

***Trichoderma* as an antifungal agent to inhibit *Ganoderma* growth in oil palm plantation: A Review**

Audria Chairun Nisa¹, Bedah Rupaedah^{2*}, Dwi Hilda Putri¹

¹Departemen Biologi, FMIPA, Universitas Negeri Padang, Padang, Indonesia

²Pusat Riset Mikrobiologi Terapan, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Bogor, Indonesia

*Corresponding author: beda001@brin.go.id

Received April 1, 2026

Revised April 24, 2026

Accepted April 30, 2026

ABSTRACT. *Ganoderma* sp. is a pathogenic fungus in oil palm plantations that can infect new plants, shortening the plant's life cycle and causing basal stem rot (BSR) disease. This disease significantly impacts the reduction in plant productivity in oil palm plantations. An alternative control method required to address BSR is the utilization of endophytic microorganisms derived from plant tissues, one of which is the *Trichoderma* fungus. This fungus is an effective biocontrol agent, inhibiting pathogen growth and enhancing soil fertility. *Trichoderma* sp. can compete with pathogens for space and nutrients, as well as produce enzymes that can degrade the pathogen's cell walls. This review aims to assess the potential of *Trichoderma* sp. in inhibiting the growth of *Ganoderma* sp. on oil palm plants. The results of the study indicate that *Trichoderma* sp. exhibits antagonistic activity against pathogens through several key mechanisms, namely competition for space and nutrients, antibiosis via the production of secondary metabolites, and mycoparasitism by degrading pathogen hyphae using hydrolytic enzymes such as chitinase and β -1,3-glucanase. In addition, *Trichoderma* sp. also plays a role in improving soil fertility, enhancing soil structure, and inducing systemic plant resistance against pathogen attacks. Based on these results, *Trichoderma* sp. has the potential to serve as an effective, environmentally friendly, and sustainable biocontrol agent for managing BPB disease in oil palm plants, although its effectiveness is still influenced by environmental conditions and application techniques in the field.

Keywords: Antifungi, Basal stem rot, *G. boninense*, Oil palm, *Trichoderma* sp.

ABSTRAK. *Ganoderma* sp. merupakan jamur patogen di areal perkebunan kelapa sawit yang dapat menginfeksi tanaman baru, sehingga dapat memperpendek umur siklus tanaman dan dapat menyebabkan penyakit Busuk Pangkal Batang (BPB). Penyakit ini merupakan penyakit yang sangat berpengaruh dalam penurunan produksi tanaman di perkebunan kelapa sawit. Alternatif pengendalian yang diperlukan dalam mengatasi penyakit BPB yaitu dengan memanfaatkan mikroorganisme endofit yang berasal dari jaringan tanaman yaitu salah satunya menggunakan jamur *Trichoderma*. Jamur ini berfungsi sebagai agen biokontrol yang efektif dan mampu menghambat pertumbuhan patogen dan meningkatkan kesuburan tanah. *Trichoderma* sp. memiliki kemampuan untuk bersaing dengan patogen dalam ruang dan nutrisi serta menghasilkan enzim yang dapat menghancurkan dinding sel jamur patogen. Review ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan *Trichoderma* sp. dalam menghambat

pertumbuhan *Ganoderma* sp. yang terdapat pada tanaman kelapa sawit. Hasil kajian menunjukkan bahwa *Trichoderma* sp. memiliki kemampuan antagonis terhadap patogen melalui beberapa mekanisme utama, yaitu kompetisi ruang dan nutrisi, antibiosis melalui produksi metabolit sekunder, serta mikoparasitisme dengan merusak hifa patogen menggunakan enzim hidrolitik seperti kitinase dan β -1,3-glukanase. Selain itu, *Trichoderma* sp. juga berperan dalam meningkatkan kesuburan tanah, memperbaiki struktur tanah, serta menginduksi ketahanan sistemik tanaman terhadap serangan patogen. Berdasarkan hasil tersebut, *Trichoderma* sp. berpotensi sebagai agen biokontrol yang efektif, ramah lingkungan, dan berkelanjutan dalam pengendalian penyakit BPB pada tanaman kelapa sawit, meskipun efektivitasnya masih dipengaruhi oleh kondisi lingkungan dan teknik aplikasinya di lapangan.

Kata kunci: Antifungi, Busuk Pangkal Batang, *G. boninense*, Kelapa sawit, *Trichoderma* sp.

1. PENDAHULUAN

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) adalah salah satu sumber minyak nabati yang menjadi komoditas utama di Indonesia dalam bidang pertanian. Data BPS (2020) menunjukkan bahwa total area perkebunan kelapa sawit mencapai 14,59 hektar yang tersebar di 26 provinsi Indonesia. Komoditas perkebunan sawit memiliki peran strategis dalam pembangunan ekonomi Indonesia. Kondisi ini harus diupayakan agar produksi kelapa sawit di Indonesia terus meningkat hingga di masa mendatang yaitu dengan cara mengoptimalkan pertumbuhannya serta mencegah terinfeksi dari berbagai jenis patogen yang dapat mempengaruhi hasil produksi kelapa sawit.

Salah satu permasalahan yang kerap muncul pada tanaman kelapa sawit adalah jamur patogen *Ganoderma*, yang dapat menyebabkan penyakit Busuk Pangkal Batang (BPB). Jamur *Ganoderma boninense* ini merupakan patogen paling mematikan di perkebunan kelapa sawit di Indonesia, terutama di tanah gambut. Genus jamur *Ganoderma* terdiri dari berbagai spesies, beberapa di antaranya dapat menyebabkan penyakit pada tanaman yang dapat menyebabkan kerusakan serius pada tanaman kelapa sawit serta dapat menyebabkan kematian tanaman (Sinuraya *et al.*, 2024). Metode pengendalian yang sering dilakukan oleh para petani yaitu penggunaan bahan pestisida sintetik yang melebihi dosis yang dianjurkan dan digunakan secara terus-menerus sehingga mengakibatkan akumulasi pestisida di tanah. Akumulasi pestisida yang tinggi memiliki efek negatif terhadap lingkungan bahkan pada tingkat konsumen yang dapat juga mengurangi populasi mikroorganisme tanah dan meningkatkan kerentanan tanaman (Novianti, 2018). Alternatif pengendalian yang diperlukan dalam mengatasi penyakit pada tanaman kelapa sawit yaitu dengan memanfaatkan mikroorganisme, salah satu contohnya yaitu jamur *Trichoderma*. Jamur ini dapat berfungsi sebagai pemicu pertumbuhan dan dapat berfungsi sebagai agen hayati untuk memerangi penyakit tanaman. *Trichoderma* banyak digunakan sebagai agen pengendali hayati yang dapat mencegah patogen mencapai populasi yang cukup besar, yang dapat menyebabkan tingkat keparahan penyakit yang tinggi (Kartikowati *et al.*, 2019). Agen hayati memerlukan waktu untuk memberikan manfaat melalui proses adaptasi dan perkembangan untuk mencapai populasi yang ideal untuk mengkolonisasi tanaman. Agen hayati juga dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman dan mengurangi populasi patogen tanaman di dalam tanah (Muzdaliah *et al.*, 2017). Tujuan dari penulisan naskah *review* ini adalah untuk mengetahui aktivitas mikroba endofit,

dalam hal ini fungi *Trichoderma* sp. yang dapat digunakan sebagai pengendali hayati untuk menghambat pertumbuhan jamur patogen *G. boninense* pada bibit tanaman kelapa sawit.

2. DISKUSI

2.1 Produktivitas tanaman kelapa sawit dan serangan penyakit BPB

Kelapa sawit merupakan tanaman yang mempunyai daya tarik tersendiri bagi Masyarakat. Saat ini, perkebunan kelapa sawit di Indonesia sedang mengalami pertumbuhan yang sangat pesat. Baik itu milik perusahaan atau individu, kelapa sawit dibudidayakan hampir di seluruh dunia. Sebagai negara dengan jumlah perkebunan minyak sawit terbesar di dunia, Indonesia memainkan peran penting sebagai pemasok minyak kelapa sawit domestik dan internasional (Pratomo & Saputra, 2022). Dibandingkan dengan komoditas perkebunan lainnya tanaman ini memiliki produk utamanya yang dimiliki yaitu minyak sawit (CPO) *Crude Palm Oil* dan minyak inti sawit (KPO) *Kernel Palm Oil*, yang memiliki nilai ekonomi yang tinggi dan merupakan salah satu kontributor terbesar untuk pendapatan negara. Minyak kelapa sawit menghasilkan berbagai produk turunan yang sangat bermanfaat yang dapat digunakan dalam berbagai industri, termasuk makanan, farmasi, dan kosmetik. Bahkan saat ini, Indonesia menempati posisi kedua di dunia dalam produksi minyak sawit, yang menjadikannya salah satu produsen utama. Namun, dengan eksistensi tanaman kelapa sawit yang memiliki banyak manfaat tersebut, ternyata produksinya sering menurun karena serangan jamur *Ganoderma boninense*. Di areal peremajaan kelapa sawit, tingkat infeksi *Ganoderma boninense* mencapai 7,68% per tahun (Priwiratama *et al.*, 2020). Jamur ini menyebabkan penyakit Busuk Pangkal Batang pada tanaman kelapa sawit. Oleh karena itu, serangan penyakit BPB dapat menyebabkan kerugian pada Perkebunan kelapa sawit sebesar 80% (Hendarjanti & Sukorini, 2022).

2.2 Patogen *Ganoderma* sp. penyebab Busuk Pangkal Batang (BPB) pada kelapa sawit

Ganoderma boninense dapat menyerang tanaman kelapa sawit pada bagian batang dan akar. *Ganoderma* memiliki habitat di dalam tanah serta memiliki sifat parasitik dan saprofit, yang memiliki efek berbahaya. Jamur ini memiliki kemampuan untuk menghancurkan lignin, yang dapat menyebabkan busuk pangkal batang. Serangan *Ganoderma* sp. cenderung meningkat dari tahun ke tahun dan dari generasi ke generasi. Tanaman yang terserang jamur *Ganoderma* sp. akan membusuk di pangkal batangnya dan akhirnya mati (Rupaedah *et al.*, 2018). Ini disebabkan oleh fakta bahwa *Ganoderma boninense* dapat hidup di tanah dan bagian tanaman lainnya, terutama jaringan pengangkut.

Ganoderma boninense lebih cepat menyerang tanaman kelapa sawit di lahan gambut, disebabkan tunggul-tunggul yang masih tersisa di tanah menjadi sumber infeksi yang paling kuat di kebun peremajaan kelapa sawit. *Ganoderma boninense* dapat menyerang kelapa sawit selama tahap pembibitan dan produksi (Alviodynasyari *et al.*, 2015). Penghambatan proses tumbuh kembang pada tahap pembibitan dan produksi tanaman adalah gejala utama penyakit BPB kelapa sawit.

Pembusukan pada pangkal batang yang menyebabkan nekrosis pada bagian dalam daun adalah gejala umum patogen *Ganoderma boninense* (Widyanti, 2018). Infeksi *Ganoderma* sp. terjadi melalui luka dan lentisel. Luka yang pecah pada leher tanaman sering menjadi lokasi infeksi fungi, yang memungkinkan patogen masuk ke bagian yang lebih dalam dari akar (Dendang, 2015). Penularan penyakit busuk pangkal batang yang disebabkan oleh *Ganoderma* dapat terjadi dalam tiga cara, yaitu melalui kontak akar tanaman sehat dengan inokulum *Ganoderma* yang menjadi sumber penyakit melalui basidiospora di udara dan tunggul tanaman atau inang alternatif. Untuk mengendalikan penyakit *Ganoderma* pada kelapa sawit, berbagai teknik telah digunakan termasuk penggunaan fungisida konvensional, seperti meningkatkan sanitasi dan membasmi tanaman yang terinfeksi, dan penggunaan bahan kimia seperti carboxin dan quintozeve (Sahebi *et al.*, 2015).

Pencabutan, pembakaran, dan penggunaan fungisida sintetis adalah pengendalian penyakit BPB yang paling umum. Karena dampak negatifnya terhadap lingkungan, upaya tersebut dianggap tidak efisien (Rupaedah *et al.*, 2018). Hingga saat ini, berbagai metode tersebut tidak sepenuhnya efektif karena menimbulkan efek samping, merusak makhluk hidup dan merusak lingkungan, serta praktik tersebut cukup memerlukan biaya tinggi (Munthe, 2018). Oleh karena itu, pengendalian yang ramah lingkungan diperlukan sebagai alternatif lain. Untuk mengendalikan BPB, beberapa peneliti menyarankan penggunaan bahan tanam yang tahan terhadap *Ganoderma* seperti perubahan teknik peremajaan dan pencegahan (Afandi *et al.*, 2019; Faizah *et al.*, 2020; Priwiratama & Susanto, 2020). Selain itu, disarankan juga untuk menerapkan agen biokontrol (Kamarudin *et al.*, 2019; Priwiratama & Susanto, 2020; Ibrahim *et al.*, 2020). Untuk mengobati penyakit yang disebabkan oleh *Ganoderma* dapat menggunakan agens hayati seperti jamur, mikoriza, aktinomiset, dan bakteri endofit yang memiliki sifat antifungi terhadap *G. boninense* (Ramli *et al.*, 2016).

Ganoderma memiliki pertumbuhan dan perkembangan yang lambat, tetapi memiliki tingkat kelangsungan hidup yang tinggi dan dapat bertahan lama di sisa tanaman. Salah satu gejala utama penyakit *Ganoderma* adalah terhambatnya pertumbuhan dan warna daun hijau menjadi pucat dan busuk pada batang tanaman (Mahmud *et al.*, 2020). Gejala berikutnya adalah munculnya tubuh buah pada pangkal batang atau akar. Pada gejala ini, tanaman biasanya tidak dapat diselamatkan lagi dan harus dieradikasi karena dapat menjadi sumber inokulum (Yanti *et al.*, 2019). Keterjadian penyakit *Ganoderma* akan meningkat dari generasi ke generasi dalam penanaman. Teknik pengendalian *Ganoderma* sangat bergantung pada seberapa baik masyarakat memahami bahaya penyakit pada tanaman. Mempertimbangkan dampak negatif yang ditimbulkan akibat dari penggunaan fungisida sintetis, maka perlu adanya alternatif lain yang lebih ramah lingkungan. Salah satunya adalah dengan memanfaatkan senyawa metabolit sekunder yang berpotensi sebagai pertahanan terhadap patogen. Salah satu metabolit sekunder tersebut yaitu dengan memanfaatkan jamur *Trichoderma*.

2.3 Karakter spesies *Trichoderma* dan peranannya terhadap penyakit tanaman

Trichoderma merupakan salah satu genus fungi yang memberikan banyak efek besar bagi implementasi pertanian ramah lingkungan. terutama karena fungsinya sebagai penyedia nutrisi bagi tanaman dan agen yang mendukung pertumbuhan tanaman (Sutarman & Prahasti, 2022). Kemampuannya dapat mempercepat pertumbuhan, menyerap unsur hara dan berfungsi sebagai dekomposer alami di ekosistem tanah (Bina *et al.*, 2022). *Trichoderma* biasanya tumbuh di berbagai tempat, seperti hutan dan tanah pertanian. Strain *Trichoderma* dapat dikenali dengan ciri morfologinya. Pada awalnya, warnanya tampak putih dan seperti kapas, tetapi kemudian berwarna hijau kekuningan hingga hijau tua terutama dapat terlihat di tengah tempat tumbuh atau di area yang menyerupai cincin konsentris pada permukaan agar (Zhu & Zhuang, 2015). Mekanisme pengendalian hayati yang dilakukan oleh *Trichoderma* mengarah pada perlindungan tanaman yang efisien yang dapat bersifat langsung ketika jamur berinteraksi dengan patogen melalui mikoparasitisme, kompetisi, dan antibiosis.

Tabel. 1 Spesies *Trichoderma* dan Fungsi (aktivitasnya).

Nama Spesies	Karakteristik	Fungsi	Referensi
<i>T. harzianum</i>	Dikenal sebagai agen biocontrol yang efektif terhadap patogen tanaman	Menghambat patogen tanaman dan meningkatkan pertumbuhan tanaman	Yao <i>et al.</i> , 2023
<i>T. Koningii</i>	Memiliki konidia lonjong, sering ditemukan di berbagai habitat tanah	<i>Meningkatkan kesehatan tanah dan memfasilitasi dekomposisi bahan organik</i>	Pylak <i>et al.</i> , 2019
<i>T. viride</i>	Tidak patogen, tumbuh cepat, dan ramah lingkungan	<i>Menghasilkan sejumlah besar enzim hidrolitik dan digunakan untuk melawan jamur patogen tanaman</i>	Elgorban <i>et al.</i> , 2016
<i>T. polysporum</i>	Dikenal dengan konidiofor bercabang panjang dan luas	<i>Pemanfaatan dalam pengendalian hayati gulma dan meningkatkan kesuburan tanah</i>	He & Zhu, 2024
<i>T. longibrachiatum</i>	Habitat di hutan, berkontribusi pada kesehatan tanah	<i>Meningkatkan aktivitas mikroba tanah dan memperbaiki struktur tanah</i>	Zhang <i>et al.</i> , 2019
<i>T. virens</i>	Umumnya ditemukan di tanah dan berinteraksi dengan akar tanaman Memiliki potensi	<i>Pengendalian patogen, meningkatkan pertumbuhan tanaman</i>	Halifu <i>et al.</i> , 2020

	sebagai agen biokontrol,		
<i>T. atroviride</i>	koloni hijau tua	Menghasilkan enzim yang menguraikan selulosa dan lignin, memfasilitasi dekomposisi	Sood et al., 2020
	Memiliki morfologis yang mirip dengan <i>T. koningii</i>	Berpotensi dalam biokontrol dan meningkatkan hasil panen tanaman tertentu	Khan & Javaid, 2020
<i>T. pseudokoningii</i>			

2.4 *Trichoderma* sebagai agen biocontrol

Biocontrol dapat didefinisikan sebagai tindakan yang dilakukan oleh organisme biologis atau gen yang diubah secara genetik atau produknya untuk mengurangi dampak negatif dari organisme lain dan mendukung organisme yang tampaknya menguntungkan manusia. Dengan menggunakan jamur antagonis yang bersifat sebagai agen biocontrol, dapat menghentikan pertumbuhan dan perkembangan patogen dengan berbagai mekanisme. Jamur antagonis dapat menghasilkan antibiotik dan berkembang lebih cepat untuk bersaing dalam memperebutkan ruang dan nutrisi (Muhibbudin et al., 2021). Dengan menekan inokulum, mencegah kolonisasi, dan melindungi perkecambahan biji dan akar tanaman dari infeksi patogen, cendawan rizosfer juga dapat berfungsi sebagai biocontrol untuk mengendalikan patogen tular tanah. *Trichoderma* sp. diketahui juga sebagai agens biokontrol yang dapat menghentikan atau menghambat pertumbuhan *Ganoderma boninense* melalui beberapa mekanisme seperti antibiosis, mycoparasitism, dan daya saing (Nusaibah & Musa, 2019; Virdiana et al., 2019). Selain menjadi organisme simbiotik tanaman, *Trichoderma* spp. juga berperilaku sebagai agen biocontrol yang murah, efektif, dan ramah lingkungan. organisme ini juga dapat beradaptasi dengan berbagai sistem patogen, tidak mengganggu keseimbangan tanah, dan tidak merusak organisme bermanfaat yang membantu mengendalikan patogen. Di antara mekanisme biocontrol lainnya seperti mikoparasitisme, antibiosis, dan kompetisi. Terdapat juga beberapa karakteristik utama yang ditunjukkan oleh *Trichoderma* yaitu juga dapat bereaksi terhadap keberadaan organisme patogen kompetitif lainnya (Sood, et al., 2020).

Tabel 3. Mekanisme biocontrol beberapa spesies *Trichoderma*

Nama Spesies	Mekanisme biokontrol	Referensi
<i>T. harzianum</i>	Mikoparasitisme: Menempel dan merusak hifa patogen dengan enzim pendegradasi Antibiosis: menghasilkan metabolit antimikroba yang menghambat pertumbuhan patogen Kompetisi nutrisi: menguasai sumber daya di	Mustofa & Hastuti, 2024

	lingkungan	
<i>T. Koningii</i>	Antibiosis dan mikoparasitisme: menghambat jamur patogen	Asri et al., 2024
<i>T. viride</i>	Induksi kekebalan tanaman: meningkatkan ketahanan tanaman terhadap patogen Produksi hormon pertumbuhan: mendorong pertumbuhan tanaman	Purwantisari et al., 2015
<i>T. polysporum</i>	Dekomposisi bahan organik: mempercepat proses dekomposisi dan meningkatkan kesuburan tanah	Pamungkas 2020
<i>T. longibrachiatum</i>	Peningkatan kesehatan tanah: meningkatkan aktivitas mikroba tanah dan kesuburan tanah	Chao et al., 2023

Mekanisme biocontrol dianggap sebagai langkah-langkah penting dalam pengendalian penyakit karena fungisida kimia berdampak buruk untuk organisme non-target lainnya (Kohl et al., 2020). *Trichoderma* spp. telah dipelajari secara menyeluruh dan digunakan secara komersial sebagai agen biocontrol, pembenah tanah, dan biofertilizer karena kemampuannya untuk mempertahankan tanaman dan mengendalikan populasi patogen. Interaksi antara tanaman dan komunitas patogen menyebabkan pengendalian penyakit yang difasilitasi oleh mediator biocontrol (Sood et al., 2020). Kemampuan *Trichoderma* untuk memobilisasi dan menyerap nutrisi dari tanah lebih baik daripada mikroorganisme rizosfer lainnya. Karena itu, dalam menangani patogen seperti *Ganoderma* dengan *Trichoderma* memerlukan koordinasi berbagai strategi, termasuk kompetisi untuk nutrisi, yang dianggap sebagai strategi yang paling penting (Bargaz et al., 2018).

2.5 Media perbanyakan agens hayati *Trichoderma*

Trichoderma sp. dapat bersimbiosis dengan tanaman inangnya dengan menghancurkan dan memecah berbagai substrat yang berbeda dari tanah, dan menghasilkan enzim yang membantu meningkatkan nutrisi tanaman. *Trichoderma* sp. juga membantu tanaman menjadi lebih kuat dan melawan penyakit (Dewi et al., 2024). Penggunaan agen hayati telah menjadi tren pertanian modern dan berkelanjutan dalam pengendalian penyakit. Salah satu alasan jamur *Trichoderma* sp. dipilih sebagai pengendali hayati adalah karena memiliki kemampuan reproduksi yang tinggi, siklus hidup yang pendek, dan kemampuan untuk membentuk spora yang dapat bertahan lama di alam dalam kondisi ekstrim, disamping itu juga cukup aman digunakan, mudah diproduksi, cocok dengan berbagai insektisida, dan memiliki tingkat resistensi yang rendah (Kansrini, 2015). Pengamatan mikroskopis *Trichoderma* sp. menunjukkan konidia berwarna hijau dengan bentuk bulat transparan, hifa dengan dinding halus, dan banyak cabang. Pada *Trichoderma* sp. yang dikultur, bentuk koloninya berbeda-beda tergantung pada media tempat tumbuh. Jika nutrisinya lebih banyak maka koloninya tampak lebih hijau,

tetapi jika nutrisinya lebih sedikit maka koloninya tampak transparan. Perbanyakkan massal Jamur *Trichoderma* sp. dapat menggunakan media yang bernutrisi yang berasal dari bahan-bahan sederhana seperti dedak, beras, serbuk gergaji, jagung dan sekam padi yang dapat diperbanyak secara massal dengan menggunakan media buatan yang bernutrisi. Bahan-bahan ini mengandung karbohidrat, serat, nitrogen, fosfat, dan kalium yang diperlukan untuk pertumbuhan dan perkembangan (Anwar *et al.*, 2020).

Tabel 4. Metode perbanyakkan *Trichoderma*

Metode perbanyakkan	Media	Deskripsi	Referensi
Fermentasi Cair	Koloidal kitin	Media ini digunakan dengan cara menginkubasi <i>Trichoderma viride</i> dalam shaker inkubator untuk pertumbuhan spora	Putra <i>et al.</i> , 2014
	PDA (Potato Dextrose Agar)	Inokulasi <i>Trichoderma</i> sp. ke dalam media PDA cair dan diinkubasi untuk menghasilkan inokulum	Nengsih <i>et al.</i> , 2022
	Molase	Mencampurkan molase dengan air steril sebelum inokulasi <i>Trichoderma</i> dan diinkubasi selama 5 hari	Hindersah <i>et al.</i> , 2015
	Air cucian beras dan Air kelapa, Ekstrak	Mencampurkan media dengan air steril dan diinkubasi. <i>Trichoderma</i> diinokulasi dan dibiarkan tumbuh dalam beberapa hari	Apel, 2017 dan
Fermentasi padat	Beras & Jagung	Menggunakan Langkah-langkah pengukusan dan pendinginan untuk perbanyakkan <i>Trichoderma</i>	Gusnawaty <i>et al.</i> , 2017
	Dedak, Ela sagu, serbuk gergaji, dan Sekam padi	Direndam selama 24 jam kemudian diperas sampai kandungan air media dalam kondisi kapasitas lapang dan di sterilkan sebelum dijadikan media perbanyakkan	Gusnawaty <i>et al.</i> , 2017

Pertumbuhan *Trichoderma* sp. bergantung pada ketersediaan karbohidrat yang digunakan

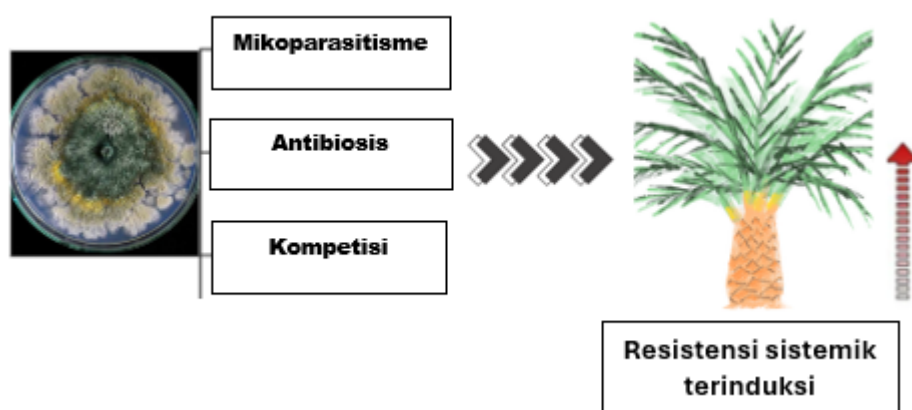
sebagai sumber energi untuk pertumbuhan dan perkembangannya. Bahan yang mengandung banyak karbohidrat akan meningkatkan pertumbuhan jamur dengan konsentrasi tinggi. Proses pertumbuhan yang rendah akan menghasilkan lebih sedikit konidia, sedangkan proses pertumbuhan yang tinggi akan menghasilkan lebih banyak konidia. Pada penelitian Anwar *et al.*, 2020, *Trichoderma* sp. tumbuh paling baik pada media dedak, dengan koloni berdiameter 9 cm dan kerapatan konidia $74,5 \times 10^{10}$ konidia/mg. Sebagai media perbanyak *Trichoderma* sp., media dedak menjadi media yang lebih baik daripada media PDA sintetik, beras, jagung, kacang hijau, dan serbuk gergaji.

Trichoderma sp. juga memiliki kemampuan untuk menghasilkan metabolit sekunder, seperti enzim selulase, yang dapat menghancurkan media yang mengandung selulosa dan meningkatkan penyerapan nutrisi jamur untuk pertumbuhannya

Tabel 6. Kandungan karbohidrat dan selulosa pada masing-masing media

Media	Karbohidrat	Selulosa	Referensi
Jagung	66,99 %	23 %	Thamrin & Martina 2022
Dedak	34,18 -34,75 %	25 %	Thamrin & Martina 2022
Kulit singkong	69,7 %	57 %	Wahyudi <i>et al.</i> , 2021
Kulit pisang	59 %	14 %	Nail <i>et al.</i> , 2020
Ampas tebu	-	50 %	Chatri <i>et al.</i> , 2018

2.6 Media perbanyak agen hayati *Trichoderma*



Gambar 1. Mekanisme biokontrol *Trichoderma* sp. terhadap patogen tanaman melalui kompetisi, antibiosis, dan mikoparasitisme serta induksi resistensi sistemik tanaman.

Mekanisme pengendalian *Trichoderma* sebagai agen pengendali hayati terhadap jamur patogen tumbuhan terdiri dari tiga macam, yaitu kompetisi terhadap tempat tumbuh untuk nutrisi, antibiosis,

dan mikoparasitisme. Kematian mikroorganisme biasanya disebabkan oleh kekurangan nutrisi, oleh sebab itu pengendalian dengan agen hayati adalah salah satu cara untuk memenangkan kompetisi dalam mendapatkan nutrisi. Melalui mekanisme ini, *Trichoderma* sp. dapat menghentikan pertumbuhan patogen pada tanah dan jaringan tanaman, mengumpulkan nutrisi organik, dan menciptakan ketahanan dan inaktivasi enzim patogen. Menurut penelitian Amaria *et al.* (2015), *Trichoderma* sp. yang diperoleh dari tanah dapat menghambat pertumbuhan jamur patogen melalui kompetisi ruang dan nutrisi dan parasitisme. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa jamur *Trichoderma* sp. dapat menghambat pertumbuhan jamur di dalam media tumbuh PDA. Hal ini disebabkan peran *Trichoderma* sp. sebagai hiperparasitisme yang dapat mengeluarkan antibiotik dan memanfaatkan ruang dan nutrisi untuk bersaing (Pasalo *et al.*, 2022). Sedangkan, mekanisme antibiosis ditunjukkan dengan terbentuknya zona penghambatan, atau zona bebas, di mana miselium jamur patogen dan jamur antagonis bertemu. Melalui mekanisme antibiosis, jamur *Trichoderma* dapat menghalangi mikroorganisme lain untuk tumbuh. Ini terjadi ketika jamur antagonis berinteraksi dengan patogen dan jamur antagonis juga dapat menghasilkan senyawa antibiotik untuk menekan pertumbuhan mikroorganisme, sehingga dapat berfungsi sebagai antimikrobia (Muhibuddin *et al.*, 2021).

Mekanisme pengendalian patogen *Trichoderma* spp. sebagian besar berasal dari mikroparasit dan dapat berkompetisi agresif. Pertumbuhan miselium *Trichoderma* spp. akan tumbuh dan menutupi hifa jamur inang kemudian hifa patogen akan menjadi kosong. Jamur *T. harzianum* dan *T. hamantum* menghasilkan β -(1-3)-glukanase dan khitinase, yang memicu exolisis pada hifa inang. Ini berfungsi sebagai mikroparasit terhadap *Rhizoctonia solani* dan *Sclerotium rolfii* (Pattikawa *et al.*, 2022). Menurut Patty & Uruilal (2021) faktor utama seperti enzim hidrolitik (kitinase, β -1,3-glukanase, protease) dan metabolit sekunder (peptaibol dan polyketide) memberikan kontribusi yang signifikan terhadap aktivitas antagonis *Trichoderma* terhadap *Fusarium graminearum*. Efek kitinase, β -1,3-glukanase, protease, peptaibol, dan polyketide dapat menjadi komponen fungsi antagonis *Trichoderma*. Satu kelompok enzim yang menurunkan dinding sel biasanya memicu mikoparasitisme, dan *Trichoderma* memiliki efek antagonis terhadap *Fusarium*. Salah satu mekanisme utama *Trichoderma* sp. untuk melawan jamur patogen tanaman adalah mikoparasitisme.

Basil (2019) menggunakan *Trichoderma* untuk merawat benih, bibit, atau tanah untuk mengendalikan jamur yang terbawa dari tanah seperti *R. solani*, *Fusarium* sp., dan *Pythium* sp. Enam isolat jamur *Trichoderma* spp. telah diuji daya hambatnya terhadap patogen tanaman seperti *Phytophthora palmivora*, patogen busuk buah kakao, dan *Colletotrichum gloeosporioides*, patogen antraks. Mekanisme penghambatan dan penghambatannya terhadap *Rhizoctonia solani* dipelajari melalui pengujian daya hambatnya secara *in vitro*. *Trichoderma* spp. mempercepat pertumbuhan tanaman dan meningkatkan hasil produksi tanaman karena sifatnya yang unik di rhizosfer melindungi akar dari serangan jamur patogen tular tanah. Aplikasi *Trichoderma* spp. dapat dilakukan secara langsung di tanah, melalui perlakuan benih, atau melalui kompos. Keunggulan lainnya yaitu mudah

dimonitor dan dapat tumbuh serta berkembang biak dengan cepat. Akibatnya, keberadaannya di lingkungan dapat bertahan lama dan aman bagi manusia dan hewan karena tidak meninggalkan residu kimia yang berbahaya di dalam tanah (Soplanit *et al.*, 2021)

3. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil review artikel yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa sudah banyak penelitian yang membahas tentang *Trichoderma* sp. yang berperan sebagai agen biokontrol dalam menghambat pertumbuhan jamur antagonis *Ganoderma* sp. Berdasarkan dari beberapa penelitian yang telah dilakukan, *Trichoderma* sp. telah terbukti dapat menghambat pertumbuhan patogen antagonis seperti *Ganoderma*. *Trichoderma* sp. memiliki mekanisme kerja dalam menghambat patogen seperti kompetisi ruang dan nutrisi, mikoparasitisme, dan produksi senyawa antibiosis. Selain itu, *Trichoderma* juga meningkatkan kesuburan tanah dan ketahanan tanaman terhadap infeksi. Dengan sifatnya yang ramah lingkungan, mudah diperbanyak, serta efektif dalam mengendalikan *Ganoderma*. *Trichoderma* sp. menjadi alternatif potensial dalam strategi pengelolaan penyakit kelapa sawit yang berkelanjutan.

Penelitian selanjutnya sebaiknya fokus pada pengembangan formulasi produk (seperti enkapsulasi) untuk meningkatkan daya simpan spora di lapangan, pengujian sinergi konsorsium *Trichoderma* dengan mikroba fungsional lain (PGPR/Mikoriza), serta analisis molekuler mengenai respon pertahanan tanaman dan efektivitas berbagai metode aplikasi pada lahan endemik guna mendapatkan strategi pengendalian yang lebih efisien dan aplikatif.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada ibu Dwi Hilda Putri dan ibu Bedah Rupaedah yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan sehingga *review* artikel ini dapat terselesaikan dengan baik.

REFERENSI

- Afandi D, M Basyuni, LAP Putri, D Chalil, & I Syahputra (2019). Expression of oil palm (*Elaeis guineensis*) polyisoprenoids in response to *Ganoderma boninense* infection. *Biodiversitas*, 20(1), 68-76.
- Afandi, M. M., & Fitriany, S. (2017). Potensi *Trichoderma* spp. Asal Rizosfer Tanaman Kelapa Sawit sebagai Agens Antagonis Terhadap *Ganoderma* sp. secara *in vitro*: Potency of *Trichoderma* spp. from oil palm rizosphere as biological agent to *Ganoderma* sp. *in vitro*. *Jurnal Online Agroekoteknologi*, 5(2), 469-4f.
- Agustina, N. A. (2020). Efektivitas daya hambat asap cair tempurung kelapa (*Cocus Nucifera*) terhadap pertumbuhan jamur *Ganoderma boninense*. *Agroprimatech*, 4(1), 79-82.)
- Alviodynasari, R., Martina, A., & Lestari, W. (2015). Pengendalian *Ganoderma boninense* oleh *Trichoderma* sp. SBJ8 pada kecambah dan bibit kelapa sawit (*Elaeis guineensis* jacq.) di tanah gambut (Doctoral dissertation, Riau University).
- Apel, A. S. P. T. (2017) Pengaruh Formulasi Media Cair Terhadap Pertumbuhan Agen Hayati yang berasal dari Jamur Antagonis *Trichoderma* Sp. dan *Gliocladium* Sp. Serta Potensinya alam

Mengendalikan Penyakit Bercak Daun.

- Asri, C. P., Iswahyudi, I., Bahri, S., & Dalimunthe, C. I. (2024). Aplikasi Jenis Dan Dosis Isolat *Trichoderma* sp. Dalam Menekan Jamur Akar Putih Pada Bibit Batang Bawah Tanaman Karet (*Hevea brasiliensis* Muell Arg.). *Jurnal Agrium*, 21(1), 1-15.
- B. Y. Mahde, Mohammed A. F., Salah S. A., "Evaluation of Biofungicide Formulation of *Trichoderma longibrachiatum* in Controlling of Tomato Seedling Damping-off Caused by *Rhizoctonia solani*", *J. Agric. Sci.* Vol. 32 No. 2, pp. 135-149, 2019.
- Badan Pusat Statistik. (2020). (Survei Perusahaan Perkebunan); Kementerian Pertanian (Direktorat Jenderal Perkebunan)
- Bargaz, A.; Lyamlouli, K.; Chtouki, M.; Zeroual, Y.; Dhiba, D. Sumber daya mikroba tanah untuk meningkatkan efisiensi pupuk dalam sistem pengelolaan nutrisi tanaman terpadu. *Front. Microbiol.* 2018, 9, 1606
- Bina, E. F., Irawan, B., Setiawan, W. A., & Ekowati, C. N. (2022). Aplikasi Inokulum Fungi *Trichoderma* spp. Untuk Pertumbuhan dan Penekan Fitopatogen. *Jurnal Biologi Papua*, 14(2).
- Cao, Q., Liang, Y., Tian, Y., Lian, H., Jiang, X., & Li, M. (2023). Survival dynamics of *Trichoderma longibrachiatum* Tr58 in conidia-and chlamydospore-amended soils with different moisture levels. *Agriculture*, 13(2), 238.
- Dalimunthe, Cici I., dan Rachmawan, A. (2017). Prospek Pemanfaatan Metabolit Sekunder Tumbuhan sebagai Pestisida Nabati untuk Pengendalian Patogen pada Tanaman Karet The. *Warta Perkaretan*, 36(1), 15–28.
- Debnath, S., Chakraborty, G., Dutta, S. S., Chaudhuri, S. R., Das, P., & Saha, A. K. (2020). Potential of *Trichoderma* species as biofertilizer and biological control on *Oryza sativa* L. cultivation.
- Dendang, B. (2015). Uji antagonisme *Trichoderma* spp. terhadap *Ganoderma* sp. yang menyerang tanaman sengon secara in vitro. *Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea*, 4(2), 147-156.
- El Komy, M.H., A.A. Saleh, A. Eranthodi, and Y.Y. Molan. 2015. Characterization of novel *Trichoderma asperellum* isolates to select effective biocontrol agents against tomato *Fusarium* Wilt. *Plant Pathol.* 31: 50-60.
- Elfina, Y., Ali, M., & Saputra, R. (2016). Penggunaan bahan organik dan kombinasinya dalam formulasi biofungisida berbahan aktif jamur *Trichoderma pseudokoningii* Rifai. untuk menghambat jamur *Ganoderma boninense* Pat. secara in vitro. *Jurnal Natur Indonesia*, 16(2), 79-90.
- Elgorban, A. M., Al-Rahmah, A. N., Sayed, S. R., Hirad, A., Mostafa, A. A. F., & Bahkali, A. H. (2016). Antimicrobial activity and green synthesis of silver nanoparticles using *Trichoderma viride*. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 30(2), 299-304.
- Faizah R, R A Putranto, S Wening, D Sukma, VR Raharti, A Budiani & S Sudarsono (2019). Differential expression of root specific genes of oil palm seedlings at early stage of *Ganoderma boninense* infection. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 418:1-10. DOI:10.1088/17551315/418/1/012044.
- Gusnawaty, H. S., Taufik, M., & Asis, A. (2017). Uji Efektivitas Beberapa Media Untuk Perbanyak Agens Hayati *Trichoderma* sp. *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika*, 17(1), 70-76.
- Gusnawaty, H. S., Taufik, M., & Herman, H. (2014). Efektifitas *Trichoderma* indigenus Sulawesi Tenggara sebagai biofungisida terhadap *Colletotrichum* sp. secara in-vitro. *Jurnal Agroteknos*, 4(1), 244375.
- Halifu, S., Deng, X., Song, X., Song, R., & Liang, X. (2020). Inhibitory mechanism of *Trichoderma virens* ZT05 on *Rhizoctonia solani*. *Plants*, 9(7), 912.
- He, Y., & Zhu, H. (2024). Whole genome sequencing and analysis of the weed pathogen *Trichoderma polysporum* HZ-31. *Scientific Reports*, 14(1), 15228.
- Hendarjanti, H., & Sukorini, H. (2022). Aplikasi Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) pada pembibitan untuk menekan kejadian penyakit busuk pangkal batang kelapa sawit. *Menara Perkebunan*, 90(2), 119-133.
- Hindersah, R., Rumahlewang, W., Puttinela, J., Talahaturuson, A., & Kalay, A. M. (2015). Optimasi inokulan cair *Trichoderma harzianum* berbasis molase. *J Agrologia*, 4(2), 78-82.
- Ibrahim MS, IA Seman, MH Rusli, MA Izzuddin, N Kamarudin, K Hashim & Zulkifli (2020). Surveillance of *Ganoderma* disease in Oil palm Planted by Participants of The Smallholders Replanting Incentive Scheme in Malaysia. *Journal of Oil Palm Research* 32(2), 237-224. 10.21894/jopr.2020.0024

- Jawak, G., Widajati, E., Palupi, E. R., & Mathius, N. T. (2018). PELAPISAN BENIH KELAPA SAWIT DENGAN PENGAYAAN *Trichoderma asperellum* (T13) UNTUK MENEKAN INFEKSI *Ganoderma boninense* PAT. Jurnal Perbenihan Tanaman Hutan, 6(2), 121-132.
- K. Jaya and H. Noer, "Pkm Pemberdayaan Kelompok Petani Kakao Melalui Penerapan Metode Slpht Di Desa Sibalago Kecamatan Toribulu Kabupaten Parigi Moutong," J. Abditani, vol. 1, no. 1, pp. 1–7, 2018, doi: 10.31970/abditani.v1i0.18.
- Kartikowati, E., Haris, R., Karya, & Anwar, S. (2019). Aplikasi Agen Hayati (*Paenibacillus polymixa*) terhadap Penekanan Penyakit Hawar Daun Bakteri Serta Hasil dan Pertumbuhan Padi Hitam (*Oryza sativa*) Var. Lokal. Jurnal Ilmiah Pertanian, 7(1), 9–15.
- Khan, I. H., & Javaid, A. (2020). In vitro biocontrol potential of *Trichoderma pseudokoningii* against *Macrophomina phaseolina*.
- Köhl, J.; Kolnaar, R.; Ravensberg, WJ Cara kerja agen pengendali hayati mikroba terhadap penyakit tanaman: Relevansi di luar kemanjuran. Front. Plant Sci. 2019, 10, 845.
- Lakitan B. 2014. Dasar-dasar Fisiologi Tumbuhan. Rajawali Pers, Jakarta.
- M. I. Agastya, R. P. D. Julianto, and A. Hamzah, "Teknik Pengendalian Penyakit Antraknose (Patek) Di Sentra Tanaman Cabai (*Capsicum annum* L) Menggunakan Pendekatan PHT," J. Akses Pengabd. Indonesia., vol. 1, no. 2, pp. 28–31, 2017.
- M. W. Day, "Teknik Perbanyak Massal Jamur *Trichoderma* sp. Pada Beberapa Media Tumbuh Sebagai Agens Pengendali Hayati," J. Locus Penelit. dan Pengabd., vol. 1, no. 2, pp. 81–89, 2022, doi: 10.58344/locus.v1i2.10) A. (2020). Efektivitas daya hambat asap cair tempurung kelapa (*Cocos Nucifera*) terhadap pertumbuhan jamur *Ganoderma boninense*. Agroprimatech, 4(1), 79-82.)
- Mahmud, Y., Romantis, C., & Zam, S. I. (2020). Efektivitas *Trichoderma virens* dalam mengendalikan *Ganoderma boninense* di pre nursery kelapa sawit pada medium gambut. Jurnal Agroteknologi, 11(1), 11-16.
- Muhibbudin, A., Setiyowati, E. M., & Sektiono, A. W. (2021). Mechanism antagonism of *Trichoderma viridae* against several types of pathogens and production of secondary metabolites. Agrosaintifika: Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian 4: 243-253
- Mukhlis, A., Sitepu, S. F., & Lisnawita. (2017). Potency of *Trichoderma* spp. From oil rizosphere as biological agent to *Ganoderma* sp. in vitro. Jurnal Agroekoteknologi FP USU5:469-473.
- Munthe, K. P. S. & D. D. (2018). Hosting of Hendersonia against *Ganoderma* (*Ganoderma boniense*) disease in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq). International Journal of Multidisciplinary Research And Development, 5(3), 46–50. <http://www.allsubjectjournal.com/archives/2018/vol5/issue3/5-2-52>
- Musa H, SA Nusaibah, & A Khairulmazmi (2018). Assessment on *Trichoderma* spp. mixture as a potential biocontrol agent of *Ganoderma boninense* infected oil palm seedlings. J Oil Palm Res. 30 (3), 403-415.
- Mustofa, A., & Hastuti, U. S. (2024). Antagonism and mycoparasitism mechanism of *T. harzianum* against pathogenic fungus species of *F. oxysporum* and *Capnodium* sp. Inornatus: Biology Education Journal, 4(1), 1-10.
- Nengsih, E. P., Faizah, M., & Prasetyono, H. (2022). Uji Tiga Jenis Media Tumbuh *Trichoderma* sp. dan Efektifitas Antagonisme Terhadap *Fusarium* sp. Secara Invitro. AGROSAINTIFIKA, 4(2), 294-298.
- Novianti, D. (2018). Perbanyak Jamur *Trichoderma* sp. pada Beberapa Media. Sainmatika: Jurnal Ilmiah Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, 15(1), 35–41
- Nusaibah SA & A Musa (2019). A Review Report on the Mechanism of *Trichoderma* spp. as Biological Control Agent of The Basal Stem Rot (BSR) Disease of *Elaeis guineensis*. Intech Open, 1-12. DOI: 10.5772/intechopen.84469
- Pamungkas, A. G. (2020). Efektivitas Model Supply Chain Management Sebagai Alat Pengawasan Distribusi Produk Pupuk Bersubsidi Wilayah Jawa Timur: Studi Kasus Pada PT Pupuk Kalimantan Timur Kp Surabaya (Doctoral dissertation, UNIVERSITAS AIRLANGGA).
- Pasalo, N. M., Kandou, F. E. F., & Singkoh, M. F. O. (2022). Uji Antagonisme jamur *Trichoderma* sp. terhadap patogen *Fusarium* sp. pada tanaman bawang merah *Allium cepa* isolat lokal Tonsewer secara in vitro. Jurnal Ilmu Alam dan Lingkungan, 13(2).
- Pattikawa, A. S., Pagaya, J., & Patty, J. (2020). Pengujian antagonisme secara in vitro isolat jamur

- Trichoderma harzianum* terhadap *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* penyebab penyakit layu pada tanaman pisang kepok (*Musa paradisiaca*). *Rumphius Pattimura Biological Journal*, 2(2), 016–022.
- Patty, J., & Uruilal, C. (2021). *Trichoderma* Indigenous Maluku: Karakteristik morfologi dan antagonismenya terhadap patogen tanaman. *Journal of Tropical Agricultural Engineering and Biosystems-Jurnal Keteknik Pertanian Tropis dan Biosistem*, 9(2), 172-182.
- Pratomo, G., & Saputra, O. C. C. (2022). Analisis determinan ekspor minyak kelapa sawit Indonesia pada negara Asia-6 tahun 2011-2020. *Economie: Jurnal Ilmu Ekonomi*, 4(2), 97-107.
- Priwiratama, H., dan Susanto, A. (2020). Kejadian Penyakit Busuk Pangkal Batang pada Tanaman Sistem Lubang Tanam Standar. *Warta PPKS*, 25(3), 115–122.
- Priwiratama, H., A. E. Prasetyo, and A. Susanto. 2020. “Incidence of Basal Stem Rot Disease of Oil Palm in Converted Planting Areas and Control Treatments.” *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 468 (1): 1–7.
- Purwantisari, S., Priyatmojo, A., Sancayaningsih, R. P., & Kasiandari, R. S. (2015). Aplikasi jamur antagonis *Trichoderma viride* terhadap pengurangan intensitas serangan penyakit hawar daun serta hasil tanaman kentang. In *Seminar Nasional Konservasi dan Pemanfaatan Sumber Daya Alam* (p. 211).
- Putra, D. P., Wuryanti, W., & Sriatun, S. Pengaruh Penambahan Biotin terhadap Produksi Kitinase dari *Trichoderma Viride* FNCC 6013. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 2014 17(1), 6-11.
- Pylak, M., Oszust, K., & Fraç, M. (2019). Review report on the role of bioproducts, biopreparations, biostimulants and microbial inoculants in organic production of fruit. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 18(3), 597-616.
- Rupaedah, B., Amanda, D. V., Indrayanti, R., Asiani, N., Sukmadi, B., Ali, A., ... & Sugianto, M. (2018). Aktivitas *Stenotrophomonas rhizophila* dan *Trichoderma* sp. dalam menghambat pertumbuhan *Ganoderma boninense*. *Jurnal Bioteknologi Dan Biosains Indonesia*, 5(1), 53-63
- Sahebi M, Hanafi MM, Akmar ASN, Rafii MY, Azizi P, I. A. (2015). Serinerich protein is a novel positive regulator for silicon accumulation in mangrove. *National Library For Medicine*, 556(2), 170–181. <https://doi.org/10.1016/j.gene.2014.11.055>
- Samingan, S. (2014). Antagonistic Ability of *Trichoderma* sp. against *Ganoderma* sp. on Litter Medium of *Acacia mangium*. *Jurnal Natural*, 14(2).
- Sihombing, DM. 2015. Uji efektivitas trichodermin dan fungisida heksakonazol dalam menghambat pertumbuhan *Ganoderma boninense* Pat. pada tanaman kelapa sawit di laboratorium [skripsi]. Medan (ID): Universitas Sumatera Utara
- Sinuraya, R. A., Nurliana, N., Maisarah, M., Ashari, R., Rambe, S. A., Lubis, F. M., ... & Halawa, A. (2024). Sosialisasi Sosialisasi Perbanyakkan Jamur *Trichoderma* Sebagai Pencegah *Ganoderma* Tanaman Kelapa Sawit Pada Lubang Tanam Sebelum Menanam Kelapa Sawit. *Jurnal Abdimas: Pengabdian dan Pengembangan Masyarakat*, 6(1), 32-40.)
- Sood, M., Kapoor, D., Kumar, V., Sheteiwy, M. S., Ramakrishnan, M., Landi, M., ... & Sharma, A. (2020). *Trichoderma*: The “secrets” of a multitasking biocontrol agent. *Plants*, 9(6), 762.
- Soplanit, R. C., Patty, J., & Talahaturuson, A. (2021). Antagonisme In-Vitro Lima Isolat Lokal *Trichoderma* spp. Asal Rhizosfer Terhadap *Rhizoctonia solani* Penyebab Busuk Pelepah Jagung. *Jurnal Budidaya Pertanian*, 17(2), 89-98.
- Supriyanto, Purwanto, Poromarto & Supyani (2020). Evaluation of in vitro antagonistic activity of fungi from peatlands against *Ganoderma* species under acidic condition. *Biodiversitas* 21 (7), 29352945. DOI: 10.13057/biodiv/d210709
- Sutarman, S., & Prahasti, T. (2022). Uji keragaan *Trichoderma* sebagai pupuk hayati dalam meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman bawang merah. *Jurnal Agrotek Tropika*, 10(3), 421-428.
- Virdiana I, M Rahmaningsih, BP Forster, M Schmoll, & J Flood (2019). *Trichoderma: Ganoderma Disease Control Oil Palm - A Manual*. Forster BP, & Caligari PDS (eds), *Techniques in Plantation Science*. Centre for Agriculture and Biosciences International (CABI). United Kingdom: Severn, Gloucester
- Waghunde, R. 2016. *Trichoderma: A significant fungus for agriculture and environment*. *African Journal of Agricultural Research*. 11(22): 1952-196.
- Widiastuti, H., Eris, D. D., & Santoso, D. (2016). Potensi fungisida organik untuk pengendalian

- Ganoderma* pada tanaman kelapa sawit [Potency of organic fungicide to control *Ganoderma* sp. of oil palm]. Menara Perkebunan, 84(2).
- Widyanti, Fitri. 2018. Pengujian *Trichoderma* sp. Terduga Mutan Tahan N Tinggi, P Tinggi dan pH Rendah Sebagai Antagonis *Ganoderma boninense* dan PGPF. [skripsi]. Fakultas Pertanian. Universitas Lampung: Bandar Lampung
- Yanti, Y., Rifai, I., dan Arnetti. (2019). Penapisan Isolat Rizobakteri indigenos untuk Pengendalian *Ganoderma boninense* pada Bibit Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.). Jurnal AIP, 7(2), 59–68.
- Zhang, F., Xu, X., Huo, Y., & Xiao, Y. (2019). *Trichoderma*-inoculation and mowing synergistically altered soil available nutrients, rhizosphere chemical compounds and soil microbial community, potentially driving alfalfa growth. *Frontiers in microbiology*, 9, 3241.
- Zhang, J.; Chen, G.-Y.; Li, X.-Z.; Hu, M.; Wang, B.-Y.; Ruan, B.-H.; Zhou, H.; Zhao, L.-X.; Zhou, J.; Ding, Z.-T.; dkk. Aktivitas fitotoksik, antibakteri, dan antioksidan dari mikotoksin dan metabolit lain dari *Trichoderma* sp. *Nat. Prod. Res.* 2017, 31, 2745–2752
- Zhu, Z.X., and W.Y. Zhuang. 2015. *Trichoderma* (Hypocrea) species with green ascospores from China. *Persoonia*. 34: 113-129