilakukan dan penyempurnaan penguasaan materi dan praktik aplikasi dapat dilakukan secara berkelanjutan.

Pendampingan oleh Mahasiswa ataupun Dosen dalam pembuatan agen hayati *Trichoderma* yaitu dimulai dari penyampaian materi yang disampaikan dalam bentuk seminar atau pelatihan ke masyarakat langsung. Kemudian setelah dilaksanakannya pelatihan kegiatan selanjutnya yaitu eksplorasi *Trichoderma* untuk mendapatkan antagonis yang berkualitas untuk memperoleh cendawan *Trichoderma* sp. dari alam. Setelah tahap eksplorasi selesai dilakukan tahap selanjutnya adalah pembuatan media yang terbuat dari bahan tambahan cuka dan gula. Salah satu nutrisi yang dibutuhkan cendawan adalah gula, karena dalam proses oksidasi, asimilasi maupun fermentasi. Ketika seluruh kegiatan tersebut sudah dilaksanakan tahap selanjutnya yaitu adalah perbanyakan agen hayati *Trichoderma*.

KESIMPULAN

Agen hayati yang diisolasi dari lahan agroforestry yaitu *Trichoderma* sp. Tc-047 berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai pupuk hayati dan biopestisida bagi upaya mendukung ketahanan pangan lokal khususnya ketahanan pangan rumah tangga. Biofertilizer dapat diproduksi di Laboratorium dengan melibatkan dosen dan mahasiswa mulai pelatihan hingga pendampingan bagi masyarakat desa dalam rangka mendukung ketahanan pangan lokal dan nasional.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] 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>
- [2] 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.
- [3] 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>.
- [4] I. Kahnonitch, Y. Lubin, and C. Korine, "Insectivorous bats in semi-arid agroecosystems – effects on foraging activity and implications for insect pest control," *Agric. Ecosyst. Environ.*, vol. 261, pp. 80–92, 2018, doi: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.11.003>.
- [5] 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>.
- [6] 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>.
- [7] 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>.
- [8] C. (USA *et al.*, "Climate change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability – IPCC WGII AR5 summary for policymakers," 2014, pp. 1–32.
- [9] P. Shi and R. Schulin, "Erosion-induced losses of carbon, nitrogen, phosphorus and heavy metals from agricultural soils of contrasting organic matter management," *Sci. Total Environ.*, vol. 618, pp. 210–218, 2018, doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.11.060>.
- [10] Wahyu Adhi Saputro, A. P. A. Santoso, and D. A. R. Amalia, "Ketahanan Pangan Rumah Tangga Kota Surakarta Di Masa Pandemi Covid-19," *Agri Wiralodra*, vol. 13, no. 2, pp. 38–44, 2021, doi: 10.31943/agriwiralodra.v13i2.37.
- [11] R. Kaplale, "AKSESIBILITAS PANGAN RUMAH TANGGA DI DESA MANUWERI KECAMATAN BABAR TIMUR KABUPATEN MALUKU BARAT DAYA," *Agri J. Agribisnis Kepul.*, vol. 7, p. 197, Sep. 2019, doi: 10.30598/agrikan.v7i2.910.
- [12] M. Husaini, "Karakteristik Sosial Ekonomi Rumah Tangga dan Tingkat Ketahanan Pangan Rumah Tangga Petani di Kabupaten Barito Kuala," *AGRIDES J. Agribisnis Perdesaan*, vol. 2, no. 4, 2012.
- [13] R. S. Ferguson and S. T. Lovell, "Permaculture for agroecology: design, movement, practice, and worldview. A review," *Agron. Sustain. Dev.*, vol. 34, no. 2, pp. 251–274, 2014, doi: 10.1007/s13593-013-0181-6.

- [14] S. Sutarman, "Growth response of red chilli plants to flowering phase against the application of Trichoderma and Pseudomonas fluorescens and P fertilizers," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 821, p. 12001, May 2020, doi: 10.1088/1757-899X/821/1/012001.
- [15] R. Mayerni, D. Rezki, and S. Heriza, "PEMBERDAYAAN MASYARAKAT MELALUI OPTIMALISASI PEMANFAATAN Trichoderma sp SEBAGAI DEKOMPOSER LIMBAH SERASAH KARET DAN PERANANNYA DALAM MENGENDALIKAN PENYAKIT JAMUR AKAR PUTIH," *LOGISTA - J. Ilm. Pengabd. Kpd. Masy.*, vol. 1, p. 33, Sep. 2017, doi: 10.25077/logista.1.2.33-40.2017.
- [16] 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.
- [17] 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.
- [18] 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.
- [19] A. A. Farihadina and Sutarman, "Application of Biological Agents of Trichoderma and Aspergillus on Cayenne Chilli Plants in Endemic Land with Fusarium Wilt," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 1104, no. 1, p. 12003, 2022, doi: 10.1088/1755-1315/1104/1/012003.
- [20] A. Wulansari, S. Sumarji, and S. Supriyono, "Strategi Pemasaran Produk Agens Hayati Trichoderma sp. Di CV Trubus Mas Lestari Kabupaten Kediri," *Manaj. Agribisnis J. Agribisnis*, vol. 22, no. 2, pp. 152–161, 2022, doi: doi:10.32503/agribisnis.v22i2.2486.
- [21] S. Rachmawatie *et al.*, "PENGUNAAN AGEN HAYATI Trichoderma Sp. UNTUK PENGENDALIAN HAMA PENYAKIT PADA TANAMAN PERTANIAN MILIK PETANI DI DESA KENOKOREJO, POLOKARTO, SUKOHARJO," *SELAPARANG J. Pengabd. Masy. Berkemajuan*, vol. 6, p. 746, Jun. 2022, doi: 10.31764/jpmb.v6i2.8986.
- [22] S. Sutarman, *Biofertilizer Fungi: Trichoderma & Mikoriza*. Sidoarjo: UMSIDA Press, 2016.
- [23] 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.
- [24] 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>
- [25] 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.
- [26] 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.

- [27] 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.
- [28] 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.
- [29] 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.
- [30] 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.
- [31] 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>
- [32] 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.
- [33] 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.
- [34] F. B. Sentosa, Sutarman, and I. R. Nurmalasari, "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.
- [35] Sutarman, P. Tjahtanti, 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.
- [36] 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.
- [37] 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.
- [38] 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.
- [39] Sutarman, A. Miftahurrohmat, I. R. Nurmalasari, 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.
- [40] 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.
- [41] 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.
- [42] Sutarman, “POTENSI *Trichoderma harzianum* SEBAGAI PENGENDALI *Fusarium oxysporum* PENYEBAB BUSUK PANGKAL BATANG TANAMAN CABAI MERAH (*Capsicum annum* L.),” *AGRITTECH Vol. XIX No. 2 144-155*, vol. XIX, no. 2, pp. 144–155, 2017.
- [43] S. Sutarman, “Pengujian *Trichoderma* SP. Sebagai Pengendali Hawar Daun Bibit Kakao Yang Disebabkan Oleh *Phytophthora Palmivora*,” *J. Hama dan Penyakit Tumbuh. Trop.*, vol. 17, no. 1, pp. 45–52, 2017.
- [44] 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.
- [45] 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.
- [46] 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.
- [47] 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>
- [48] S. Sutarman, S. Hadi, A. Achmad, and A. Suryani, “Sumber Inokulum Patogen Hawar Daun Bibit Pinus merkusii di Persemaian,” *Nabatia*, vol. 1, no. 2, pp. 267–277, 2004.
- [49] 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.hppt.11544-52.
- [50] 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.