Tropical Microbiome Journal
https://ejournal.uksw.edu/jtm
(2023) Vol. 1 No. 1: 73-89
Doo et al.

Trichoderma spp., Si Jamur Multi Fungsi

Trichoderma spp., The Multi-Functional Fungus

Sheina Revania Putri Doo[1], V. Irene Meitiniarti[1*], Sri Kasmiyati[1], E. Betty Elok Kristiani[1]

[1]Program Studi Magister Biologi, Fakultas Biologi, Universitas Kristen Satya Wacana Jl. Diponegoro 52-60, Salatiga, 50711, Indonesia

*penulis korespondensi: irene.meitiniarti@uksw.edu

Diterima: 28 November 2023, Disetujui: 30 November 2023, Diterbitkan: 1 Desember 2023

Abstrak. Di Indonesia sebagian besar petani masih menggunakan pestisida kimia sebagai pengendalian penyakit tanaman. Namun penggunaan pestisida yang tidak terkontrol dapat memberikan dampak yang buruk pada lingkungan dan kesehatan konsumen serta biaya produksi yang mahal bagi para petani. Salah satu alternatif yang dapat dikembangkan oleh petani terutama di Indonesia pada masa depan adalah memanfaatkan *Trichoderma spp.* sebagai pemacu pertumbuhan tanaman vegetatif seperti kentang, terung ungu, kedelai, karet, kakao dan tanaman lain, serta menekan dan mengendalikan penyakit yang disebabkan oleh patogen seperti *Phytophthora infestans, Fusarium oxysporum f. sp. adzuki, Pythium arrhenomanes, Rigidoporus microporus, P. solanacearum, Aspergillus niger, Colletotrichum lini, Botrytis alli,* dan lain-lain. Pengendalian penyakit tanaman menggunakan *Trichoderma spp.* merupakan proses pengendalian yang ramah lingkungan. Peran *Trichoderma spp*. sebagai pengendalian penyakit, pupuk hayati, elistor produksi metabolit sekunder, pemanfaatan gen *Trichoderma* dalam pembentukan tanaman transgenik dan sebagai agen bioremediasi. Ulasan ini mengkaji lebih dalam manfaat *Trichoderma spp.,* bagaimana jamur ini dapat melakukan peranannya, aplikasi *Trichoderma spp.,* khususnya di Indonesia serta prospek penggunaan *Trichoderma spp.* di Indonesia.

Kata kunci: bioremediasi, pengendalian penyakit, pupuk hayati, tanaman transgenik, *Trichoderma spp*.

Abstract. In Indonesia, most of the farmers still use chemical pesticides to control plant diseases. However, uncontrolled use of pesticides can harm the environment and consumer health as well as expensive production costs for farmers. One alternative that can be developed by farmers, especially in Indonesia, in the future is to utilize *Trichoderma spp.* as a growth promoter for vegetative plants such as potatoes, purple eggplant, soybeans, rubber, cocoa, and other plants, as well as suppressing and controlling diseases caused by pathogens such as *Phytophthora infestans, Fusarium oxysporum f. sp. adzuki and Pythium arrhenomanes, Rigidoporus microporus, P. solanacearum, Aspergillus niger, Colletotrichum lini, Botrytis alli* and others. Plant disease control using *Trichoderma spp.* is an environmentally friendly control process. The role of *Trichoderma spp.* as disease control, biofertilizer, elicitor of secondary metabolic production, utilization of *Trichoderma* genes in the formation of transgenic plants and as a bioremediation agent. This review examines in more depth the benefits of *Trichoderma spp*., how this fungus can play its role, the application of *Trichoderma spp.*, especially in Indonesia and the prospects for using *Trichoderma spp.* in Indonesia.

Keywords: bioremediation, disease control, biofertilizers, transgenic plants, *Trichoderma spp*.

PENDAHULUAN

Penyakit tanaman yang disebabkan oleh patogen menjadi masalah serius bagi para petani dan perlu tindakan untuk mengendalikan penyakit yang menyerang tanaman tersebut. Di Indonesia, sebagian besar petani masih menggunakan pestisida kimia sebagai pengendalian penyakit tanaman. Namun penggunaan pestisida yang tidak terkontrol dapat memberikan dampak yang buruk pada lingkungan dan kesehatan konsumen serta biaya produksi yang mahal bagi para petani. Salah satu alternatif yang dapat dikembangkan oleh petani terutama di Indonesia di masa depan adalah memanfaatkan *Trichoderma spp.* untuk mengendalikan penyakit pada tanaman. Pengendalian penyakit tanaman menggunakan *Trichoderma spp.* selain merupakan proses pengendalian yang ramah lingkungan, juga terbukti dapat menekan pertumbuhan patogen serta membantu pertumbuhan vegetatif tanaman.

Beberapa penelitian melaporkan bahwa *Trichoderma spp.* dapat dimanfaatkan sebagai pengendalian penyakit tanaman (Damiri et al., 2014; Herman et al., 2014; Purwantisari dan Evendi, 2015), penyusun pupuk hayati (biofertilizer) (Sutarman, 2017) dan sebagai elisitor produksi metabolit sekunder. *Trichoderma* juga dapat menghasilkan enzim β-1,3 glukanase dan kitinase (Adriansyah et al., 2015). Melihat begitu banyak manfaat dari *Trichoderma spp.,* review ini ingin mengkaji peranan, manfaat, dan aplikasi *Trichoderma spp*., khususnya prospek penggunaan *Trichoderma spp.* di Indonesia.

KARAKTER *Trichoderma* DAN POSISINYA DALAM KLASIFIKASI

A. Karakter Morfologi dan Fisiologi *Trichoderma spp.*

Karakterisasi morfologi *Trichoderma spp.* dibedakan secara makroskopis maupun mikroskopis. Karakter morfologi yang diamati secara makroskopis meliputi warna dan bentuk koloni. Sedangkan karakter morfologi yang diamati secara mikroskopis meliputi bentuk konidiofor, fialid dan konidia. Gusnawaty et al. (2014) melaporkan morfologi makroskopis dari lima spesies *Trichoderma spp* yang diteliti yaitu T. *hamantum, T. koningii, T.*

harzianum, T. polysporum dan T. aureoviride. Selama 7 hari pengamatan, walaupun bentuk koloni setiap isolat sama (berbentuk bulat), tetapi warna koloni mengalami perubahan. Warna koloni dari lima spesies *Trichoderma* awalnya berwarna putih, lalu menjadi putih agak kehijauan, hijau muda, hijau dan hijau tua. Namun pada *T. hamantum* warna koloni kekuningan muncul hingga waktu pengamatan ke 7 hari setelah inkubasi (HSI), tetapi warna kekuningan pada *T. polysporum* terjadi hanya pada waktu pengamatan ke 3 sampai ke 5 HSI.

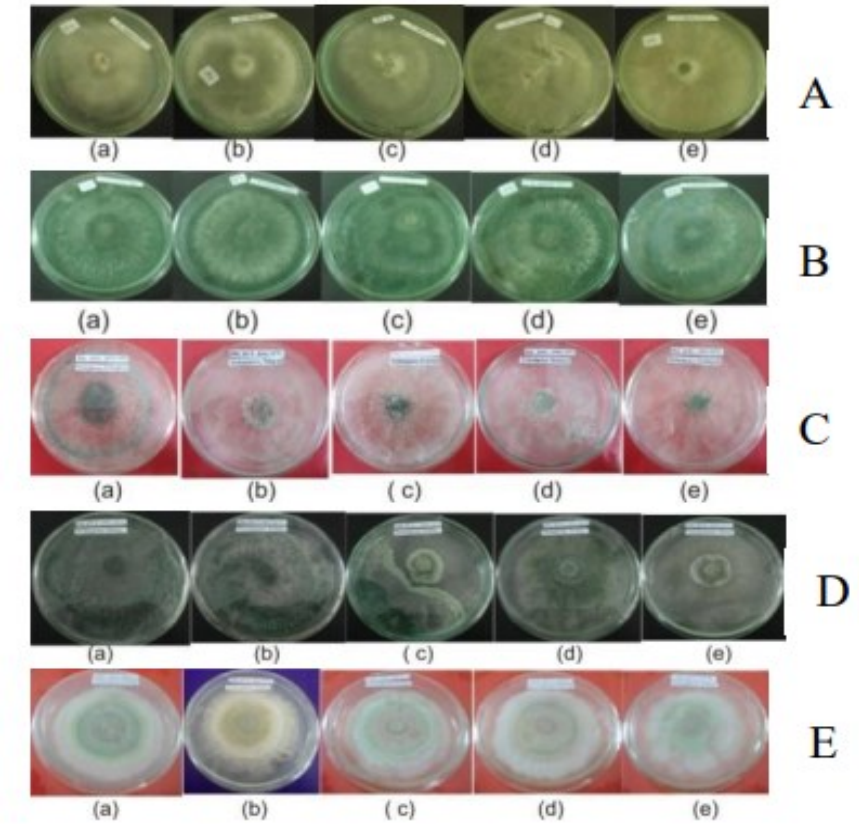
Dalam hal karakter morfologi mikroskopis terdapat perbedaan di antara ke 5 spesies *Trichoderma* yang diamati. Karakter konidiofor dan fialid dapat digunakan sebagai pembedaan untuk ke 5 spesies *Trichoderma*. Karakter morfologi mikroskopis yaitu bentuk konidiofor, fialid dan konidia dari ke 5 spesies *Trichoderma* tersebut dapat dilihat di Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik morfologi mikroskopik (bentuk konidiofor, fialid, dan konidia) dari beberapa spesies *Trichoderma*

No	Spesies	Sandi Isolat	Mikroskopis			Referensi
			Konidiofor	Fialid	Konidia	
1.	*T. hamantum*	ASL	Tegak, bercabang	Pendek, tebal	Oval	Gusnawaty et al., 2014
2.	*T. koningii*	DKP,DPA DKT,APS	Tegak, bercabang	Kecil, lancip	Oval	Gusnawaty et al., 2014
3.	*T. harzianum*	LPS, LKO, BPS	Bercabang	Pendek, tebal	Oval	Gusnawaty et al., 2014
4.	*T. polysporum*	LKP	Bercabang	Panjang, luas	Oval	Gusnawaty et al., 2014
5.	*T. pachybasium*			Gemuk pendek		Jumadi et al., 2021
6.	*T. longibrachia-tum*			Panjang silindris		Jumadi et al., 2021

Trichoderma bertumbuh setelah 5-6 hari diinkubasi pada media kultur agar. *Trichoderma sp*. dapat tumbuh pada kisaran suhu 15-35^{o}C. Sulistiyono (2017) dalam penelitiannya melaporkan bahwa *Trichoderma* mampu hidup pada suhu 15^{o}C pada hari ketujuh dengan diameter koloni sebesar 9 cm dan koloni berwarna putih, namun tidak dapat membentuk konidium sampai hari ketujuh. Sedangkan pada suhu

20°C, 25°C dan 30°C. *Trichoderma* dapat membentuk konidium hingga hari ketujuh pada seluruh bagian cawan petri yang berdiamater 9 cm dengan pola lingkaran. Pada suhu 35°C, diameter koloni berkisaran 7,5-8,4 dan konidium terbentuk hanya di tengah cawan petri.



Gambar 1. Bentuk dan warna koloni *Trichoderma* pada berbagai suhu (A. suhu 15°C, B. suhu 20°C, C. suhu 25°C, D. suhu 30°C, dan E. suhu 35°C) serta pH (a. pH 4, b. pH 5, c. pH 6, d. pH 7, dan e. pH 8) (Sulistiyono, 2017)

Warna koloni *Trichoderma sp*. pada media agar akan diawali dengan warna putih (warna miselium), yang kemudian diikuti dengan pembentukan konidium yang menyebar dan menebal membentuk pola cincin berwarna kehijauan. Warna koloni berubah menjadi kehijauan karena adanya pembentukan konidium. Beberapa faktor

fisik seperti perbedaan suhu dapat mempengaruhi perbedaan diameter pertumbuhan dan warna koloni serta perubahan struktur, bentuk, ukuran dan warna miselum. Bentuk dan warna koloni *Trichoderma* pada berbagai suhu dapat dilihat pada Gambar 1.

B. Taksonomi

Trichoderma berdasarkan morfologi miselium dan alat reproduksinya diklasifikasikan sebagai berikut:

Kingdom : Fungi
Sub kingdom : *Dikaryota*
Super divisi : *Ascomycota*
Divisi : *Pezizomycotina*
Kelas : *Ordariomycetes*
Subkelas : *Hypocreomycetes*
Ordo : *Hypocreales*
Famili : *Hypocreaceae*

Genus *Trichoderma* dibedakan menjadi beberapa spesies, yaitu *T. hamantum, T. koningii, T. harzianum, T. polysporum, T. aureoviride, T. piluliferum, T. longibrachyatum, T. pseudokoningii, T. viride. T. reesei , T. atroviride , T. virens* dan *T. lignorum* (Jumadi et al., 2021; Sulistiyono, 2017; Kunamneni et al., 2014).

PERAN *Trichoderma* DALAM PENGENDALIAN PENYAKIT

Trichoderma adalah obat biokontrol dan digunakan secara luas untuk pengendalian penyakit pasca-panen. *Trichoderma* telah digunakan dengan sukses melawan bermacam-macam patogen fungi. Peran *Trichoderma* dalam pengendalian penyakit pada beberapa tanaman sebagai jamur antagonis dan biokontrol dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. *Trichoderma* dalam pengendalian penyakit pada beberapa tanaman

Nama Tanaman	Nama Penyakit	Penyebab	Jenis Trichoderma	Referensi
Kentang	Hawar daun kentang	*Phytophthora infestans*	*Trichoderma viride*	*Purwantisari et al., 2015*
Pisang	Penyakit layu	*Fusarium oxysporum*	*Trichoderma viride*	*Suharjono et al., 2019*
Karet	Patogen akar putih	*Rigidoporus microporus*	*Trichoderma viride*	*Damiri et al., 2014*
Ketimum	Penyakit layu vaskuler	*F. oxysporum f. sp. cucumerinum*	*Trichoderma spp.*	*Saravanakumar et al. 2015*
Bibit kakao *C.theobromae*	Vascular Streak Dieback (VSD)	*Oncobasidium theobromae*	*Trichoderma spp.*	*Harni et al. 2017*
Pisang	*Penyakit layu*	*Fusarium*	*Trichoderma sp.*	*Suharjono et al. 2019*

Mekanisme *Trichoderma* sebagai pengendali fitopatogen dapat melalui sifat hiperparasit yang dapat merusak patogen dengan menghasilkan senyawa yang dapat melisiskan hifa jamur patogen (Herman et al., 2014). *Trichoderma* dapat menginfeksi inangnya melalui tahap pertumbuhan hifa secara langsung, kontak, pengenalan inang, penempelan hifa *Trichoderma* pada hifa inang, pembentukan apresorium pada permukaan inang, penetrasi dan keluar (melisiskan hifa inang). *Trichoderma* mampu mengendalikan fitopatogen karena mampu menghasilkan berbagai variasi enzim seperti ekso- dan endoglukanase, selobiase, kitinase, selulase dan protease. Enzim-enzim ini dapat merusak struktur dinding inang. *Trichoderma sp* dapat menghasilkan enzim β-1,3-glukanase dan kitinase yang secara aktif mendegradasi sel-sel jamur lain yang sebagian besar tersusun dari bahan β-1,3 glukon dan kitin. Kemampuan *Trichoderma sp.* menghasilkan enzim tersebut menyebabkan miselium *Trichoderma sp.* dapat menetrasi hifa jamur lain. Saravanakumar et al. (2015) melaporkan bahwa endofit Trichoderma spp. mampu menekan penyakit layu vaskuler yang disebabkan oleh *F. oxysporum* f. sp. cucumerinum (FOC) pada ketimun hingga 71,67% (T10) karena kemampuan endofit *Trichoderma spp.* dalam mensintesis enzim pendegradasi dinding jamur patogen. Selain itu, *Trichoderma* juga mampu kompetisi dengan inang dalam penyerapan nutrisi (Damiri et al., 2014).

Selain melalui pembentukan enzim-enzim yang berperan dalam melisiskan jamur patogen, *Trichoderma* juga mampu menghasilkan metabolit sekunder yang dapat digunakan untuk menghambat atau mematikan jamur atau bakteri patogen. Dalam pengendalian patogen penyebab Vascular Streak Dieback (VSD) pada bibit *C. theobromae*, yang sulit dikendalikan dengan fungisida (karena berada dalam jaringan pembuluh), terbukti metabolit sekunder *Trichoderma spp.* efektif digunakan. Metabolit sekunder yang dihasilkan oleh *Trichoderma* dapat berfungsi dalam ketahanan tanaman terhadap patogen penganggu tanaman (Harni et al., 2017).

Penelitian pada beberapa tanaman pisang (Suharjono et al., 2019) menunjukkan bahwa miselium *Trichoderma*

sp. mampu menghasilkan senyawa toksik dan merupakan antibiotik sesquiterpene. Senyawa-senyawa ini ddapat melisiskan miselium *Fusarium* apabila terjadi kontak langsung dengan *Trichoderma*. Jamur antagonis ini mampu menghambat pertumbuhan *Fusarium* dengan jarak paling efektif dalam menghambat *Fusarium* sebesar 1 cm. Semakin dekat jarak antar inokulum maka semakin besar dan efektif daya antagonisnya. Sedangkan semakin jauh jarak antar inokulum maka semakin kecil daya antagonisnya.

Menurut Adriansyah et al. (2015), keberadaan fitopatogen seperti *Pseudomonas solanacearum*, dapat memacu produksi metabolit sekunder *Trichoderma sp*. Produksi metabolit sekunder oleh Trichoderma sp yang diinduksi oleh *P. solanacearum* relatif sangat berbeda dengan yang tidak diinduksi. Rata-rata daya metabolit sekunder yang diinduksi oleh *P. solanacearum* sebesar 35,98%, sedangkan yang tidak diinduksi oleh *P. solanacearum* sebesar 13,45%. Hal ini menunjukkan bahwa metabolit sekunder yang dihasilkan oleh *Trichoderma sp.* mempunyai sifat antimikrobia terhadap *P. solanasearum*. Metabolit sekunder ini merupakan senyawa viridin dan trikomidin yang bersifat antibiosis sehingga dapat menghambat pertumbuhan bahkan mematikan patogen.

Trichoderma SEBAGAI PUPUK HAYATI

Dalam beberapa publikasi dilaporkan bahwa pemberian pupuk organik yang dicampur dengan *Trichoderma* terbukti dapat meningkatkan pertumbuhan dan produktivitas tanaman (Lehar 2012; Utama et al., 2015). Menurut Lehar et al. (2016), *Trichoderma* dengan kemampuannya menghasilkan enzim pendegradasi bahan organik, dapat bersinergi dengan *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR), sehingga pertumbuhan dan produktivitas tanaman menjadi lebih baik. PGPR adalah bakteri-bakteri yang menempati risosfir tanaman dan dapat berfungsi sebagai pemasok nutrisi, antibiosis, bioaktif (seperti hormon pertumbuhan), dan merangsang ekstensi akar (Backer et al., 2018). Aplikasi *Trichoderma* sebagai komponen pupuk (organik, pupuk hayati, maupun PGPR) untuk beberapa tanaman dapat dilihat pada Tabel 3 di bawah ini.

Tabel 3. Aplikasi *Trichoderma* sebagai bagian dari pupuk hayati

Diaplikasikan bersama dengan	Tanaman	Jenis *Trichoderma*	Hasil penelitian	Referensi
Pupuk organik (kotoran ayam, kotoran sapi, dan cair kompleks)	Kentang (*Solanum tuberosum* L.)	*Trichoderma sp.*	Tinggi tanaman, jumlah bunga, luas daun dan jumlah cabang pertanaman mengalami peningkatan dari umur 4, 6, 8, dan 10 minggu setelah tanam (MST)	Lehar, 2012
Pupuk Hayati	Terung Ungu (*Solanum molongena* L.)	*Trichoderma harzianum*	Jumlah bunga, jumlah buah, bobot buah, panjang buah, dan bobot kering meningkat	Utama et al., 2015
PGPR (*plant growth promoting rhizobacteria*)	Tanaman cabe (*Capsicum annum*)	*Trichoderma viride*	Jumlah percabangan, jumlah buah, dan hasil buah tertinggi.	Singh & Sharma, 2019

Menurut Utama et al. (2015), ketersedian unsur hara dari bahan organik yang telah didekomposisi oleh mikroba maupun PGPR, serta kondisi lingkungan yang sesuai bagi *Trichoderma sp.* menyebabkan *Trichoderma sp.* mampu bersaing dengan patogen tanah untuk memperebutkan unsur hara. Kandungan unsur hara berupa nitrogen (N) dan fosfor (P) yang dihasilkan oleh aktivitas *Trichoderma sp.* mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman.

Trichoderma sebagai ELISTOR PRODUKSI METABOLIT SEKUNDER TANAMAN

Penelitian terkini mengenai elisitor yang dihasilkan oleh endofit erat dikaitkan dengan kemampuan endofit tersebut dalam meningkatkan kerja tanaman inang dalam memproduksi senyawa metabolit sekunder yang mana berimbas dengan meningkatnya ketahanan tanaman tersebut. Menurut Gao et al. (2010, dalam Sari, 2020), mekanisme produksi senyawa metabolit sekunder oleh tanaman ini sama dengan mekanisme sistemik ketahanan terinduksi. Kolonisasi endofit membuat sel tanaman

menghasilkan enzim hidrolase yang dapat memecah fragmen sel endofit. Fragmen hasil hidrolisasi tersebut berperan sebagai elisitor (seperti: lipopolisakarida, polisakarida dan glikoprotein) yang akan menstimulus ketahanan tanaman dan meningkatkan senyawa metabolit sekunder dalam menghadapi serangan patogen.

Menurut Jurić et al. (2020), *Trichoderma viride* dapat meningkatkan sintesis metabolit sekunder tanaman. Namun induksi ini hanya berlangsung dalam pengembang biakan secara hidroponik. Hal ini menunjukkan pentingnya proses encapsulasi. Enkapsulasi merupakan teknik pembungkusan eksplan atau benih dengan suatu pembungkus khusus yang membuat benih tidak mudah rusak dan memiliki viabilitas yang tinggi untuk tumbuh (Saputri et al. 2015). Pemberian *Trichoderma sp.* dapat menginduksi perubahan komposisi mikrobiota akar, meningkatkan penyerapan nutrisi, menstabilkan nutrisi tanah, mendorong perkembangan akar, dan meningkatkan pembentukan rambut akar.

Peran ganda aktivitas antagonis *Trichoderma sp.* terhadap patogen tanaman dan peningkatan kesuburan tanah merupakan alternatif yang menjanjikan untuk perlindungan standar pada tanaman dan metode nutrisi. *Trichoderma sp.* mampu mengasamkan lingkungan sekitarnya dengan mengeluarkan asam organik sehingga mampu melarutkan fosfat, mikronutrien dan kation mineral. Pemberian *Trichoderma* yang dienkapsulasi pada *Lactuca sativa* melalui pendekatan inovatif dapat merangsang produksi metabolit sekunder tanaman, meningkatkan nilai nutrisi, dan sistem pertahanan tanaman semakin kuat terhadap hama, serta meningkatkan daya tahan terhadap kondisi lingkungan yang keras. Hasilnya dapat merangsang sintesis metabolit sekunder tanaman secara signifikan tanpa dampak. Pelepasan secara terkendali ini berhasil dan tumbuhan dapat mengangkat ion secara pasif melalui sistem akar selama seluruh periode pematangan. Penggunaan metode ini berdampak pada nutrisi yang lebih baik dan sebagai sumber makanan yang berpotensi dari antioksidan fenolik alami.

PEMANFAATAN GEN DARI *Trichoderma* DALAM PEMBENTUKAN TANAMAN TRANSGENIK

El-Badawy & Yehia (2016) telah berhasil mengisolasi, mengarakterisasi, dan mengloning gen β-1,3-Glucanase dari *Trichoderma harzianum*. Gao et al. (2008) telah berhasil mengloning dan mengekspresikan gen β-1,3-Glucanase dari *Trichoderma virid* LTR-2 ke Pichia pastoris. Karakter enzim β-1,3-glucanase ini adalah massa molekul 30 kDa dan aktif pada kisaran pH yang luas (maksimum pada pH 7.5) dengan suhu optimum aktivitasnya adalah 55°C. Gen β-1,3-glucanase juga telah dimanfaatkan untuk dikloning pada kutur jaringan tumbuhan, seperti padi, tebu, dan pisang. Purwati & Sulistyowati (2012), telah mengloning gen β-1,3-Glucanase ke tanaman abaka. Kloning ini dilakukan untuk mengatasi penyakit layu yang disebabkan oleh *Fusarium oxysporumf.* sp cubense (Foc), yang menjadi kendala utama dalam budidaya tanaman abaka. Upaya ini dilakukan untuk mengatasi permasalahan perbaikan sifat ketahanan yang sulit dilakukan secara konvensional (persilangan), karena tingginya keragaman genetik pada tanaman abaka. Rekayasa genetik tanaman abaka dilakukan dengan memasukkan gen β-1,3-Glucanase yang diisolasi dari *Trichoderma asperillum* (jamur antagonis *terhadap patogen* Fusarium oxysporum dengan bantuan *Agrobacterium tumefaciens* sebagai vektor (Purwati & Sulistyowati, 2012).

Proses transfer (introduksi) gen β-1,3 Glucanase untuk memperoleh tanaman abaka yang tahan terhadap penyakit layu *Fusarium oxysporum* (Foc) secara garis besar dilakukan dalam 3 tahap, sebagai berikut (Purwati & Sulistyowati, 2012). :

1. Transfer gen β-1,3-Glucanase pada kalus abaka embriogenik: untuk transfer gen digunakan vektor A. tumefaciens strain LBA4404 yang mengandung plasmid pB2GW7. Plasmid ini dikonstruksi dari T-DNA yang berisi gen-gen β-1,3-Glucanase (gen penyandi ketahanan terhadap jamur patogen), Gus (β-glucuronidase) sebagai gen reporter dan Bar (Basta resistance) sebagai gen penyeleksi.
2. Regenerasi tunas dan planlet abaka transforman: kalus transforman terseleksi disubkultur berulang kali di

medium untuk induksi tunas (MIT). Tunas yang telah berukuran 2-3 cm kemudian dipindahkan ke medium untuk induksi akar (MA).

3. Konfirmasi planlet abaka transforman yang mengandung gen Gus dan β-1,3-Glucanase: Keberadaan gen Gus dideteksi menggunakan reaksi histokimia dengan larutan X-gluc. Reaksi positif terinsersi gen Gus ditandai dengan warna biru pada planlet. Sedangkan keberadaan gen β -1,3-Glucanase dilakukan dengan Polymerase Chain Reaction (PCR) dan divisualisasi dengan elektroforesis gel agarosa yang mengandung etidium bromida.

Proses introduksi gen β-1,3 Glucanase pada kalus abaka ini belum sepenuhnya berhasil karena keberhasilannya baru 10%. Walaupun keberhasilannya masih kecil, namun proses ini cukup menjanjikan.

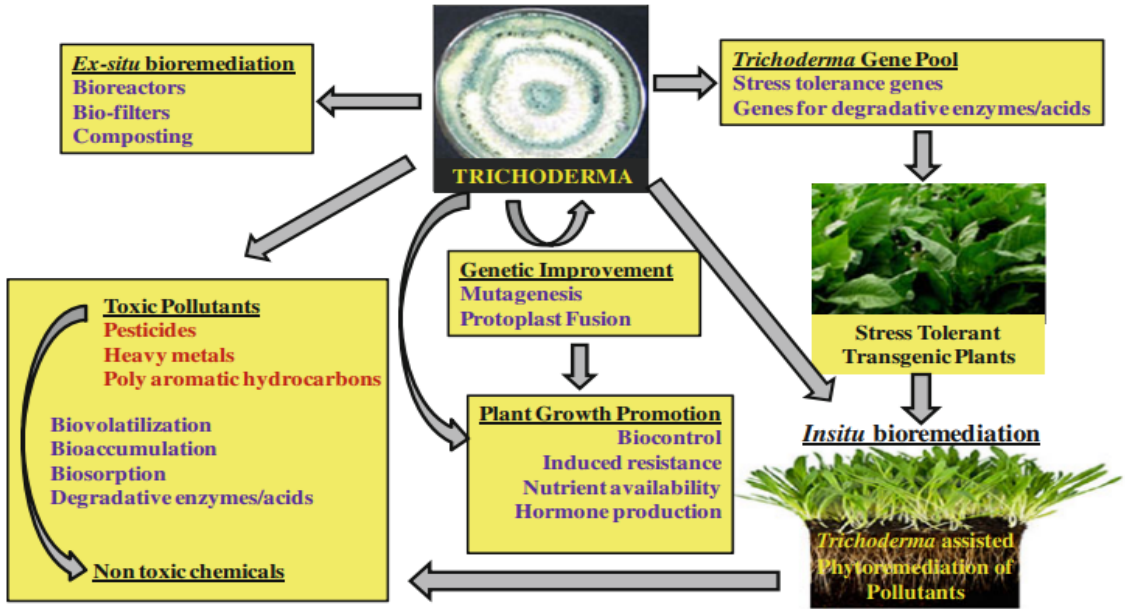
PERAN *Trichoderma* SEBAGAI AGEN BIOREMEDIASI

Di Indonesia salah satu permasalahan sektor pertanian ialah penurunan kualitas lahan budidaya. Hal tersebut terjadi karena petani masih menggunakan petisida yang tidak sesuai dengan aturan pemakaian, sehingga memberikan dampak negatif seperti penurunan kualitas dan kuantitas hasil produksi. Salah satu alternatif yang dapat dilakukan untuk mengurangi kandungan residu pestisda adalah dengan melakukan kegiatan bioremediasi tanah. Proses bioremediasi tanah ini memiliki kelebihan, yaitu ramah lingkungan, biaya murah, dan proses pelaksanaannya dapat dilakukan baik di laboratorium maupun langsung di lapang (Puspita & Khaeruddin, 2016).

Bioremediasi adalah pemanfaatan mikroorganisme yang telah ditentukan untuk ditumbuhkan pada polutan tertentu sebagai efek untuk menurunkan kadar polutan tersebut. Ketika proses bioremediasi berlangsung, enzim-enzim yang dihasilkan oleh mikroorganisme memodifikasi struktur polutan menjadi tidak komplek sehingga metabolit menjadi tidak beracun dan mudah ditransformasi oleh mikroba. Di Indonesia pemerintah memiliki dasar hukum yang mengantur mengenai kegiatan bioremediasi untuk mengatasi permasalahan lingkungan

(Priadie, 2012). Murod (2019) menyatakkan bahwa *T. harzianum* mampu tumbuh pada media yang mengandung fungisida mankozeb hingga konsentrasi 75 ppm. *T. harzianum* memiliki potensi sebagai agen bioremediator fungisida mankozeb sampai batas konsentrasi 75 ppm. Hal ini ditandai dengan diameter jamur *Drechslera sp.* yang tidak berbeda nyata dengan perlakuan kontrol.

Dalam penelitian Tripathi et al. (2013) yang bertujuan untuk menguji kemampuan *Trichoderma sp.* dalam bioremediasi polutan lingkungan melalui praktik pengelolaan terpadu di tempat yang terkontaminasi (in situ), menunjukkan bahwa *Trichoderma sp.* merupakan organisme yang paling dominan di dalam tanah yang terkontaminasi dan membantu pertumbuhan tanaman serta berpotensi dalam mengendalikan patogen tanaman di tanah yang *tercemar. Mekanisme yang digunakan oleh Trichoderma sp.* dalam memfasilitasi toleransi stres logam pada tanaman antara lain peningkatan produksi biomassa akar, hiperakumulasi racun dalam jaringan tanaman, perlindungan terhadap kerusakan oksidatif pada tanaman, dan peningkatan efisiensi penggunaan dan ketersediaan nutrisi. Potensi bioremediasi dari *Trichoderma sp.* dan mikroba lain yang dimediasi melalui kemampuan bioakumulasi, biosorpsi, biovolatilisasi, dan remediasi fitobial di tanah yang terkontaminasi akan terus dieksplorasi dalam mengurangi pencemaran lingkungan. Pendekatan *Trichoderma* untuk bioremediasi lingkungan polutan dan upaya pertumbuhan tanaman serta perbaikan genetik dan pengembangan transgenik tanaman dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Model pendekatan aplikasi *Trichoderma* untuk bioremediasi (Tripathi et al., 2013)

PROSPEK PEMANFAATAN *Trichoderma* DI INDONESIA

Di Indonesia, penggunaan *Trichoderma spp*. sudah banyak diteliti dan perlu adanya sosialisasi secara terus-menerus mengenai pemanfaatan dan peran *Trichoderma* sebagai pengendalian penyakit pada tanaman kepada kelompok-kelompok tani untuk mengembangkan usaha produksi tani. Perlu adanya bantuan sarana dan prasarana dalam membantu mengembangkan, memanfaatkan dan memperbanyak salah satu jamur multifungsi ini supaya dapat meminimalisir penggunaan pupuk petisida kimia.

Di Kalimatan Barat, *Trichoderma* sudah disosialisasikan penggunaannya pada tahun 2010 sebagai salah satu mikroba yang ada di pupuk hayati (Pahlevi, 2015). Sekarang lebih dikembangkan sebagai jamur sakti untuk mengelola lahan tanpa pembakaran, untuk menghilangkan keasaman tanah. Upaya tersebut dilakukan untuk menekan angka kebakaran hutan dan lahan di Kalimatan Barat. Balai penelitian tanaman industri dan penyegar sejak tahun 2012 telah mengembangkan biofungisida

berbahan aktif *Trichoderma viride* dalam mengatasi penyakit busuk pada kakao. T. *viride* diformulasi dengan merk Biotri-V yang berbentuk tepung. Pengaplikasikan Biotri-V juga dapat berfungsi sebagai pemacu pertumbuhan tanaman (Samsudin, 2016).

KESIMPULAN

Dari hasil ulasan dapat disimpulkan bahwa manfaat *Trichoderma* dapat mengendalikan berbagai penyakit yang disebabkan oleh patogen seperti *Phytophthora infestans, Fusarium oxysporum f. sp. adzuki dan Pythium arrhenomanes, Rigidoporus microporus, P. solanacearum, Aspergillus niger, Colletotrichum lini, Botrytis alli* dan lain-lain. Selain itu juga dapat membantu pertumbuhan tanaman secara vegetatif. Peran *Trichoderma* sebagai pengendalian penyakit, sebagai pupuk hayati, sebagai elistor produksi metabolit sekunder, sebagai sumber gen dalam pembentukan tanaman transgenik dan sebagai agen bioremediasi. Prospek penggunaan *Trichoderma* sebagai pengendalian penyakit pada tanaman dan meningkatkan hasil produksi tanaman telah terbukti.

Mengingat jamur *Trichoderma* sangat berpotensi dimanfaatkan untuk pengelolaan tanaman (pengendali penyakit, pemacu pertumbuhan tanaman, pelindung tanaman), serta berbagai manfaat lainnya (sumber gen maupun agen bioremediasi), maka aplikasinya dalam bidang pertanian maupun lingkungan perlu ditingkatkan. Perlu pembuatan inokulum dalam formulasi yang mudah digunakan (seperti yang dilakukan Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar) dalam bentuk tepung ataupun cairan, agar prospek penggunaan *Trichoderma* menjadi lebih nyata.

DAFTAR PUSTAKA

Adriansyah A, Arri M, Hamawi M, Ikhwan A. 2015. Uji metabolit sekunder trichoderma sp. sebagai antimikrobia patogen tanaman pseudomonas solanacearum secara in vitro. Gontor AGROTECH Science Journal *2*(1): 19.

Amaria W, Wardiana E. 2014. Pengaruh waktu aplikasi dan jenis trichoderma terhadap penyakit jamur akar putih pada bibit tanaman karet. Jurnal Tanaman Industri dan Penyegar 1 (2):79-86.

Backer R, Rokem JS, Ilangumaran G, Lamont J, Praslickova D, Ricci E, Subramanian S,

Smith DL. 2018. Plant Growth-Promoting Rhizobacteria: Context, Mechanisms of Action, and Roadmap to Commercialization of Biostimulants for Sustainable Agriculture. Frontiers in Plant Science. 9, article 1473. doi: 10.3389/fpls.2018.01473, Retrieved April 25, 2022, from https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30405652//

Berlian I, Setyawan B, Hananto H. 2013. Mekanisme antagonisme *Trichoderma spp.* terhadap beberapa patogen tular tanah. Warta Perkaretan *32*(2): 74.

Damiri N, Mulawarman, Mutiara M. 2014. Effect of temperature and storage on effectiveness of *Trichoderma viride* as biocontrol agents of Rigidoporus microporus, pathogen of white root on rubber. Agrivita *36*(2): 169–173.

El-Badawy NF, Yehia RS. 2016. Purification, characterisation and cloning of β-1,3 *glucanase* gene from *Trichoderma Harzinum.* Egypt. J. Genet. Cytol. 45: 147-161

Gao W, Wu Y, Yang H. 2008. Cloning of beta-1,3-glucanase gene from *Trichoderma viride* LTR-2 and its expression in *Pichia pastoris*. Wei Sheng Wu Xue Bao. 48(2):239-43. Chinese. PMID: 18438008.

Gusnawaty, Taufik M, Triana L, Asniah. 2014. Karakterisasi morfologis *Trichoderma* spp. indigenus Sulawesi Tenggara. Jurnal Agroteknos *4*(2): 88–94.

Harni R, Amaria W, Mahsunah HA. 2017. Potensi metabolit sekunder *Trichoderma spp* untuk mengendalikan penyakit vascular streak dieback (vsd) pada bibit kakao potential. Jurnal Tanaman Industri dan Penyegar *4*(2): 57–66.

Herman, Lakani I, Yunus M. 2014. Potensi *Trichoderma sp* . dalam mengendalikan penyakit vascular streak dieback (*Oncobasidium theobromae*) pada tanaman kakao (*Theobroma cacao*). e-J. Agrotekbis *2*(6): 573–578.

Jumadi O, Junda M, Caronge WM., & Syafruddin. 2021. *Trichoderma dan pemanfaatan*. Penerbit Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Negeri Makasar, Makassar.

Jurić S, Stracenski SK, Król-Kilińska Ż, Žutić I, Uher FS, Đermić E, Topolovec-Pintarić S, & Vinceković M. 2020. The enhancement of plant secondary metabolites content in *Lactuca sativa* L. by encapsulated bioactive agents. Scientific Reports *10*(1): 1–13.

Kunamneni A, Plou J, Alcalde M, Ballesteros A. 2014. *Trichoderma Enzymes for Food Industries,* 339–344. https://doi.org/10.1016/B978-0-444-59576-8.00024-2, Retrieved March 25, 2022, from https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780444595768000242?via%3Dihub

Lehar L. 2012. The experiment of the use of organic fertilizer and a biology agent (*Trichoderma sp*) towards the growth of potato (*Solanum tuberosum* L.). Jurnal Penelitian Pertanian Terapan *12*(2): 115–124.

Lehar L, Wardiyati T, Maghfoer MD, Suryanto A. 2016. Selection of potato varieties (*Solanum tuberosum L*.) in midlands and the effect of using biological agents. I*nt. J. Biosci* 9 (3): 129-138.

Murod DMNR. 2019. Uji Potensi Jamur *Trichoderma sp.* sebagai Bioremediator Fungisida berbahan aktif mankozeb secara in vitro. Universitas Brawijaya, Malang.

Pahlevi A. 2015. *Trichoderma*, Cendawan Sakti untuk Pengolahan Lahan Tanpa Bakar. Mongabay Situs Berita Lingkungan, Retrieved March 26, 2022, from https://www. mongabay.co.id/2015/06/02/trichoderma-cendawan-sakti-untuk-pengolahan-lahan-tanpa-bakar/

Priadie B. 2012. Teknik bioremediasi sebagai alternatif dalam upaya. Jurnal Ilmu Lingkungan 10(1): 38–48.

Purwantisari S, Evendi A. 2015. The potential test of fungal antagonist *Trichoderma viride* to inhibit the growth of pathogenic fungi f*usarium moniliforme* and *alternaria solani in-vitro*. Jurnal Sains dan Matematika *23*(3): 73–77.

Purwantisari S, Priyatmojo A, Sancayaningsih PR, Kasiamdari SR. 2015. Aplikasi jamur antagonis *Trichoderma viride* terhadap pengurangan intensitas serangan penyakit hawar daun serta hasil tanaman kentang. Seminar Nasional Konservasi Dan Pemanfaatan Sumber Daya Alam 210–215.

Purwati DR, Sulistyowati L. 2012.Transfer gen β-1,3-*glucanase* dari jamur *Trichoderma asperillum* pada kalus abaka untuk ketahanan terhadap penyakit layu *fusarium.* Jurnal Littri *18*(1): 24–30.

Puspita JD, Khaeruddin. 2016. Kajian bioremediasi pada tanah tercemar pestisida [study of bioremediation in polluted soil of pesticides]. Kovalen Jurnal Riset Kimia *33*(3): 181–187.

Ribeiro MS, de Paula RG, Voltan AR, de Castro RG, Carraro CB, de Assis LJ, Steindorff AS, Goldman GH, Silva RN, Ulhoa CJ, & Monteiro VN. 2019. Endo-β-1,3-*glucanase* (GH16 family) from T*richoderma harzianum* participates in cell wall biogenesis but is not essential for antagonism against plant pathogens. Biomolecules 9(781). doi:10.3390/biom9120781.

Samsudin. 2016. Formula biofungisida berbahan aktif *Trichoderma viride* pengendali penyakit busuk buah kakao yang ramah lingkungan. *Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan Indonesia Center for Estate Crops Research and Development, 22*.

Saputri E, Lisnawati, Pinem MI. 2015. the encapsulation of some *Trichoderma* sp. on soybean seed to control *Sclerotium rolfsii* Sacc. Jurnal Online Agroekoteknologi 3(3): 1123-1131.

Saravanakumar K, Yu C, Dou K, Wang, M, Li Y, Chen J. 2015. Synergistic effect of *Trichoderma*-derived antifungal metabolites and cell wall degrading enzymes on enhanced biocontrol of *Fusarium oxysporum f. sp. cucumerinum*. Biological Control 94: 37-46.

Sari N. 2020. Review fungi endofit sebagai agen biokontrol serangan patogen pada

tanaman. Gontor AGROTECH Science Journal 6 (1). http://ejournal.unida.gontor.ac.id/ index.php/agrotech

Singh P, Sharma DP. 2019. Response of *Trichoderma viride* and Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) on growth and yield of chilli cv. Arka Lohit. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* 8(4): 1495-1497

Suharjono, Kurniati, HT, Soejono, Dewi S. 2019. Uji antagonis *Trichoderma* sp dan *Gliocladium* sp terhadap *Fusarium* penyebab penyakit layu pada beberapa jenis tanaman pisang di kebun raya Purwodadi secara in-vitro. Biota : Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Hayati *9*(2): 119–124.

Sulistiyono, DF. 2017. Karakteristik fisiologi empat antagonis isolat *Trichoderma* sp. sebagai agensia hayati. *Jurnal Sains Natural 5*(1): 24.

Sutarman. 2017. Uji *Trichoderma harzianum* sebagai biofertilizer dan biopestisida untuk pengendalian hawar tajuk dan layu tanaman kentang sutarman. Seminar Nasional Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Purwokerto 209–217. Purwokerto.

Tripathi P, Singh CP, Mishra A, Chauhan SP, Dwivedi S, Bais TR, Tripathi DR. 2013. *Trichoderma*: A potential bioremediator for environmental clean up. Clean Technologies and Environmental Policy, 15(4): 541–550.

Utama P, Saylendara A, Gunawar R. 2015. Pengaruh dosis pupuk hayati *Trichoderma sp.* terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman terung ungu (*Solanum mengolena L.*) varietas hibrida. Agroekotek 7(2): 113–120.