

APLIKASI *Trichoderma* sp. UNTUK PENGENDALIAN *Ganoderma* sp. PADA TEGAKAN SENGON DI LAHAN PASCATAMBANG KALIMANTAN UTARA

*Application of Biological Agents *Trichoderma* sp for the Control of *Ganoderma* sp. On Sengon Stands in North Kalimantan Post-Mining Land*

Elis Nina Herliyana^{1*}, Kharisma Aulia Azahra¹, Irdika Mansur¹

(Diterima 23 Juni 2025 /Disetujui 22 Oktober 2025)

ABSTRACT

*The land reclamation at PT. Pesona Khatulistiwa Nusantara using sengon trees is susceptible to pest and disease attacks, particularly red root rot disease caused by *Ganoderma* sp. This research aims to analyze the influence of biological agents, namely, the *Trichoderma* sp. and the JakabaBHP01 in inhibiting the growth of the *Ganoderma* sp. and analyze the influence of time in the inhibition process. The antagonist test was carried out using a double culture method between pathogenic fungi and antagonist fungi on Potato Dextrose Agar (PDA) media. The influence of time was treated in two ways: a) growing *Ganoderma* sp. and antagonistic fungi simultaneously and b) growing *Ganoderma* sp. for 7 days before testing its inhibitory power against antagonistic fungi. Antagonist test results showed that *Trichoderma* sp. and JakabaBHP01 can inhibit the growth of pathogens with simultaneous laying times. The highest inhibition results on *Ganoderma* sp. A1 was a treatment using *Trichoderma* sp., which is 95.63%, and in *Ganoderma* sp. A2 also had the highest inhibition with *Trichoderma* sp., 98.74%. Inhibitory mechanisms in *Trichoderma* sp. were a competition mechanism and in JakabaBHP01 it was a mycoparasitism mechanism.*

*Keywords: Antagonistic fungi, JakabaBHP01, mechanism, *Trichoderma* sp.*

ABSTRAK

Reklamasi lahan PT. Pesona Khatulistiwa Nusantara dengan tanaman sengon rentan terhadap serangan hama dan penyakit, terutama penyakit busuk akar merah yang disebabkan oleh *Ganoderma* sp. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh agens hayati yaitu, *Trichoderma* sp. dan JakabaBHP01 dalam menghambat pertumbuhan *Ganoderma* sp. serta menganalisis pengaruh waktu dalam proses penghambatannya. Uji antagonis dilakukan dengan menggunakan metode kultur ganda antara cendawan patogen dan cendawan antagonis pada media *Potato Dextrose Agar* (PDA). Perlakuan pengaruh waktu dilakukan dengan dua cara : a) penumbuhan *Ganoderma* sp. dan cendawan antagonis secara bersamaan dan b) menumbuhkan terlebih dahulu *Ganoderma* sp. selama 7 hari sebelum diuji daya hambatnya terhadap cendawan antagonis. Hasil uji antagonis menunjukkan bahwa *Trichoderma* sp. dan JakabaBHP01 dapat menghambat pertumbuhan patogen dengan waktu peletakkan yang dilakukan bersamaan. Hasil penghambatan tertinggi pada *Ganoderma* sp. A1 adalah perlakuan dengan menggunakan *Trichoderma* sp. Yaitu sebesar 95,63% dan pada *Ganoderma* sp. A2 perhambatan tertingginya juga dengan perlakuan *Trichoderma* sp. yaitu sebesar 98,74%. Mekanisme penghambatan pada *Trichoderma* sp. adalah mekanisme kompetisi dan pada JakabaBHP01 adalah mekanisme mikoparasitisme.

Kata kunci: JakabaBHP01, cendawan antagonis, mekanisme, *Trichoderma* sp.

¹ Departemen Silvikultur, Fakultas Kehutanan dan Lingkungan, IPB University

* Penulis korespondensi:

e-mail: elishe@apps.ipb.ac.id

PENDAHULUAN

Alternatif penggunaan lahan bekas tambang umum dilakukan untuk kawasan kehutanan, pertanian, dan lokasi wisata. Pemahaman kondisi ekologi sangat penting dalam reklamasi bekas tambang, karena reklamasi ini diharapkan menghasilkan kondisi ekologis tapak yang mendekati dengan kondisi hutan alam sebelumnya sehingga dapat mengembalikan hutan sesuai peruntukannya (Hirfan 2018). Salah satu perusahaan pertambangan batubara yang terletak di Kecamatan Tanjung Palas, Kabupaten Bulungan, Kalimantan Utara adalah PT. Pesona Khatulistiwa Nusantara (PT. PKN). Proses penambangan di PT. PKN menggunakan metode penambangan surface mining. Perusahaan ini memiliki komitmen untuk menerapkan sistem pengelolaan lingkungan guna meminimalisir dampak yang terjadi akibat operasional penambangan. Beberapa tanaman ang banyak ditanam untuk reklamasi lahan di PT. PKN ini adalah tanaman sengon dan angsana, juga terdapat tanaman kakao sebagai tanaman pendukung dalam sistem agroforestri.

Reklamasi lahan PT. PKN masih rentan terhadap serangan hama dan penyakit, salah satunya adalah penyakit busuk akar pada tanaman sengon yang sering menyerang area revegetasi tahun 2018–2019. Penyakit ini disebabkan oleh pola monokultur sengon yang mempermudah serangan patogen *Ganoderma* sp., yang sulit dideteksi karena gejalanya mirip dengan penyakit akar lainnya, termasuk kekeringan. Patogen *Ganoderma* sp., tumbuh pada pangkal batang atau akar pohon, dan karena media tanamnya ada di pohon, sehingga dapat menginvasi jamur berkayu yang disebut sebagai lignicolous. Jamur lignicolous merupakan jamur yang tidak hanya tumbuh pada kayu (pohon) tetapi juga dapat mendegradasi matriks berserat (selulosa dan lignin) kayu sehingga dapat menyebabkan pembusukan pada akar ataupun batang (Utami *et al.* 2024). *Ganoderma* sp., merupakan patogen *soil borne fungi*, yang menyebabkan busuk akar dan batang (Saragih *et al.* 2019). Widiastuti (2016) menambahkan bahwa infeksi dari patogen *Ganoderma* sp., dapat menyebabkan penyakit busuk pangkal batang. *Ganoderma* sp., akan menyerang komponen penyusun dinding sel tanaman seperti lignin, selulosa, dan hemiselulosa, sehingga *Ganoderma* sp., akan tumbuh dan berkembang di dalam jaringan tanaman (Suhendra *et al.* 2017). Penyakit ini dipicu oleh kesalahan dalam proses backfilling, di mana lapisan tanah tidak ditempatkan sesuai dengan urutan horizon yang benar, menyebabkan terbatasnya topsoil. Akibatnya, lahan revegetasi di

PT. PKN didominasi oleh tanah liat yang menghambat penyerapan air, menyebabkan genangan dan mempercepat pembusukan akar. Infeksi penyakit ini terjadi melalui kontak akar sehat dengan sumber infeksi di dalam tanah, seperti potongan akar yang terkontaminasi atau batang yang mengandung koloni patogen.

Pengendalian menggunakan agens hayati, seperti *Trichoderma* sp., dan JakabaBHP01, dapat dilakukan untuk mengendalikan serangan *Ganoderma* sp., pada tegakan sengon. *Trichoderma* sp., merupakan jamur tanah yang dapat menguraikan bahan organik tanah dengan kandungan zat seperti N, P, S dan Mg serta unsur hara lain yang dibutuhkan tanaman dalam pertumbuhannya. Selain itu, *Trichoderma* sp., dapat menguraikan posfat dari Al, Fe dan Mn (Rupaedah *et al.* 2018). JakabaBHP01 dapat merupakan pupuk organik cair (POC) dan dapat mempercepat pertumbuhan tanaman yang kerdil, memperpanjang umur tanaman dan mengatasi patogen. Kandungan Nitrogen (N) dan Fosfor (P) pada JakabaBHP01 dapat merangsang pertumbuhan akar (Waworuntu 2023). Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh dua agens hayati yaitu, *Trichoderma* sp., dan JakabaBHP01 dalam menghambat pertumbuhan *Ganoderma* sp., serta menganalisis pengaruh waktu dalam proses penghambatannya, khususnya pada penyakit busuk akar yang menyerang tegakan sengon lahan pascatambang PT. Pesona Khatulistiwa Nusantara, Kalimantan Utara.

METODOLOGI

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Desember 2023 sampai dengan April 2024. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Patologi Hutan Departemen Silviculture Fakultas Kehutanan dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor. Pengambilan sampel *Ganoderma* sp. dan *Trichoderma* sp. dilakukan di PT. Pesona Khatulistiwa Nusantara, Kalimantan Utara.

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi *Laminar Air Flow* (LAF), *autoclave*, mikroskop, oven, Cawan Petri, jarum *oose*, *cork borer* ($\varnothing \pm 0.5$ cm), pisau, gunting, seal, kaca preparat, alat tulis, dan kamera. Bahan yang digunakan antara lain kentang, agar bubuk, gula, nasi, *chloramphenicol*, alkohol 70%, alkohol 96%, spirtus, air steril, kertas saring, *aluminium foil*, isolat *Ganoderma* sp., isolat *Trichoderma* sp., dan isolat JakabaBHP01 koleksi Laboratorium Patologi Hutan, Fakultas Kehutanan dan Lingkungan IPB.

Prosedur Penelitian

Pembuatan Media Biakan

Media biakan yang digunakan adalah Potato Dextrose Agar (PDA). Formula pembuatan media PDA merujuk pada Day *et al.* (2022), dengan menambahkan *chloramphenicol* untuk menghindari kontaminasi.

Isolasi Jamur Patogen *Ganoderma* sp.

Ganoderma sp., diambil dari tubuh buah batang tegakan sengon di area revegetasi tahun 2018 PT. Pesona Khatulistiwa Nusantara, Kalimantan Utara. Tubuh buah *Ganoderma* sp., dipotong secara melintang di beberapa bagian dengan ukuran persegi panjang kecil (± 0.5 cm). Potongan tubuh buah tersebut disterilkan melalui perendaman alkohol 70% , kemudian di bilas menggunakan air steril. Setelah itu, potongan tubuh buah dikeringkan dengan kertas saring steril yang diletakkan di atas cawan petri. Selanjutnya tubuh buah diletakkan pada media PDA di dalam Cawan Petri 9 cm (Steyaert 1967). Setiap cawan diisi oleh tubuh buah sebanyak 4 potong. Pertumbuhan isolat harus diamati setiap hari, setelah 14 hari dan Cawan Petri sudah penuh, maka dilanjutkan dengan tahap selanjutnya yaitu peremajaan.

Isolasi Cendawan antagonis *Trichoderma* sp.

Merujuk pada penelitian Amalia dan Elviantari (2023) *Trichoderma* sp., didapat dari hasil eksplorasi jamur dengan menggunakan teknik pengumpulan yang dilakukan pada tegakan sengon di area yang sama dengan *Ganoderma* sp. Tanah yang diambil ini merupakan tanah yang berasal dari tegakan sengon yang sehat. Media yang diperlukan pada teknik ini yaitu media perangkat nasi. Hal ini

sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Amalia dan Elviantari (2023), media yang digunakan dalam penelitiannya ialah Nasi sebagai perangkat untuk *Trichoderma* spp. Nasi akan menimbulkan aroma yang kuat yang disebabkan oleh aktivitas mikroorganisme. Nasi berperan sebagai penyedia nutrisi (karbohidrat) untuk jamur dan bakteri pengganti PDA (*Potato Dextrose Agar*). Tanah yang sudah diambil tersebut dimasukkan ke dalam wadah kemudian diletakkan nasi di atasnya hingga menutupi seluruh bagian tanah dan diamati pertumbuhannya selama 5 hari. *Trichoderma* sp, muncul pada saat nasi berubah warna menjadi hijau. Warna hijau merupakan miselium dari jamur *Trichoderma* sp. Amalia dan Elviantari (2023). Setelah tumbuh dan diamati, isolat dipindahkan ke Cawan Petri ukuran 9 cm dengan media PDA menggunakan jarum ose untuk peremajaan.

Pengamatan Pertumbuhan Diameter Koloni Miselium

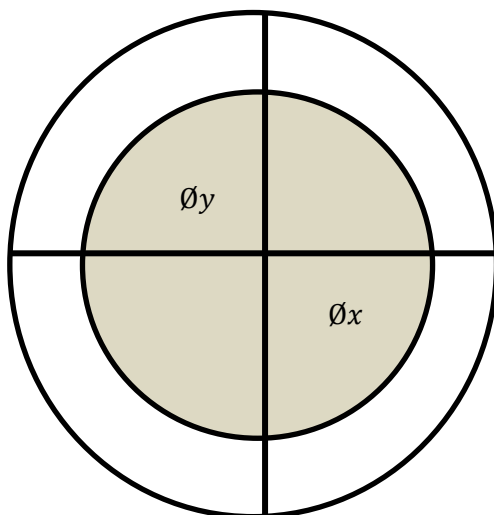
Isolat cendawan yang telah dimurnikan pada media PDA kemudian diamati untuk melihat pertumbuhannya. Pengamatan pertumbuhan isolat dilakukan setiap 24 jam selama miselium tumbuh sampai memenuhi Cawan Petri. Parameter yang diamati dalam pertumbuhan kedua cendawan ini yaitu pertumbuhan diameter sumbu vertikal dan sumbu horizontal. Contoh parameter tersaji pada Gambar 1. Rumus pengamatan pertumbuhan cendawan ini menggunakan rumus diameter radial menurut Achmad dan Mulyaningsih (2015) :

$$\text{Diameter arah radial} : \frac{\emptyset x + \emptyset y}{2}$$

Keterangan :

$\emptyset x$: diameter sumbu x

$\emptyset y$: diameter sumbu y



Gambar 1 Skema pengukuran diameter koloni miselium jamur secara radial (sumbu x dan y)

Identifikasi *Ganoderma* sp. dan *Trichoderma* sp.

Kegiatan identifikasi dilakukan secara makrokopis dan mikrokopis. Identifikasi secara makrokopis dilakukan dengan mengamati langsung warna dan struktur hifa dari cendawan tersebut. Sedangkan identifikasi secara makrokopis dilakukan dengan menggunakan metode Riddle. Metode riddle merupakan metode yang digunakan untuk mengamati struktur mikrokopis isolat seperti pembentukan hifa dan perkecambahan konodia (Istikorini *et al.* 2020). Tahap pertama metode ini adalah melakukan perendaman pada preparat dan cover glass menggunakan alkohol 96% dan kapas menggunakan air steril. Setelah itu, isolat dicetak menggunakan cork borer dan diletakkan di preparat lalu ditutup dengan cover glass. Preparat diletakkan di dalam Cawan Petri kemudian diberi kapas yang telah dibasahi air steril. Identifikasi dapat dilanjutkan dengan menggunakan bantuan mikroskop cahaya dengan perbesaran 10 x 20 dan 10 x 40.

Peremajaan Jamur Patogen *Ganoderma* sp., dan Cendawan Antagonis *Trichoderma* sp., dan JakabaBHP01

Ganoderma sp., *Trichoderma* sp., dan JakabaBHP01 di remajakan pada media PDA di Cawan Petri. Isolat JakabaBHP01 didapatkan dari koleksi di Laboratorium Patologi Hutan. Pemurnian dilakukan dengan mengambil bagian dari isolat yang tidak terkontaminasi menggunakan cork borer dengan ukuran ($\varnothing \pm 0.5$ cm) dan diletakkan pada bagian tengah Cawan Petri. Waktu inkubasi setiap cendawan berbeda beda, pada *Ganoderma* sp. inkubasi dilakukan selama 14 hari, *Trichoderma* sp. dilakukan selama 4 hari dan JakabaBHP01 selama 18 hari.

Uji Antagonis Agens Hayati terhadap *Ganoderma* sp.

Penelitian ini dilakukan dengan metode kultur ganda (*dual culture*) dengan perbandingan 1 : 1 secara *in-vitro* dalam satu Cawan Petri. Metode ini dilakukan pada media PDA dalam Cawan Petri berukuran 9 cm melalui dua cara perlakuan waktu peletakan. Cara pertama yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Ganoderma* sp. dan masing-masing cendawan antagonis (agens hayati) yaitu *Trichoderma* sp. dan JakabaBHP01 ditumbuhkan secara bersamaan dan cara kedua yaitu menumbuhkan *Ganoderma* sp. terlebih dahulu selama 7 hari, lalu setelah itu masing-masing cendawan antagonis, yaitu *Trichoderma* sp. dan JakabaBHP01 ditumbuhkan pada Cawan Petri yang sama. Masing-masing cendawan dicetak menggunakan cork borer ukuran ($\varnothing \pm 0.5$ cm) dan diletakkan pada Cawan Petri dengan jarak kedua koloni cendawan 3 cm pada media PDA (Evans *et al.* 2003). Perlakuan kontrol sebagai perbandingan dilakukan dengan mengisolasi *Ganoderma* sp. pada media PDA tanpa perlakuan cendawan antagonis. Contoh skema perlakuan uji antagonis tersaji pada Gambar 2. Semua pengujian dilakukan dengan pengulangan sebanyak 3 kali ulangan pada setiap perlakuan kemudian diinkubasi selama 14 hari di suhu ruang. Pengamatan pertumbuhan kultur ganda dilakukan untuk mengetahui pengaruh antagonisme *Trichoderma* sp. dan JakabaBHP01 terhadap *Ganoderma* sp. Persentase penghambatan pertumbuhan (*Percentage Growth Inhibition* -PGI) ditentukan berdasarkan persamaan menurut Seema dan Devaki (2012) :

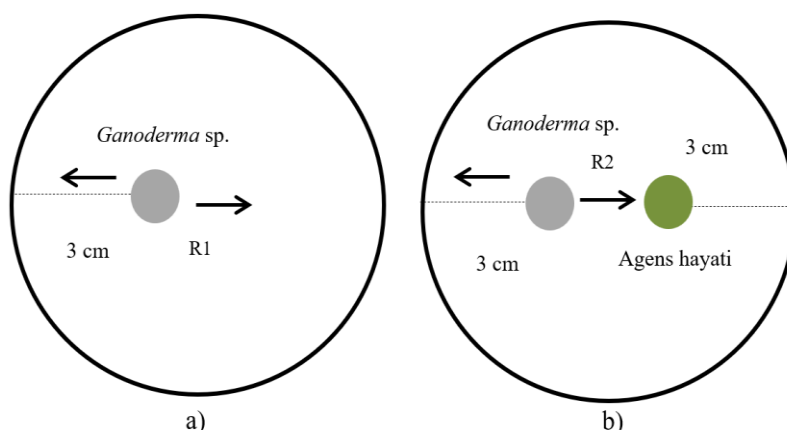
$$PP = \frac{R1 - R2}{R1} \times 100\%$$

Keterangan :

PP : Persentase penghambatan (%)

R1 : Pertumbuhan jejari *Ganoderma* sp. yang mendekati Cawan Petri

R2 : Pertumbuhan jejari *Ganoderma* sp. yang mendekati cendawan antagonis.



Gambar 2 contoh skema uji antagonis. (a) perlakuan kontrol, (b) perlakuan agens hayati dan *Ganoderma* sp.

Analisis Data

Penelitian dilakukan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dual faktor. Faktor pertama berupa jenis *Ganoderma* sp., yaitu *Ganoderma* sp., A1 dan *Ganoderma* sp., A2. Faktor kedua adalah jenis agens hayati (cendawan antagonis), yaitu *Trichoderma* sp., (B1) dan JakabaBHP01 (B2). Lalu, faktor ketiga adalah waktu peletakkan *Ganoderma* sp., dengan tiga taraf perlakuan, yaitu kultur tunggal *Ganoderma* sp., sebagai kontrol, pasangan kultur ganda *Ganoderma* sp., yang ditumbuhkan secara bersamaan dengan agens hayati, serta pasangan kultur ganda dengan *Ganoderma* sp., yang ditumbuhkan terlebih dahulu selama 7 hari, lalu disusul dengan peletakan cendawan antagonis, yaitu *Trichoderma* sp., dan JakabaBHP01. Ulangan pada setiap taraf perlakuan dilakukan sebanyak 3 ulangan. Pengujian sidik ragam yang diperoleh dari pengolahan data dengan menggunakan software Microsoft Excel, SAS (*Statistical Analysis System*). Data persentase penghambatan dianalisis dengan menggunakan analisis sidik ragam (ANOVA) untuk mengetahui pengaruh yang diberikan oleh setiap taraf perlakuan dan dilanjutkan dengan uji menggunakan Duncan Multiple Range Test (DMRT) pada taraf kesalahan 5% untuk faktor yang berpengaruh nyata terhadap parameter. Model perhitungan yang digunakan merujuk kepada Mattjik dan Sumertajaya (2013) dengan rumus sebagai berikut:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij}$$

Keterangan:

Y_{ijk} : Respon penghambatan patogen oleh agens hayati pada taraf ke- i dan ulangan ke- j

μ : Nilai rata-rata umum

α_i : Pengaruh faktor penghambatan oleh agens hayati dari taraf ke- i

ε_{ij} : Pengaruh faktor penghambatan oleh agens hayati ke- i dan ulangan ke- j

i : Taraf agens hayati

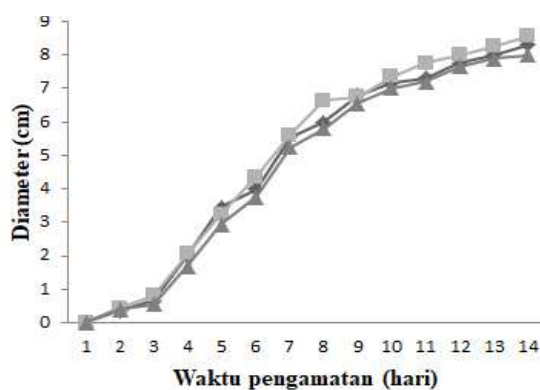
j : Ulangan

HASIL DAN PEMBAHASAN

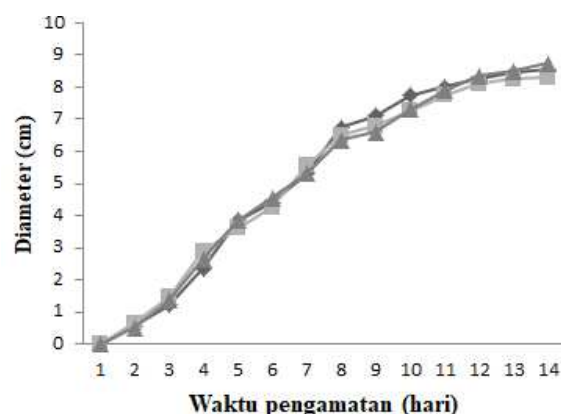
Pertumbuhan Isolat *Ganoderma* sp.

Pertumbuhan isolat *Ganoderma* sp., terjadi secara bertahap hingga cawan Petri terisi penuh oleh hifa. Grafik pertumbuhan diameter koloni *Ganoderma* sp., A1 dan A2 selama 14 hari masing-masing disajikan pada Gambar 3 dan Gambar 4.

Hasil pengamatan pertumbuhan selama 14 hari menunjukkan bahwa *Ganoderma* sp., A2 tumbuh lebih cepat dibandingkan *Ganoderma* sp., A1. Ukuran hifa pada hari ke-14 *Ganoderma* sp. A1 sebesar 8.28 cm dan *Ganoderma* sp. A2 8.53 cm. Pertumbuhan hifa dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti suhu, kelembaban, unsur hara, pH tanah, sumber karbon dan nitrogen, serta substrat lignoselulosa yang juga mempengaruhi kelangsungan hidup, kekuatan, sporulasi, dan penyebaran penyakit (Hoa dan Wang 2015). Selain itu, faktor pertumbuhan *Ganoderma* sp., dipengaruhi oleh media yang digunakan, yaitu media PDA. *Ganoderma* sp., memiliki kandungan karbohidrat yang tinggi yaitu polisakarida dengan total glukosa sebesar 6,95 – 9,29% sehingga membutuhkan energi yang besar untuk pertumbuhannya. Media PDA memiliki kandungan nutrisi yang tinggi (karbohidrat, protein, glukosa dan agar) sehingga dapat memenuhi kebutuhan nutrisi untuk pertumbuhan koloni *Ganoderma* sp., (Dendang 2015).



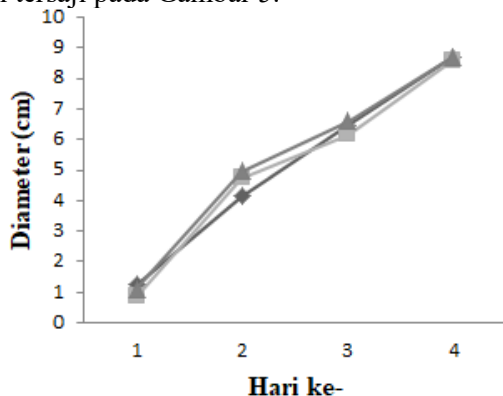
Gambar 3 Grafik laju pertumbuhan *Ganoderma* sp. A1. —◆— Ulangan ke-1, —■— Ulangan ke-2, —▲— Ulangan ke-3.



Gambar 4 Grafik laju pertumbuhan *Ganoderma* sp. A2. —◆— Ulangan ke-1, —■— Ulangan ke-2, —▲— Ulangan ke-3.

Pertumbuhan Isolat *Trichoderma* sp.

Laju pertumbuhan *Trichoderma* sp. selama 14 hari tersaji pada Gambar 5.



Gambar 1 Grafik laju pertumbuhan *Trichoderma* sp.
—◆— Ulangan ke-1, —■— Ulangan ke-2, —▲— Ulangan ke-3.

Pertumbuhan isolat *Trichoderma* sp., terlihat lebih cepat dibandingkan dengan pertumbuhan isolat *Ganoderma* sp. *Trichoderma* sp., merupakan mikroorganisme yang memiliki kemampuan sebagai penghambat pertumbuhan patogen dan bersifat antagonis (Darotin *et al.* 2024). Kecepatan pertumbuhan mikroorganisme menandakan bahwa mikroorganisme tersebut mengendalikan patogen. Semakin cepat tumbuh, semakin efektif dalam bersaing dengan patogen untuk sumber makanan dan ruang, sehingga menekan pertumbuhan jamur patogen (Elfina *et al.*, 2016). Percepatan pertumbuhan *Trichoderma* sp., dipengaruhi oleh oleh faktor lingkungan, alat dan bahan yang steril (Darotin *et al.* 2024).

Uji Antagonisme Agens Hayati terhadap *Ganoderma* sp. secara *in vitro*

Trichoderma sp., dan *JakabaBHP01* adalah agens hayati atau cendawan antagonis yang efektif

menghambat pertumbuhan patogen, karena keduanya memiliki kemampuan untuk tumbuh dan beradaptasi dalam berbagai kondisi lingkungan.

Berdasarkan hasil pada Tabel 1 dapat diketahui bahwa *Trichoderma* sp., menunjukkan persen penghambatan yang lebih tinggi dibandingkan *JakabaBHP01*, karena *Trichoderma* sp., memiliki pertumbuhan koloni yang lebih cepat. Hal ini sesuai dengan temuan Herliyana *et al.* (2013), yang menyatakan bahwa penghambatan pertumbuhan diameter koloni patogen *Ganoderma* sp., disebabkan oleh enzim dan senyawa metabolit pada *Trichoderma* sp., yang dapat merusak dinding sel patogen, sehingga memperlambat pertumbuhannya. *Trichoderma* sp., dapat menghasilkan enzim β -1,3 glukon dan kitin, yang dapat menyebabkan miselium *Trichoderma* sp., menetrasi hifa jamur lain. Selain itu, *Trichoderma* sp., dapat menghasilkan metabolit sekunder yang dapat digunakan untuk menghambat ataupun mematikan jamur dan bakteri patogen (Doo *et al.* 2023). Selain itu, pada masa peremajaan, *JakabaBHP01* membutuhkan waktu 18 hari untuk memenuhi cawan petri, yang lebih lama dibandingkan dengan *Trichoderma* sp.

Hasil uji kultur ganda antara patogen *Ganoderma* sp., A2 dengan *Trichoderma* sp., dan *JakabaBHP01* menunjukkan bahwa kedua agens hayati ini mampu menghambat pertumbuhan *Ganoderma* sp., A2 secara signifikan, tergantung pada jenis dan waktu peletakkan patogen. Koloni *Trichoderma* sp. yang dipasangkan dengan *Ganoderma* sp., A2 tumbuh sangat cepat dan menyebabkan pertumbuhan koloni *Ganoderma* sp., A2 terhambat secara drastis, bahkan hampir tidak dapat tumbuh. Uji ini menunjukkan bahwa *Trichoderma* sp., lebih efektif dan lebih baik dalam menghambat pertumbuhan patogen *Ganoderma* sp., A2, sebagaimana yang tercantum dalam Tabel 2.

Tabel 1 Daya hambat *Trichoderma* sp., dan *JakabaBHP01* terhadap pertumbuhan patogen *Ganoderma* sp., A1 selama 14 hari

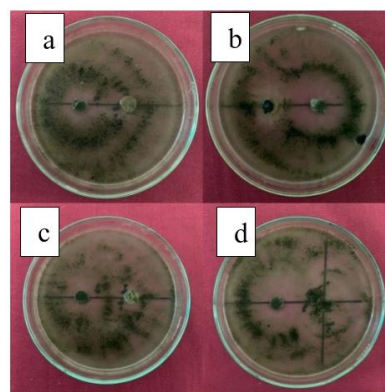
Kode isolat <i>Ganoderma</i> sp. A1	Penghambatan <i>Ganoderma</i> sp. A1 waktu 0 hari (%)	Penghambatan <i>Ganoderma</i> sp. A1 waktu 7 hari (%)
A1B1	95,63 ^a	78,31 ^b
A1B2	78,83 ^a	52,86 ^b
Kontrol	0,00 ^c	0,00 ^c

Keterangan:

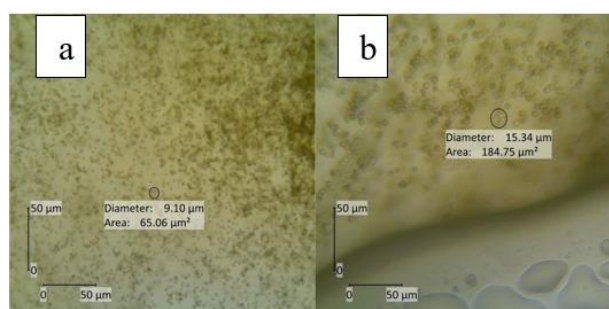
Uji kultur ganda: uji antagonis yang dilakukan dengan menumbuhkan *Ganoderma* sp. A1 dan agens hayati secara bersamaan (I) dan uji antagonis dilakukan dengan menumbuhkan terlebih dahulu *Ganoderma* sp. A1 selama 7 hari inkubasi, kemudian di uji bersama agens hayati (II). Angka pada setiap kolom yang diikuti dengan huruf sama, tidak berbeda nyata berdasarkan uji Duncan pada taraf 5%. *Ganoderma* sp. A1 (A1) *Trichoderma* sp. (B1), *JakabaBHP01* (B2)

Mekanisme Penghambatan *Trichoderma* sp. dan JakabaBHP01 terhadap *Ganoderma* sp.

Hasil pengamatan makroskopis (Gambar 6) dan mikroskopis (Gambar 7) uji antagonis tidak menunjukkan adanya mekanisme antibiosis atau mikoparasitisme, karena tidak terlihat zona bening yang dihasilkan oleh *Trichoderma* sp. terhadap *Ganoderma* sp., baik *Ganoderma* sp., A1 maupun A2, dan tidak ada interaksi langsung antara *Trichoderma* sp., dengan *Ganoderma* sp. Mekanisme yang terjadi di antara keduanya adalah kompetisi, di mana isolat *Trichoderma* sp., tumbuh lebih cepat, menguasai ruang dan nutrisi pada media yang sama, sehingga menghambat pertumbuhan *Ganoderma* sp., A1 dan *Ganoderma* sp., A2. Herman *et al.* (2014) dalam Doo *et al.* (2023) *Trichoderma* sp., mengendalikan patogen tanaman melalui mekanisme hiperparasitisme, yaitu dengan menyerang dan merusak patogen menggunakan senyawa yang mampu melisis hifa jamur patogen tersebut. *Trichoderma* sp., menginfeksi inangnya melalui beberapa tahap, dimulai dari pertumbuhan hifa secara langsung, diikuti oleh kontak dan pengenalan terhadap inang, penempelan hifa *Trichoderma* pada hifa inang, pembentukan apresorium di permukaan inang, hingga penetrasi dan pelisis hifa inang. Kemampuan *Trichoderma* sp., dalam mengendalikan fitopatogen berasal dari kemampuannya memproduksi berbagai jenis enzim seperti ekso- dan endoglucanase, selobiase, kitinase, selulase, dan protease, yang berperan dalam merusak struktur dinding sel inang (Doo *et al.* 2023). Hasil mekanisme penghambatan *Ganoderma* sp., oleh *Trichoderma* sp., dapat dilihat secara mikroskopis pada Gambar 7.



Gambar 2 Mekanisme penghambatan *Ganoderma* sp., oleh *Trichoderma* sp., secara makroskopis. (a) A1B1-0 (*Ganoderma* sp., A1-*Trichoderma* sp.,-0 hari), (b) A1B1-7 (*Ganoderma* sp., A1-*Trichoderma* sp.,-7 hari), (c) A2B1-0 (*Ganoderma* sp., A2-*Trichoderma* sp.,-0 hari), (d) A2B1-7 (*Ganoderma* sp., A2 -*Trichoderma* sp., -7 hari)



Gambar 3 Mekanisme penghambatan *Ganoderma* sp., oleh *Trichoderma* sp., secara mikroskopis. (a) A1B1, (b) A2B1.

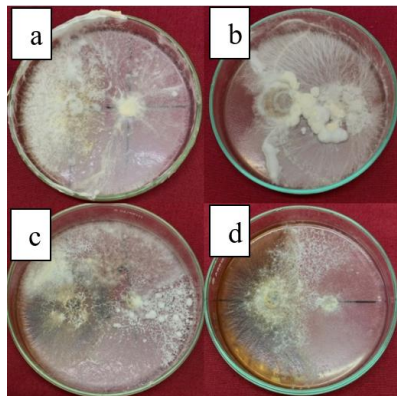
Tabel 2 Daya hambat *Trichoderma* sp., dan JakabaBHP01 terhadap pertumbuhan patogen *Ganoderma* sp., A2 selama 14 hari

Kode isolat <i>Ganoderma</i> sp. A2	Penghambatan <i>Ganoderma</i> sp. A2 waktu 0 hari (%)	Penghambatan <i>Ganoderma</i> sp. A2 waktu 7 hari (%)
A2B1	98,74 ^a	98,75 ^a
A2B2	90,48 ^a	66,72 ^b
Kontrol	0,00 ^c	0,00 ^c

Keterangan:

Uji kultur ganda: uji antagonis yang dilakukan dengan menumbuhkan *Ganoderma* sp. A2 dan agens hayati secara bersamaan (I) dan uji antagonis dilakukan dengan menumbuhkan terlebih dahulu *Ganoderma* sp. A2 selama 7 hari inkubasi, kemudian di uji bersama agens hayati (II). Angka pada setiap kolom yang diikuti dengan huruf sama, tidak berbeda nyata berdasarkan uji Duncan pada taraf 5%. *Ganoderma* sp. A2 (A2) *Trichoderma* sp. (B1), JakabaBHP01 (B2)

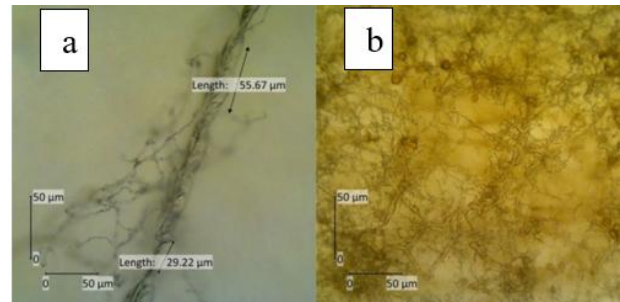
Hasil pengamatan mikroskopis menunjukkan bahwa hifa dan spora *Trichoderma* sp., tumbuh sangat cepat dan menguasai media, sehingga pertumbuhan koloni *Ganoderma* sp., terhambat. Penghambatan ini diduga disebabkan oleh kemampuan *Trichoderma* sp., dalam menghasilkan enzim dan senyawa metabolit yang merusak dinding sel *Ganoderma* sp., mengakibatkan kerusakan pada susunan dinding sel dan perubahan mekanisme permeabilitas mikrosom, lisosom, dan dinding sel. Kerusakan membran ini memungkinkan senyawa penting seperti nukleotida, koenzim, dan asam amino keluar dari sel. Selain itu, kerusakan membran menghambat masuknya bahan penting ke dalam sel karena membran sitoplasma juga mengatur pengangkutan aktif dalam sel (Volk dan Wheeler, 1993).



Gambar 4 Mekanisme penghambatan *Ganoderma* sp. oleh JakabaBHP01 secara makroskopis. (a) A1B2-0 (*Ganoderma* sp. A1- JakabaBHP01-0 hari), (b) A1B2-7 (*Ganoderma* sp. A1- JakabaBHP01.-7 hari), (c) A2B2-0 (*Ganoderma* sp. A2- JakabaBHP01.-0 hari), (d) A2B2-7 (*Ganoderma* sp. A2- JakabaBHP01. -7 hari).

Hasil pengamatan makroskopis (Gambar 8) tidak menunjukkan adanya mekanisme antibiosis pada JakabaBHP01, karena tidak terbentuk zona bening yang mengindikasikan penghambatan. Selain itu, tidak ditemukan tanda-tanda kompetisi di mana JakabaBHP01 menguasai ruang dan nutrisi pada media yang sama. Namun, hasil pengamatan mikroskopis pada uji antagonis menunjukkan adanya indikasi mekanisme mikoparasitisme pada perlakuan A2B2-0, dengan terjadinya kontak langsung antara JakabaBHP01 dan *Ganoderma* sp. A2. Hifa JakabaBHP01 terlihat melilit hifa *Ganoderma* sp. A2 (Gambar 9), yang menunjukkan bahwa mekanisme antagonis JakabaBHP01 dapat diperkirakan sebagai mikoparasitisme. Hasil

penghambatan *Ganoderma* sp. oleh JakabaBHP01 ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 5 Mekanisme penghambatan *Ganoderma* sp., oleh JakabaBHP01 (A2B2) secara mikroskopis. (a) Mekanisme melilit, (b) hifa dan spora.

Hasil pengamatan mikroskopis antara dua koloni jamur menunjukkan bahwa JakabaBHP01 dapat menghambat pertumbuhan *Ganoderma* sp., baik *Ganoderma* sp., A1 maupun *Ganoderma* sp., A2, melalui mekanisme mikoparasitisme. Spora *Ganoderma* sp., terhalang oleh hifa JakabaBHP01, yang mencegah pertumbuhannya. Mekanisme parasitisme ini merupakan fenomena penting dalam pengendalian hayati. Pada tahap awal, hifa JakabaBHP01 yang bertemu dengan hifa *Ganoderma* sp., akan tumbuh memanjang, membelit, dan kemudian menembus hifa jamur inang, menyebabkan inang mengalami vakuolisasi, lisis, dan akhirnya hancur (Berlian 2013).

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Trichoderma sp., dan JakabaBHP01 berpengaruh nyata dalam menghambat pertumbuhan *Ganoderma* sp. Agens hayati atau cendawan antagonis yang paling unggul dan efektif dalam penghambatan pertumbuhan *Ganoderma* sp., adalah *Trichoderma* sp., dengan persen penghambatan tertingginya dari semua perlakuan yaitu sebesar 98,75%. Waktu peletakkan isolat *Ganoderma* sp., juga berpengaruh dalam persen pertumbuhannya. Waktu peletakkan yang paling efektif adalah 0 hari atau peletakkan isolat *Ganoderma* sp., dan agens hayati dilakukan bersamaan. Hasil dari waktu peletakkan isolat *Ganoderma* sp., 7 hari atau sudah berumur 7 hari kurang efektif diaplikasikan pada JakabaBHP01 karena pertumbuhan koloni JakabaBHP01 yang terbilang cukup lama yang menyebabkan koloni *Ganoderma* sp., terlihat lebih banyak karena sudah banyak tumbuh dibandingkan dengan koloni JakabaBHP01.

Saran

Trichoderma sp., dan JakabaBHP01 memiliki potensi dan dapat dipertimbangkan sebagai agens hayati dalam pengendalian *Ganoderma* sp., pada tanaman sengon di lahan pascatambang dengan diaplikasikan secara langsung pada serangan *Ganoderma* sp., yang terdapat pada tanaman sengon secara in vitro dan in vivo serta mencari lebih dalam mengenai faktor lain yang mempengaruhi kemampuan cendawan antagonis agar dapat menghambat patogen dengan maksimal terutama potensi sifat antagonisme dari JakabaBHP01 karena belum banyak penelitian mengenai sifat antagonis dari jamur ini.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada PT. Pesona Khatulistiwa Nusantara, Kalimantan Utara atas izin dan fasilitasi dalam proses pengambilan sampel *Ganoderma* sp., dan *Trichoderma* sp., yang mendukung kelancaran penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad A, Mulyaningsih I. 2015. Pengaruh pH, penggoyangan media, dan ekstrak daun sirih merah (*Piper Crocatum* Linn.) terhadap pertumbuhan cendawan *Rhizoctonia* sp. *Jurnal Hortikultura* 25(2): 150-159.
- Amalia NA, Eviantari A. 2023. Eksplorasi dan isolasi *Trichoderma* spp. pada rizosfer kopi robusta di beberapa Kecamatan Sumbawa. *Biomaras: Journal of Life Science and Technology* 1(1): 13-21.
- Berlian I, Setyawan B, Hadi H. 2013. Mekanisme antagonisme *Trichoderma* spp. terhadap beberapa patogen tular tanah. *Warta perkaratan* 32(2): 74-82.
- Darotin T, Agustiani RD, Ekawandani N. 2024. Perbanyak agen pengendali hayati pada media jagung dan beras untuk pertumbuhan *Trichoderma* spp. di Uptd Balai Perlindungan Perkebunan Dinas Perkebunan Provinsi Jawa Barat. *Jurnal Biosains Medika* 2(1): 1-7.
- Day TMW, Beja HD, Jeksen J. 2022. Teknik perbanyak massal jamur *Trichoderma* sp. pada beberapa media tumbuh sebagai agens pengendali hayati. *Jurnal Locus Penelitian & Pengabdian* 1(2): 81-89.
- 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.
- Doo SRP, Meitianiarti VI, Kasmiyati S, Kristiani EBE. 2023. *Trichoderma* spp., si jamur multi fungsi. *Tropical Microbiome Journal* 1(1): 73-89.
- 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.
- Evans HC, Holmes KA, Thomas SE. 2003. Endophytes and mycoparasites associated with an indigenous forest Tree, *Theobroma gileri*, in Ecuador and a preliminary assessment of their potential as biocontrol agents of cocoa diseases. *Mycological progress* 2: 149-160.
- Hoa HT, Wang. 2015. The effects of temperature and nutritional conditions on mycelium growth of two oyster mushrooms (*Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus cystidiosus*). *Mycobiology* 43(1): 14-23.
- Herliyana EN. 2012. Early report of red root rot of *Ganoderma* sp. on *Agathis* sp. (Damar) in Mount Walat Education Forest, Sukabumi, West Java. *Journal of Tropical Silviculture* 3(2): 102-107.
- Herliyana EN, Jamilah R, Taniwiryono D, Firmansyah MA. 2013. In-vitro test of biological control by *Trichoderma* spp. toward *Ganoderma* that attacked sengon. *Journal of Tropical Silviculture* 4(3): 190-195.
- 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.
- Hirfan H. 2018. Strategi reklamasi lahan Pascatambang. *PENA TEKNIK: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Teknik* 1(1): 101-108.
- Martawijaya A, Kartasujana I. 1977. Ciri umum, sifat dan kegunaan jenis-jenis kayu indonesia. *Publikasi Khusus* No. 41. Bogor: LPHH.
- Rupaedah B, Amanda DV, Indrayanti R, Asiani N. 2018. Aktivitas *Stenotrophomonas rhizophila* dan *Trichoderma* sp. dalam menghambat pertumbuhan *Ganoderma boninense*. *Jurnal Bioteknologi & Biosains Indonesia* 5(1): 53-63.
- Saragih WS, Purba E, Tampubolon K. 2019. Analisis hara cu dan zn pada vegetasi gulma sebagai penanda keberadaan jamur *Ganoderma* dari kebun kelapa sawit. *J. Agrotek Tropika*. 7(3): 519-525.
- Sulendra S, Suryantini R, Wulandari RS. 2017. Ketahanan semai akasia (*Acacia mangium*) pada variasi umur terhadap infeksi *Ganoderma* spp. *Jurnal Hutan Lestari* 5(3): 653-658.
- Seema M, Devaki NS. 2012. In vitro evaluation of biological control agenst against *Rhizoctonia*

- solani*. *Journal of Agricultural Technology* (8): 233-240.
- Steyaert RL. 1967. Les *Ganoderma palmicoles*. *Bulletin du Jardin botanique national de Belgique/Bulletin van de National Plantentuin van België* 37(4): 465-492.
- Utami MA, Nasution RA, Mawaddah FA, Aulia R. 2024. Pengendalian jamur *Ganoderma* dengan metode perbanyak jamur *Trichoderma* pada pembibitan kelapa sawit di PT PP London Sumatra Bah Lias Research Station. *El-Mujtama: Jurnal Pengabdian Masyarakat* 4(1): 243-248.
- Volk WA, Wheeler MF. 1993. *Mikrobiologi Dasar*. Edisi Kelima. Jilid 1. *Terjemahan*. Jakarta: Erlangga.
- Waworuntu FR. 2023. Pemberian pupuk untuk meningkatkan produktivitas sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench). *Journal of Science & Technology* 4(3): 34-42.
- Widiastuti H, Eris DD, Santoso D. 2016. Potensi fungisida organik untuk pengendalian *Ganoderma* pada kelapa swit. *Menara Perkebunan* 84(2): 98-105.