

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 DAN 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).]

POTENSI PEMANFAATAN AGEN HAYATI INDIGEN SEBAGAI BIOFERTILIZER BAGI BUDIDAYA TANAMAN RAMAH LINGKUNGAN

Potential for Use of Individual Biological Agents as Biofertilizers for Ecofriendly Plant Cultivation

Alvin Windyawati Wati, Adiva Putri Maharani¹, Putri Zakiyyah Edwina¹, Solvia Rosa Ayunda Maharani¹, Firda Saniyah Mahda¹, Ferdinandus Tutu¹, Agus Miftahurrohmat², 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. This research aims to find Trichoderma biological agent fungi that can be used for the cultivation of environmentally friendly agricultural crops and have the potential to substitute for the use of chemicals, especially in fertilization, through a series of isolation, determination and formulation of this fungus as well as limited testing on one of the pak choy test plants. The methods used include soil sampling and identification of biological agents, formulation of biological fertilizers, limited performance testing of biological agents, and projected application of biological fertilizers. The biological agent fungus obtained was Trichoderma sp. isolate Tc-046, was able to increase the growth of plant height and number of leaves by 9.9% and 11.6% respectively. This biological agent isolate has the potential to be formulated as a biofertilizer and can be applied as a fertilizer in environmentally friendly cultivation. This biofertilizer can be produced jointly between farmer groups and the Agrotechnology study program at Muhammadiyah University of Sidoarjo (UMSIDA) which is supported by the UMSIDA Microbiology and Biotechnology Laboratory.

Keywords: Biochar, biofertilizer, Trichoderma,

Abstrak. Penelitian ini bertujuan menemukan fungi agen hayati Trichoderma yang dapat dimanfaatkan bagi budidaya tanaman pertanian yang ramah lingkungan dan berpotensi sebagai substitusi penggunaan bahan kimia khususnya dalam pemupukan, melalui rangkaian isolasi, determinasi, dan formulasi fungi ini serta pengujiannya secara terbatas pada salah satu tanaman uji pakcoy. Metode yang digunakan meliputi pengambilan sampel tanah dan indentifikasi agen hayati, formulasi pupuk hayati, uji keragaman agen hayati secara terbatas, dan proyeksi aplikasi pupuk hayati. Fungi agen hayati yang diperoleh adalah Trichoderma sp. isolate Tc-046, mampu meningkatkan pertumbuhan tinggi tanaman dan jumlah daun masing-masing sebesar 9,9% dan 11,6%. Isolat agen hayati ini berpotensi diformulasi sebagai biofertilizer dan dapat diaplikasikan sebagai pemupukan dalam budidaya ramah lingkungan. Pupuk hayati ini dapat diproduksi bersama antara kelompok tani dan pihak prodi Agroteknologi Universitas Muhammadiyah Sidoarjo (UMSIDA) yang didukung oleh Laboratorium Mikrobiologi dan Bioteknologi UMSIDA.

Kata kunci: Biokar, biofertilizer, Trichoderma

PENDAHULUAN

Budidaya secara monokultur dan penggunaan berbagai teknik budidaya. Upaya tanaman dalam rangka memenuhi kebutuhan pangan dunia telah berdampak pada degradasi kesuburan tanah dan kerusakan lahan di hampir seluruh dunia yang mengancam ketahanan pangan[1] dan pada akhirnya akan mengancam kehidupan masyarakat[2, 3]. Di lain pihak penggunaan pupuk kimia dan pestisida kimia sintetis yang kian meningkat dari tahun ke tahun telah mengancam stabilitas agroekosistem serta menekan kehidupan mikroba yang berpotensi membantu kehidupan tanaman [4, 5], bahkan mendorong kemunculan kegagalan panen akibat ledakan hama sebagai konsekuensi punahnya keragaman jenis dan kelimpahan populasi musuh alami dan berbagai mikroba agen hayati lainnya[6], [7]. Aktivitas manusia yang cenderung mengeksplotasi lahan secara berlebihan telah memunculkan penurunan kesuburan tanah pertanian dalam beberapa decade belakangan ini[8, 9]. Berbagai indikasi atas perubahan kualitas lahan itu saat ini sangat mudah dirasakan seperti kegagalan panen, penurunan produksi dan produktivitas tanaman baik tanaman pangan maupun perkebunan. Berbagai kondisi dan fakta yang berkonotasi negative ini juga terbukti telah mengancam ketahanan pangan nasional.

Untuk meminimalisir potensi ancaman ketahanan pangan, maka perbaikan kesuburan tanah dengan inovasi yang ramah lingkungan perlu dilakukan sesegera mungkin sejalan dengan pengurangan secara bertahap penggunaan bahan kimia sintetis khususnya pupuk dan pestisida. Namun demikian tidak mudah mewujudkan hal itu tanpa upaya yang serius dalam menyediakan bahan dan sumberdaya alternatifnya. Dalam hal ini diperlukan perhatian khusus pada interaksi fisik, kimia, dan biologi di pertanian melalui strategi dan implementasi bioteknologi yang menjamin, keseimbangan antarkomponen agroekosistem [10].

Agen hayati fungi *Trichoderma* merupakan salah satu alternative potensial yang dapat dimanfaatkan bagi upaya perbaikan keseimbangan antara kompoenen agroekosistem. *Trichoderma* yang sudah teruji unggul dapat diperkaya dan diimplementasikan kepertanaman baik sebagai biofertilizer maupun biofertilizer plus yang juga berperan sebagai biopestisida.

Trichoderma adalah genus fungi yang menjanjikan dalam penerapan pertanian ramah lingkungan, terutama dalam perannya sebagai penyedia nutrisi bagi tanaman dan agensia pendukung pertumbuhan tanaman. Selain berperan sebagai pengendali hayati, *Trichoderma* juga memiliki kemampuan sebagai agensia abiofertilisasi untuk tanaman[11].

Manfaat penggunaan *Trichoderma* sp. melibatkan stimulasi pertumbuhan tanaman dan peran sebagai agen hayati. Fungi agen hayati ini menginduksi peningkatan jumlah akar yang kemudian meningkatkan penyerapan unsur hara, memungkinkan pertumbuhan tanaman yang optimal. Selain itu, *Trichoderma* memiliki kemampuan untuk menguraikan unsur hara dalam tanah,

menghasilkan antibiotik glikotoksin dan viridian untuk melindungi bibit tanaman dari penyakit, serta mengeluarkan enzim β -1,3-glukanase dan kitinase yang melarutkan dinding sel patogen. Hubungan mutualisme antara *Trichoderma* sp. dan tanaman memberikan keuntungan dalam pertumbuhan dan pengendalian penyakit[12].

Fungi *Trichoderma* memiliki peran penting sebagai mikroorganisme fungsional yang umumnya dimanfaatkan sebagai pupuk biologis untuk tanah. Selain berfungsi sebagai pengurai, spesies *Trichoderma* ini sering diaplikasikan sebagai agen pengendali hayati untuk melawan patogen tanaman, serta mempromosikan pertumbuhan akar. Penggunaan *Trichoderma* juga dapat meningkatkan ketersediaan nutrisi tanaman dan mengurangi ketergantungan pada pestisidakimia[13].

Penelitian ini bertujuan menemukan fungi agen hayati *Trichoderma* yang dapat dimanfaatkan bagi budidaya tanaman pertanian yang ramah lingkungan dan berpotensi sebagai substitusi penggunaan bahan kimia khususnya dalam pemupukan, melalui rangkaian isolasi, determinasi, dan formulasi fungi ini sera pengujiannya secara terbatas pada salah satu tanaman uji 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 ini dibawa ke Laboratorium LMB-UMSIDA untuk diisolasi fungi *Trichoderma*-nya.

Sebanyak 5 gram tanah dicuplik dari sampel dan diencerkan dengan air dalam Erlenmeyer hinggamencapai 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 criteria 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 5-7 cm dipindahkan 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 selama minimal 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 Aplikasi pada Pertanian Ramah Lingkungan

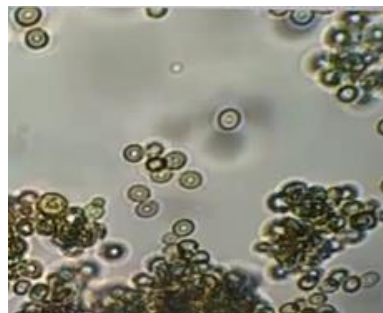
Untuk menyusun suatu proyeksi pemanfaatan biofertilizer *Trichoderma* dalam budidaya pertanian ramah lingkungan, maka dilakukan kajian referensi dari berbagai jurnal dan dokumen yang berisi data sekunder, serta observasi di lapang. Selanjutnya dilakukan pendekatan berupa (i) analisis

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 diperoleh isolat yang kemudian dideterminasi sebagai *Trichoderma* sp. isolate Tc-46. Selanjutnya menjadi koleksi Laboratorium LMB-UMSIDA. Isolat fungi ini memiliki koloni berwarna hijau pada media PDA-klorampenikol, konidiofor dan filid hialin, hifa hialin berdiameter $3,32 \pm 0,82 \mu\text{m}$, dan spora membulat berukuran $2,63 \pm 0,76 \mu\text{m}$ (Gambar 1).



Gambar 1. Penampilan koloni *Trichoderma* Tc-046 dan sporanya

Trichoderma yang berhasil diisolasi dari tanah lahan kering ini dideterminasi sebagai *Trichoderma* sp. Tc-045 yang kemudian menjadi koleksi Laboratorium Mikrobiologi dan Bioteknologi (LMB-UMSIDA). Isolat ini memiliki kemiripan dengan *Trichoderma asperillum* Tc-Jjr 02 yang juga merupakan koleksi Laboratorium LMB-UMSIDA [14]. Sel-sel hifa hialin fungi ini seperti karakteristik umumnya memiliki dinding sel yang terjalin oleh selulosa dan kitin sebagai makro molekul utamanya [15].

Trichoderma merupakan agen antagonis yang dapat menghambat aktivitas patogen tumbuhan dari kelompok jamur. Agen antagonis terhadap patogen tumbuhan merupakan mikroorganisme yang mengintervensi aktivitas patogen dalam menyebabkan penyakit, agen tersebut tidak mampu mengejar inang yang sudah masuk ke dalam jaringan tanaman, dan keefektifannya terlihat dari ketidakhadiran penyakit tersebut. Proses antagonis yang dilakukan oleh *Trichoderma* sp terhadap patogen tular tanah melibatkan parasitisme, kompetisi, dan antibiosis [16].

Di samping karakternya sebagai antagonis, Trichoderma juga berperan sebagai pengurai dalam produksi pupuk organik. Selain itu, Trichoderma memiliki kapabilitas untuk mempercepat pertumbuhan dan perkembangan tanaman, khususnya dalam meningkatkan kesehatan pertumbuhan akar dan memperluas kedalaman akar di dalam tanah. Penggunaan Trichoderma pada fase pembibitan tanaman juga dilakukan sebagai tindakan pencegahan terhadap serangan organisme pengganggu tanaman (OPT)[17].

Formula Pupuk Hayati Trichoderma

Biochar adalah bahan padat yang kaya akan karbon yang dihasilkan melalui proses pembakaran tidak sempurna atau proses pirolisis (pemanasan tanpa/terbatas oksigen). Potensi penggunaan biochar sangat besar, mengingat bahan bakunya seperti tempurung kelapa, sekam padi, kulit buah kakao, tongkol jagung, tempurung kelapa sawit, dan limbah pertanian lainnya. Biochar merupakan bahan organik karbon yang sangat stabil dan memiliki struktur mirip dengan arang. Berarti biochar memiliki daya tahan tinggi terhadap dekomposisi dan dapat bertahan didalam tanah dalam jangka waktu lama.

Biochar bukanlah pupuk melainkan pembenah tanah. Penggunaan biochar telah mendapatkan perhatian yang meningkat sebagai salah satu solusi untuk mitigasi perubahan iklim dan pengelolaan limbah organik. Seperti yang kami singgung di awal tadi bahwa biochar ini kaya akan unsur karbon. Unsur karbon adalah unsur kimia dengan simbol C dan nomor atom 6 pada tabel periodik. Karbon adalah unsur non-logam yang memiliki peran penting kimia organik. Unsur karbon memiliki berbagai macam manfaat didunia pertanian. Biochar dihasilkan melalui proses pirolisis. Proses pirolisis pada biochar adalah proses pemanasan biomassa seperti serasah tanaman, kayu, jerami, atau limbah pertanian. Pemasanan ini membutuhkan suhu yang cukup tinggi sekitar 200-350°C selama 1-5 jam tanpa maupun terbatas oksigen. Proses ini bertujuan untuk merubah biomassa menjadi bahan yang stabil, secara kimia dikenal sebagai biochar.

Hasil Uji Efikasi Terbatas

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

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

	Tinggi tanaman		Jumlahdaun	
	Aplikasi <i>Trichoderma</i>	Tanpa <i>Trichoderma</i>	Aplikasi <i>Trichoderma</i>	Tanpa <i>Trichoderma</i>
Mean	9,10	8,28	9,6**	8,6
Variance	1,23	0,59	3,3	1,3
t Stat	1,36		1,04	
P(T<=t)	0,21		0,33	
Cabe t Critical	2,31		2,30	

*Peningkatan tinggi tanaman terhadap tanpa *Trichoderma* 9,9%;

**Peningkatan jumlah daun terhadap tanpa *Trichoderma* 11,63%

Pertumbuhan tanaman sawi pakcoy yang diberi *Trichoderma* tidak menunjukkan perbedaan signifikan dibandingkan dengan media tanam tanpa *Trichoderma*. Meskipun begitu selisih Panjang tanaman dan jumlah daun menunjukkan adanya peningkatan masing-masing sebesar 9,9 dan 11,6% dibandingkan tanpa *Trichoderma*.

Pertumbuhan vegetative 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]. Aplikasi pupuk hayati *Trichoderma* berpengaruh meningkatkan pertumbuhan dan produksi biomassa berbagai tanaman di antaranya bawang merah[19], kentang[20,21], kedele[22–27], cengkeh[28], jahemerah[29], bahkan terhadap bibit tanaman mangga[30].

Proyeksi Pemanfaatan Biofertilizer dalam Budidaya ramah Lingkungan

Pertanian ramah lingkungan merupakan sistem pertanian berkelanjutan yang memiliki tujuan untuk meningkatkan dan mempertahankan produktivitas tinggi dengan memperhatikan pasokan hara dari penggunaan bahan organik, minimalisasi ketergantungan pada pupuk anorganik, perbaikan biota tanah, pengendalian organisme pengganggu tanaman (OPT) berdasarkan kondisi ekologi, dan diversifikasi tanaman[31]. Penggunaan pupuk organik yang bersumber dari mikroba lokal memiliki potensi besar untuk meningkatkan daya serap tanaman dan kesuburan tanah[32]. Salah satu agensia hayati lokal atau mikroorganisme antagonis yang sudah banyak dimanfaatkan oleh petani yaitu *Trichoderma* sp. Jamur ini mampu berfungsi sebagai mikroorganisme pelapuk yang dimanfaatkan saat proses pembuatan kompos. Selain itu, jamur ini juga bermanfaat dalam menghambat pertumbuhan patogen lain dengan cara kompetisi, antibiosis dan parasitisme. Jamur *Trichoderma* sp. Sangat mudah ditemukan di perakaran tanaman, rizosfir dan cepat berkembang biak, selain itu mempunyai daya antagonisme terhadap mikroorganisme lain, bersifat lestari karena *Trichoderma* sp. akan tetap berada dalam tanah selama bahan organik masih tersedia, tidak

mengeluarkan toksin bagi manusia, aman terhadap lingkungan, murah dan efektifitasnya dapat bertahan lama. Hal inilah yang mendorong banyaknya pengembangan teknik-teknik penggunaan jamur *Trichoderma* sp. dalam upaya pengendalian penyakit tanaman[33].

Kondisi tanah yang baik dapat mendukung pertumbuhan tanaman dengan baik dan menjadi rumah yang baik juga untuk biota tanah termasuk mikrobiologi tanah yang baik[18]. *Trichoderma* juga menghasilkan anti metabolit dan fungitoksik yang dapat menekan dan mengendalikan pathogen dari jenis jamur patogen[34]. Sementara itu senyawa ekstraselular yang dihasilkan fungi ini juga mendorong aktivitas hidup mikroorganisme lain yang yang biasa membantu tanaman di rhizofe[35–37]. *Trichoderma* telah teruji efektif sebagai agen biocontrol yang mampu mengendalikan pathogen *damping off*[38], *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], *Diplodia* spp. penyebab busuk batang tanaman jeruk[44], *Pestalotia theae* penyebab hawar daun teh, pinus, dan tanaman keras lainnya[45–48], bahkan mampu mengendalikan bakteri *Ralstoniasolanacearum* penyebab busuk pada tembakau dan tanaman lain yang sekerabat[49].

Pertanian ramah lingkungan pada masa sekarang sangat dibutuhkan oleh para petani dikarenakan lahan pertanian saat ini memiliki kualitas tanah yang sangat rendah dengan tekstur keras, hal ini disebabkan oleh kebiasaan petani dalam penggunaan pestisida kimia dan pupuk anorganik dengan dosis tinggi. Penggunaan bahan kimia tersebut dapat berdampak pada pengurangan jumlah unsur hara di dalam tanah [32]. Ada beberapa jenis lahan yang berpotensi untuk ditanami tanaman pangan atau sayuran salah satunya yaitu lahan pekarangan. Pekarangan merupakan lahan terbuka yang terdapat di sekitar rumah tinggal dan merupakan lahan potensial yang dapat dimanfaatkan untuk menanam tanaman seperti tanaman hias, buah-buahan, sayur-mayur, rempah-rempah dan obat-obatan [53].

Budidaya ramah lingkungan bertujuan untuk meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan dan ekosistem. Beberapa jenis tanaman yang berpotensi ditanam dalam budidaya ramah lingkungan termasuk:

1. Tanaman organik; sayuran dan buah-buahan: Pilih varietas organik dari sayuran dan buah-buahan yang dapat tumbuh dengan menggunakan praktik pertanian organik tanpa penggunaan pestisida dan pupuk kimia;
2. Tanaman penutup tanah; rumput atau tanaman penutup tanah membantu mencegah erosi tanah, meningkatkan kualitas tanah, dan mengurangi kebutuhan akan herbisida;

3. Tanaman perennials; tanaman kelompok ini memerlukan lebih sedikit penggantian dan pemeliharaan dibandingkan dengan tanaman tahunan, sehingga dapat mengurangi dampak lingkungan.
4. Tanaman kacang-kacangan dan legume; dikenal berperan memperbaiki nitrogen dalam tanah sekaligus mengurangi kebutuhan pupuk nitrogen sintetis;
5. Tanaman lain yang berperan menjaga keseimbangan ekosistem, mengkonservasi lahan, dan berperan sebagai penyerap karbon.

Biofertilizer *Trichoderma* yang akan digunakan harus tersedia di lahan. Dengan demikian penting untuk disusun strategi dalam penyiapannya yang melibatkan kelompok tani. Pupuk hayati ini dapat diproduksi bersama antara kelompok tani atau Gapoktan dan Prodi Agroteknologi yang melibatkan dosen/ahli, mahasiswa dan dukungan Laboratorium Mikrobiologi dan Bioteknologi Universitas Muhammadiyah Sidoarjo (LMB-UMSIDA).

Pengiriman formula *Trichoderma* ke masyarakat dapat melibatkan beberapa langkah untuk memastikan produk tetap efektif dan aman selama distribusi. Berikut adalah beberapa langkah umum yang dapat diambil:

1. Pengemasan yang tepat dan memastikan formula *Trichoderma* dikemas dengan baik untuk melindungi mikroorganisme hidup dari faktor-faktor yang dapat merusaknya, seperti cahaya, kelembaban, dan suhu yang tidak sesuai. Kemasan harus dirancang agar tahan terhadap guncangan dan tekanan selama pengiriman;
2. Informasi produk, meliputi panduan penggunaan dan informasi lengkap tentang produk pada kemasan. Ini akan membantu petani atau konsumen akhir dalam mengaplikasikan formula *Trichoderma* dengan benar;
3. Transportasi yang sesuai yaitu dengan metode pengiriman yang sesuai untuk memastikan keberlanjutan mikroorganisme hidup. Pengiriman dengan kendaraan yang dilengkapi dengan pendingin atau pengatur suhu, terutama jika produk dikirim dalam bentuk cair, dapat membantu mempertahankan viabilitas *Trichoderma*;
4. Pelatihan dan edukasi, memerlukan penyiapan materi edukasi atau pelatihan untuk petani atau pengguna akhir agar mereka memahami cara menggunakan formula *Trichoderma* dengan benar. Ini dapat membantu memaksimalkan manfaatnya;
5. Koordinasi dengan pihak distributor dan pengecer, jika formula *Trichoderma* dijual melalui distributor atau pengecer, pastikan untuk berkoordinasi dengan mereka untuk memastikan bahwa produk disimpan dan dikirimkan sesuai dengan persyaratan yang diperlukan.

KESIMPULAN

Agen hayati yang diisolasi dari lahan agroforestry yaitu *Trichoderma* sp. isolate Tc-046 berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai pupuk hayati bagi upaya mendukung pertanian ramah lingkungan. Biofertilizer plus *Trichoderma* ini dapat diproduksi di Laboratorium atau kelompok tani tertentu yang berkolaborasi dengan dosen dan mahasiswa Prodi Agroteknologi dalam rangka mewujudkan budidaya pertanian ramah lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Campbell, B.M.; Beare, D.J.; Bennett, E.M.; Hall-Spencer, J.M.; Ingram, J.S.I.; Jaramillo, F.; Ortiz, R.; Ramankutty, N.; Sayer, J.A.; Shindell, D. Agriculture production as a major driver of the Earth system exceeding planetary boundaries. *E&S* **2017**, 22, 8.
- [2] Emmerson, M.; Morales, M.B.; Oñate, J.J.; Batáry, P.; Berendse, F.; Liira, J.; Aavik, T.; Guerrero, I.; Bommarco, R.; Eggers, S.; et al. How Agricultural Intensification Affects Biodiversity and Ecosystem Services. *Adv. Ecol. Res.* **2016**, 55, 43–97.
- [3] Grab, H.; Danforth, B.; Poveda, K.; Loeb, G. Landscape simplification reduces classical biological control and crop yield. *Ecol. Appl.* **2018**, 28, 348–355.
- [4] Kahnonitch, I.; Lubin, Y.; Korine, C. Insectivorous bats in semi-arid agroecosystems—Effects on foraging activity and implications for insect pest control. *Agric. Ecosyst. Environ.* **2018**, 261, 80–92.
- [5] Evans, A.N.; Llanos, J.E.; Kunin, W.E.; Evison, S.E. Indirect effects of agricultural pesticide use on parasite prevalence in wild pollinators. *Agric. Ecosyst. Environ.* **2018**, 258, 40–48.
- [6] Assandri, G.; Bogliani, G.; Pedrini, P.; Brambilla, M. Beautiful agricultural landscapes promote cultural ecosystem services and biodiversity conservation. *Agric. Ecosyst. Environ.* **2018**, 256, 200–210.
- [7] Monck-Whipp, L.; Martin, A.E.; Francis, C.M.; Fahrig, L. Farmland heterogeneity benefits bats in agricultural landscapes. *Agric. Ecosyst. Environ.* **2018**, 253, 131–139.
- [8] Barros, V.R.; Field, C.B.; Dokke, D.J.; Mastrandea, M.D.; Mach, K.J.; Bilir, T.E.; Chatterjee, M.; Ebi, K.L.; Estrada, Y.O.; Genova, R.C. Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects; Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change; IPCC: Geneva, Switzerland, 2014.
- [9] Shi, P.; Schulin, R. Erosion-induced losses of carbon, nitrogen, phosphorus and heavy metals from agricultural soils of contrasting organic matter management. *Sci. Total Environ.* **2018**, 618, 210–218.
- [10] Ferguson, R.S.; Lovell, S.T. Permaculture for agroecology: Design, movement, practice, and worldview. A review. *Agron. Sustain. Dev.* **2014**, 34, 251–274.
- [11] Sutarman & Prahasti, T. 2022. Uji keragaan *Trichoderma* sebagai pupuk hayati dalam meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman bawangmerah. *Jurnal Agrotek Tropika* 10(3):421-428. DOI:<http://dx.doi.org/10.23960/jat.v10i3.5737>
- [12] D. S. I Made, A. I Nengah, and A. S. W. Gusti Ngurah, “Efektifitas Pemberian Kompos *Trichoderma* Sp. terhadap Pertumbuhan Tanaman Cabai (*Capsicum Annum* L.),” *E-Jurnal Agroteknologi Trop. (Journal Trop. Agroecotechnology)*, vol. 6, no. 1, pp. 21–30, 2017.

- [13] S. Rizal and T. D. Susanti, "Peranan Jamur *Trichoderma* sp yang Diberikan terhadap Pertumbuhan Tanaman Kedelai (*Glycine max* L.)," *Sainmatika J. Ilm. Mat. dan Ilmu Pengetah. Alam*, vol. 15, no. 1, p. 23, 2018, doi: 10.31851/sainmatika.v15i1.1759.
- [14] Sutarman, P. Tjahjanti, A. E. Prihatinigrum, 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.
- [15] Sutarman, PH Tjahjanti, E Widodo, AT Kusuma. [The use of mushroom growing media waste for making composite particle board/ IOP](#)
- [16] Bukhari & Nuryulsen Safridar, "Identifikasi tambahan *Trichoderma* pada pisang dari induk terbaik yang telah mendapat perlakuan *Trichoderma* untuk menekan Layu Fusarium," *J. Agroristek*, vol. 3, no. 1, pp. 1–12, 2020.
- [17] W. Haristia, A. K. B, and T. Pribadi, "Perbanyak Agen Hayati *Trichoderma* Sp. Menggunakan Media Beras di Laboratorium Pengamatan Hama dan Penyakit Tanaman Banyumas," *Proc. Ser. Phys. Form. Sci.*, vol. 2, pp. 240–249, 2021, doi: 10.30595/pspfs.v2i.192.
- [18] Sutarman. 2016. *Biofertilizer fungsi Trichoderma & Mikoriza*. Umsida Press. Sidoarjo
- [19] Sutarman, Prihatiningrum, A.E., Sukarno, A. & Miftahurrohmat, A. 2018. Initial growth response of shallot on *Trichoderma* formulated in oyster mushroom cultivation waste. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* **420**(1), 012064. DOI:10.1088/1757-899X/420/1/012064
- [20] Sutarman & Putra, V.P. 2018. *Trichoderma* sp. biopesticide application against vegetative biomass and potato (*Solanum tuberosum*). *Nabatia* **6**(2), 57-62
- [21] Sutarman. 2018. Uji *Trichoderma* *zianum* sebagai biofertilizer dan biopestisida untuk pengendalian hawar tajuk dan layu tanaman kentang. Prosiding Seminar Nasional Optimalisasi Sumberdaya Lokal Untuk Mewujudkan Kedaulatan Pangan, Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Purwokerto, Purwokerto 26 Juni 2018, p. 210-217
- [22] 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.
- [23] Sutarman, Andriani E. Prihatiningrum, Noviana Indarwati, Risalatul Hasanah and Agus Miftahurrohmat (2023) The Role of *Trichoderma* in The Early Growth of Rice and Soybean in Saline Soils. *E3S Web of Conferences* **444**, 04006 (2023). Doi: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202344404006>
- [24] Sutarman & Miftahurrohmat, A. 2018. 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.* **420** 012069. DOI:10.1088/1757-899X/420/1/012069
- [25] Miftahurrohmat, A. & Sutarman. 2020. Utilization of *Trichoderma* sp. and *Pseudomonas fluorescens* as biofertilizer in shade-resistant soybean. *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* **821** 012002. doi:10.1088/1757-899X/821/1/012002
- [26] Sutarman, & Miftahurrohmat, A. 2021. The vegetative growth response of detam soybean varieties towards *Bacillus subtilis* and *Trichoderma* sp. applications as biofertilizer. *E3S Web of Conferences* **232**, 03024. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202123203024>
- [27] Sutarman. 2018. Aplikasi biofertilizer pada kedele tahan naungan. Umsida Press. Sidoarjo. DOI: <https://doi.org/10.21070/2018/978-979-3401-92-8>

- [28] Sutarman, Maharani, N.P., Wachid, A., Abror, M., AlMachfud, & Miftahurrohmat, A. 2019. Effect of ectomycorrhizal fungi and *Trichoderma harzianum* on the clove (*Syzygium aromaticum* L.) seedlings performances. *J. Phys.: Conf. Ser.* **1232** 01202. doi:10.1088/1742-6596/1232/1/012022
- [29] Sutarman. 2019. Respons tanaman jahe merah (*Zingiber officinale*) terhadap ekstrak bawang merah dan pupuk hayati Trichoderma. *Daun: Jurnal Ilmiah Pertanian dan Kehutanan* **6**(1), 62-76. DOI: <https://doi.org/10.33084/daun.v6i1.922>
- [30] Sentosa, F.B., Sutarman, Nurmalasari, I.R. 2021. The effect of *Trichoderma* and onion extract on the success of grafting in mango seedlings. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* **819** 012008, DOI 10.1088/1755-1315/819/1/012008
- [31] A. A. Santoso, E. Yulianingsih, M. Fikra, K. Pati, and A. Info, "Serangan hama penyakit pada teknologi budidaya padi ramah lingkungan," vol. 1, no. November, 2022.
- [32] Ratnawati, S. Sudewi, K. Jaya, and Sayani, "Pengelolaan Tanaman Padi Sawah Ramah Lingkungan Dengan Pemanfaatan *Trichoderma* sp Sebagai Biofertilizer Dan Biopestisida Di Desa Bomba Kabupaten Sigi," *J. Pengabd. Kpd. Masy.*, vol. 6, no. 4, pp. 843–851, 2022.
- [33] Antony et al., "Pemanfaatan trichoderma sp Sebagai Agnesia Hayati Untuk Mendukung Pertanian Berkelanjutan di Desa Pudak Kecamatan Kumpeh Ulu Kabupaten Muaro Jambi," *J. Pemanfaat. trichoderma sp Sebagai Agnesia Hayati Untuk Mendukung Pertan. Berkelanjutan di Desa Pudak Kec. Kumpeh Ulu Kabupaten Muaro Jambi*, *Jur. Agroekoteknologi, Fak. Pertan. Univ. Jambi*, vol. 29, no. 1, pp. 79–82, 2019.
- [34] Sutarman. 2016. Biofertilizer fungsi Trichoderma & Mikoriza. Umsida Press. Sidoarjo
- [35] Sutarman, Hadi, S., Suryani, A., Achmad, Saefuddin, A. 2004. Patogenesis hawar daun bibit *Pinus Merkusii* yang disebabkan oleh *Pestalotia theae* dipesemaian. *Jurnal Hamadan Penyakit Tumbuhan Tropika* **4**(1), 32-41
- [36] Sutarman, Hadi, S., Suryani, A., Achmad, Saefuddin, A. 2004. Patogenesis hawar daun bibit *Pinus Merkusii* yang disebabkan oleh *Pestalotia theae* dipesemaian. *Jurnal Hamadan Penyakit Tumbuhan Tropika* **4**(1), 32-41
- [37] Sutarman & Miftahurrohmat, A. 2021. Fungistatic effect of *Ipomea carnea* extract and *Trichoderma asperellum* against various fungal biological agents. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* **1012** 012046. DOI 10.1088/1755-1315/1012/1/012046
- [38] I D Yuliantoro, A E Prihatiningrum, Sutarman. (2023) Exploration and Inhibition Test of *Penicillium* sp. In Vitro by *Trichoderma*. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 1242 (2023) 012012. DOI: <http://dx.doi:10.1088/1755-1315/1242/1/012012>
- [39] Sutarman, Antika D. Anggreini, Andriani E. Prihatiningrum and Agus Miftahurrohmat. Application of Biofertilizing Agents and Entomopathogenic Fungi in Lowland Rice. *E3S Web of Conferences* **444**, 04009 (2023). Doi: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202344404009>
- [40] E Andriani, A E Prihatiningrum, Sutarman (2023) Enhanced Soybean Growth and Damping-off Disease Suppression via *Trichoderma asperellum* and Liquid Tofu Waste Co-application. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 1242 012008. DOI: <http://dx.doi:10.1088/1755-1315/1242/1/012008>
- [41] Sutarman, Miftahurrohmat, A., Nurmalasari, I.R. Prihatiningrum, A.E.. 2021. In vitro evaluation of the inhibitory power of *Trichoderma harzianum* against pathogens that cause anthracnose in chili. *J. Phys.: Conf. Ser.* **1764** 012026. doi:10.1088/1742-6596/1764/1/012026

- [42] 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.
- [43] Wachid, A. & Sutarman. 2019. Inhibitory power test of two *Trichoderma* isolates in in vitro way against *Fusarium oxysporum* the cause of red chilli stem rot. *J. Phys.: Conf. Ser.* **1232** 012020. DOI 10.1088/1742-6596/1232/1/012020
- [44] Sutarman. 2018. Potensi *Trichoderma harzianum* sebagai pengendali *Fusarium oxysporum* penyebab busuk pangkal batang tanaman cabai merah (*Capsicum annum* L.). *Agritech*: **19**(2):144-155
- [45] Sutarman. 2017. Pengujian *Trichoderma* sp. sebagai pengendali hawar daun bibit kakao yang disebabkan oleh *Phytophthora palmivora*. *Jurnal Hamadan Penyakit Tumbuhan Tropika* **17**(1), 45-52
- [46] Silvia, M. & Sutarman, 2021. 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.* **819** 012007. DOI 10.1088/1755-1315/819/1/012007
- [47] Sutarman, Saefuddin, A. Achmad. 2004. Epidemiology of needle blight on *Pinus merkusii* seedlings incited by *Pestalotia theae*. *J. Manaj. Hutan Trop.* **10**, 1-10.
- [48] Sutarman, Achmad, Hadi, S. 2001. Penyakit hawar daun jarum bibit *Pinus merkusii* di persemaian (needles blight disease of *Pinus merkusii* seedlings on nursery). *Agritek* **9**(4), 1419-1427
- [49] Sutarman, Hadi, S., Saefuddin, A., Achmad & Suryani, A. 2004. Sumber inokulum patogen hawar daun bibit *Pinus merkusii* di persemaian. *Nabatia* **1**(2), 267-277
- [50] Sutarman, Hadi, S., Saefuddin, A., Achmad & Suryani, A. 2004. Epidemiologi hawar daun bibit *Pinus merkusii* yang disebabkan oleh *Pestalotia theae* (Epidemiology of needle blight on *Pinus merkusii* seedlings incited by *Pestalotia theae*). *Jurnal Manajemen Hutan Tropika* **10**(1), 43-60
- [51] Sutarman, A.E. Prihatiningrum. 2015. Penyakit hawar daun *Pinus merkusii* diberbagai persemaian kawasan utama hutan pinus Jawa Timur. *Jurnal Hamadan Penyakit Tumbuhan Tropika* **15**(1), 44-52
- [52] Sutarman, Jalaluddin, A.K., Li'aini, A.S., Prihatiningrum, A.E. 2021. Characterizations of *Trichoderma* sp. and its effect on *Ralstonia solanacearum* of tobacco seedlings. *Jurnal Hamadan Penyakit Tumbuhan Tropika* **21**(1), 8-19. DOI: [10.23960/jhptt.1218-19](https://doi.org/10.23960/jhptt.1218-19)
- [53] Z. Anggraheni and I. Hanifuddin, "Pemenuhan Kebutuhan Sayur melalui Pendayagunaan Lahan Pekarangan bersama Masyarakat Dusun Tegalrejo Lor," *Ekon. J. Pengabd. Masy.*, vol. 2, no. 2, pp. 53–64, 2021.