

UJI POTENSI CENDAWAN *DARK SEPTATE ENDOPHYTE* SEBAGAI PENGENDALI HAYATI PATOGEN HAWAR DAUN JATI SECARA *IN VITRO*

*The Potential of Dark Septate Endophyte Fungi as a Biological Control of Teak
Leaf Blight Pathogen in Vitro*

Muhammad Alam Firmansyah^{1*}, Surono², dan Wulan Fitri Sagita¹

(Diterima 10 Oktober 2024 /Disetujui 19 Desember 2024)

ABSTRACT

Leaf blight that attacks teak (*Tectona grandis* L.f.) can reduce the plant's productivity. Leaf blight control can be done through dark septate endophyte (DSE). This study aims to test the ability of DSE GS2 and DSE TM fungi to inhibit the growth of pathogen colonies that cause leaf blight in vitro. Antagonistic tests of DSE against pathogen that cause leaf blight were carried out through a modified double culture test. The results of the antagonistic test showed that DSE GS2 and DSE TM could inhibit the growth of pathogens. The best inhibition results were demonstrated in the second double culture test after DSE was grown for seven days because DSE could grow stably and produce metabolite compounds. DSE TM had the best inhibition compared to DSE GS2. The mechanism of DSE inhibition against pathogens occurs through physical contact and the production of metabolite compounds characterized by the inhibition zone around the DSE.

Keywords: Biocontrol, colony, Preventive, *Rhizoctonia* sp.

ABSTRAK

Penyakit hawar daun yang menyerang jati (*Tectona grandis* L.f.) dapat menurunkan produktivitas tanaman tersebut. Pengendaliannya dapat dilakukan dengan menggunakan *dark septate endophyte* (DSE). Penelitian ini bertujuan menguji kemampuan cendawan DSE GS2 dan DSE TM dalam menghambat pertumbuhan koloni patogen hawar daun secara in vitro. Uji antagonis DSE terhadap patogen hawar daun pada bibit jati dilakukan melalui uji kultur ganda modifikasi. Hasil uji antagonis menunjukkan DSE GS2 dan DSE TM dapat menghambat pertumbuhan patogen. Hasil penghambatan terbaik ditunjukkan pada uji kultur ganda kedua setelah DSE ditumbuhkan selama tujuh hari karena DSE tersebut memiliki kesempatan untuk tumbuh secara stabil dan memproduksi senyawa metabolit. DSE TM memiliki daya hambat terbaik dibandingkan dengan DSE GS2. Mekanisme penghambatan DSE terjadi melalui kontak fisik dan produksi senyawa metabolit yang ditandai dengan zona hambat yang berada di sekitar DSE.

Kata kunci: Biokontrol, koloni, preventif, *Rhizoctonia* sp.

¹ Departemen Silvikultur, Fakultas Kehutanan dan Lingkungan IPB University, Bogor, Indonesia

* Penulis korespondensi:

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

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

PENDAHULUAN

Jati (*Tectona grandis* L.f.) merupakan jenis tumbuhan berkayu yang mempunyai nilai ekonomi sangat tinggi, terutama dalam pengembangan bidang struktur dan infrastruktur. Jati dapat dijadikan sebagai tanaman pengisi setelah penanaman jenis tanaman pionir dan *fast growing* pada reklamasi lahan pasca tambang (Setyowati *et al.* 2017). PT Solusi Bangun Indonesia menggunakan jati sebagai salah satu komoditas untuk kegiatan reklamasi yang diproduksi mandiri melalui perbanyakan vegetatif. Pohon induk jati berasal dari kebun pangkas yang berada di sekitar persemaian. Tanaman induk jati banyak mengalami gejala penyakit berupa kematian jaringan (nekrosis) yang ditandai dengan perubahan warna kekuningan pada sebagian besar luasan daun. Gejala penyakit tersebut diindikasikan berupa hawar daun karena terdapat kerusakan sel secara meluas sehingga daun berwarna kecoklatan dan terlihat kering (Karmanah *et al.* 2022). Serangan hawar daun pada jati merupakan permasalahan yang cukup serius karena dapat mengganggu proses fotosintesis sehingga menghambat pertumbuhan tanaman. Serangan hawar daun pada fase lebih lanjut dapat menyebabkan tanaman mati sehingga menyebabkan penurunan produktivitas tanaman dan menyebabkan kerugian (Firmansyah dan Alfarsi 2016).

Teknik pengendalian patogen pada jati yang mengalami gejala hawar daun dapat dilakukan secara biologi melalui agen hayati. Hal ini dapat mengurangi penggunaan pestisida kimiawi yang menimbulkan efek samping setelah penggunaan produk secara berkepanjangan. Kelompok cendawan endofit dapat dijadikan sebagai salah satu agen hayati untuk pengendalian patogen pada tanaman. Kelompok cendawan endofit *Dark Septate Endophytes* (DSE) dilaporkan mampu untuk memacu produktivitas tanaman pada kondisi cekaman biotik dan abiotik. Keunggulan dari cendawan DSE adalah mampu mengolonisasi akar tanaman baik interseluler maupun intraseluler tanpa menyebabkan gejala penyakit pada tanaman inangnya. DSE memiliki karakteristik hifa berseptata melanin gelap dan membentuk mikrosklerotia (Surono dan Narisawa 2017). Cendawan DSE juga dapat meningkatkan pertumbuhan bibit dan berperan dalam meningkatkan serapan hara N, P, K dan kandungan klorofil daun pada bibit (Putri *et al.* 2022).

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Potensi DSE sebagai agensi hayati pada tanaman kehutanan, terutama pada daerah tropis seperti Indonesia masih belum banyak diteliti. Penelitian ini bertujuan menguji kemampuan DSE TM dan GS2 dalam menghambat pertumbuhan koloni patogen penyebab hawar daun jati secara *in vitro*.

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini meliputi *Laminar Air Flow* (LAF), cawan petri, autoklaf,

cork borer ($\varnothing \pm 1$ cm), *seal*, pisau, mikroskop, kaca preparat, alat tulis, latar foto dan kamera. Bahan yang digunakan antara lain media *Potato Dextrose Agar* (PDA), kapsul *chloramphenicol*, alkohol 70%, air steril, kertas saring, sampel daun jati yang terserang gejala hawar daun, bibit jati berusia ± 3 bulan, dan dua isolat DSE koleksi Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) yaitu DSE GS2 dan DSE TM.

Prosedur Penelitian

Isolasi patogen

Daun jati yang mengalami gejala hawar daun pada kebun pangkas PT Solusi Bangun Indonesia diambil sampelnya dengan cara memotong daun yang meliputi jaringan yang sakit dan jaringan yang sehat dengan ukuran $\pm 0,5$ cm. Potongan jaringan tersebut disterilkan melalui perendaman pada alkohol 70% selama tiga menit, lalu dibilas dengan air steril sebanyak tiga kali. Sampel jaringan yang telah disterilisasi kemudian dikeringkan menggunakan kertas saring steril yang diletakkan di atas cawan petri, apabila dirasa sudah kering, kemudian sampel dimasukkan ke dalam media PDA dan diinkubasi selama ± 7 hari dalam kondisi suhu 25-28 °C.

Miselium yang tumbuh dari potongan jaringan yang diisolasi kemudian dimurnikan untuk diuji kembali melalui uji postulat Koch dengan melakukan inokulasi patogen yang didapatkan pada bibit jati sehat berusia ± 3 bulan. Uji postulat Koch bertujuan membuktikan isolat yang diperoleh sama dengan patogen yang menjadi agen penyebab gejala hawar daun di lapangan (Syifaudin 2021). Sampel dari bibit jati yang menunjukkan gejala hawar daun serupa dengan kejadian di kebun pangkas PT Solusi Bangun Indonesia kemudian kembali diisolasi. Patogen yang telah tumbuh dari hasil reisolasi kemudian dimurnikan secara aseptis pada LAF (Solaya 2021).

Pengamatan pertumbuhan patogen

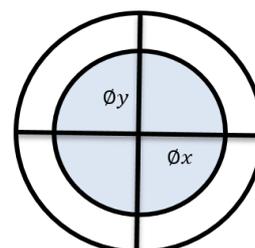
Isolat patogen yang telah dimurnikan pada media PDA kemudian diamati untuk melihat pertumbuhan isolat tersebut. Pengamatan isolat dilakukan setiap 24 jam selama tujuh hari. Parameter yang diamati yaitu pertumbuhan melalui pengukuran sumbu vertikal dan sumbu horizontal. Mulyaningsih dan Achmad (2015) menyatakan untuk rumus diameter radial yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\text{Diameter arah radial} = \frac{\varnothing x - \varnothing y}{2}$$

Keterangan:

$\varnothing x$: diameter sumbu x

$\varnothing y$: diameter sumbu y



Gambar 1 Contoh parameter yang diamati

Identifikasi Patogen

Isolat patogen yang telah dimurnikan dari hasil reisolasi diseleksi dengan melihat tingkat pertumbuhannya untuk mengetahui isolat patogen yang memiliki daya serang terbesar terhadap tanaman. Isolat patogen yang menunjukkan pertumbuhan paling cepat dipilih untuk diremajakan dan diuji oleh DSE. Identifikasi cendawan dilakukan secara makroskopis untuk mengamati warna dan karakteristik koloni yang tumbuh, sedangkan identifikasi secara mikroskopis dilakukan untuk mengetahui bentuk hifa, pola percabangan, ciri seksual dan aseksual, serta bentuk konidia. Karakteristik yang didapatkan secara makroskopis dan mikroskopis dirujuk pada buku identifikasi Barnett dan Hunter (1998) dan referensi pendukung lainnya.

Peremajaan patogen dan DSE

Kultur patogen terpilih dan DSE diremajakan pada media PDA. Isolat patogen dan DSE dicetak menggunakan *cork borer* kemudian diletakkan pada media PDA untuk di inkubasi selama 7 hari (patogen) dan 14 hari (DSE). Peremajaan cendawan patogen dan DSE dilakukan secara aseptis di dalam LAF.

Uji antagonis DSE terhadap patogen

Uji antagonis cendawan DSE terhadap patogen hawar daun dilakukan dengan metode uji kultur ganda (*dual culture*) modifikasi. Metode ini dilakukan pada media PDA di dalam cawan petri berdiameter 9 cm melalui dua cara berdasarkan perlakuan waktu peletakan. Cara yang pertama adalah menumbuhkan DSE dan patogen bersamaan dan cara kedua adalah dengan menumbuhkan DSE terlebih dahulu selama 7 hari, kemudian patogen ditumbuhkan pada cawan yang sama. Cendawan DSE, dicetak menggunakan *cork borer* dan diletakkan pada cawan petri berisi media PDA dengan jarak 3 cm dari tepi cawan petri. Inokulum patogen diletakkan sejauh 3 cm dari inokulum cendawan DSE. Kontrol perlakuan uji antagonis DSE terhadap patogen dibuat dengan menumbuhkan kultur tunggal patogen dengan jarak 3 cm dari tepi cawan petri pada waktu yang bersamaan (Gambar 2).

Kultur ganda DSE dan patogen diinkubasi selama 14 hari pada suhu ruang. Cendawan ditetapkan antagonis apabila zona penghambat berhasil muncul ketika patogen berkembang. Daya penghambatan DSE dihitung setelah 14 hari masa inkubasi mengikuti Surono dan Narisawa (2018) dengan rumus:

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

Keterangan:

DE : Daya efikasi (% penghambatan)

R1 : Jari-jari inokulum patogen pada kontrol (cm)

R2 : Jari-jari inokulum patogen yang tumbuh ke arah koloni DSE (cm)

Pengolahan dan Analisis Data

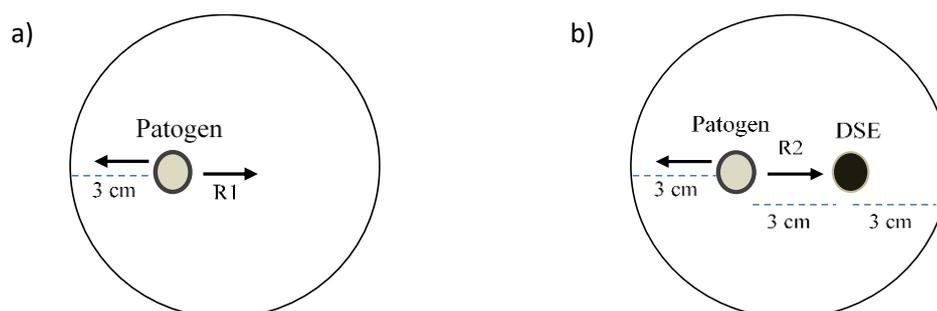
Penelitian dilakukan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dual faktor. Faktor pertama berupa jenis DSE dengan dua taraf perlakuan yaitu DSE GS2 dan DSE TM. Faktor kedua adalah waktu peletakan DSE dan patogen dengan tiga taraf perlakuan, yaitu kultur tunggal patogen sebagai kontrol, pasangan kultur ganda DSE dan patogen yang ditumbuhkan secara bersamaan, serta pasangan kultur ganda dengan DSE yang ditumbuhkan terlebih dahulu selama 7 hari. Ulangan pada setiap taraf perlakuan dilakukan sebanyak 5 ulangan. Data persentase penghambatan dianalisis dengan menggunakan analisis sidik ragam (ANOVA) untuk mengetahui pengaruh yang diberikan oleh setiap taraf perlakuan dan dilanjutkan dengan uji duncan untuk faktor yang berpengaruh nyata terhadap parameter. Analisis dilakukan menggunakan software SAS 9.1.2.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Isolasi dan Identifikasi Patogen

Penyakit pada tanaman didasari oleh adanya patogen dan inang yang diserang yang dilihat berdasarkan gejala dan tanda yang muncul. Kejadian penyakit dimulai dari proses inokulasi, penetrasi, infeksi, penyebaran, kolonisasi, pemencaran, dan daya bertahan hidup (Agrios 2005). Gejala hawar daun ditandai dengan kondisi nekrosis sehingga daun berubah menjadi berwarna kuning kecoklatan dengan penyebaran yang luas dan tidak beraturan (Herliyana *et al.* 2020).

Isolasi patogen dari tanaman jati yang memiliki gejala hawar daun menghasilkan 4 isolat patogen (S1, S2, SM3, dan S4) yang memiliki pertumbuhan diameter beragam selama 7 hari pengamatan (Gambar 3). Isolat S1 dan S2 menunjukkan pertumbuhan yang cepat dibandingkan dengan isolat SM3 dan S4 karena miselium dari isolat S1 dan S2 berhasil memenuhi cawan petri pada hari ke-5 setelah inokulasi. Patogen memiliki kecepatan pertumbuhan yang berbeda. Hal tersebut berkaitan dengan karakteristik biologi dari patogen (Raya *et al.*



Gambar 2 Skema uji antagonis cendawan. (a) perlakuan kontrol, (b) perlakuan DSE dan patogen.

2014). Pertumbuhan diameter patogen juga dipengaruhi oleh kemampuan cendawan dalam melaksanakan fase reproduksinya (Syifaudin 2021).

Isolat S1 dipilih sebagai patogen yang akan dilakukan pengujian lanjut dengan DSE karena isolat tersebut memiliki pertumbuhan yang lebih cepat dibandingkan dengan ketiga isolat yang diperoleh. Hasil pemurnian isolat S1 kemudian diremajakan dan diamati secara mikroskopis dan makroskopis. Identifikasi jenis patogen dilakukan dengan mengamati struktur hifa patogen secara makroskopis dan mikroskopis.

Karakteristik isolat S1 secara makroskopis dapat dilihat dari warna koloni hifa yang berwarna putih dan memiliki tekstur yang halus yang membentuk garis radial menuju ke arah tepi koloni. Warna koloni mengalami perubahan menjadi kecoklatan seiring dengan bertambahnya usia. Hal ini sesuai dengan hasil pengamatan Firmansyah (2018) pada cendawan *Rhizoctonia* sp. yang menunjukkan perubahan warna kecoklatan pada koloni setelah berumur 1 minggu dengan tekstur morfologi yang menyerupai benang halus. Isolat S1 yang diamati melalui mikroskop menunjukkan tidak adanya spora yang ditemukan. Hal ini menunjukkan bahwa isolat S1 termasuk ke dalam kelompok cendawan miselia sterilia (Naik 2009; Syifaudin 2021). Hifa dari isolat S1 membentuk pola percabangan 90° dengan sekat antara hifa dan membentuk modifikasi hifa menyerupai struktur moniloid. Hasil pengamatan isolat S1 ini sesuai dengan Barnett dan Hunter (1988) yang menunjukkan bahwa isolat tersebut termasuk ke dalam genus *Rhizoctonia*. Hal tersebut diperkuat dengan ukuran diameter hifa (4,07 µm) dan panjang hifa (50 µm) isolat S1 yang sesuai dengan pengamatan Achmad *et al.* (2015) pada *Rhizoctonia* sp. yaitu memiliki ukuran diameter hifa 3 – 17 µm dengan panjang sel 50 – 250 µm. Hasil identifikasi isolat S1 berdasarkan ciri makroskopis dan mikroskopis ditemukan bahwa isolat S1 merupakan *Rhizoctonia* sp.

Uji Antagonis DSE terhadap Patogen

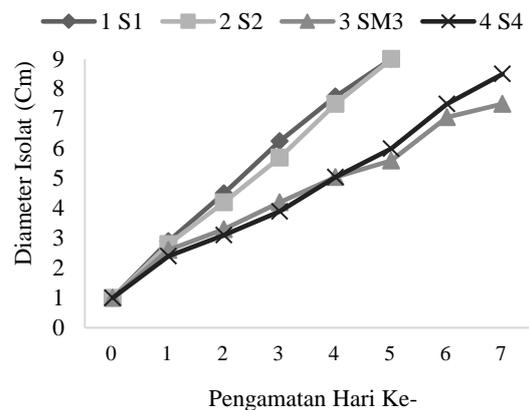
DSE merupakan cendawan endofit dengan karakteristik khas berupa struktur hifa dengan pigmentasi melanin yang dapat mengkolonisasi secara intraseluler dan interseluler (Jumpponen 2001). DSE dapat bertahan

pada kondisi ekstrim karena memiliki struktur kolonisasi intraseluler berupa mikrosklerotia sehingga DSE banyak ditemukan pada kondisi tanaman yang paling sehat dalam lingkungannya (O'Dell *et al.* 1993; Li *et al.* 2018). DSE dapat bersifat antagonis bagi cendawan yang ditunjukkan oleh penelitian Surono dan Narisawa (2018) melalui pengujian DSE terhadap *Fusarium* sp. pada aspragagus. Octaviani (2019) menunjukkan bahwa DSE juga bersifat antagonis terhadap *Ganoderma boninense*.

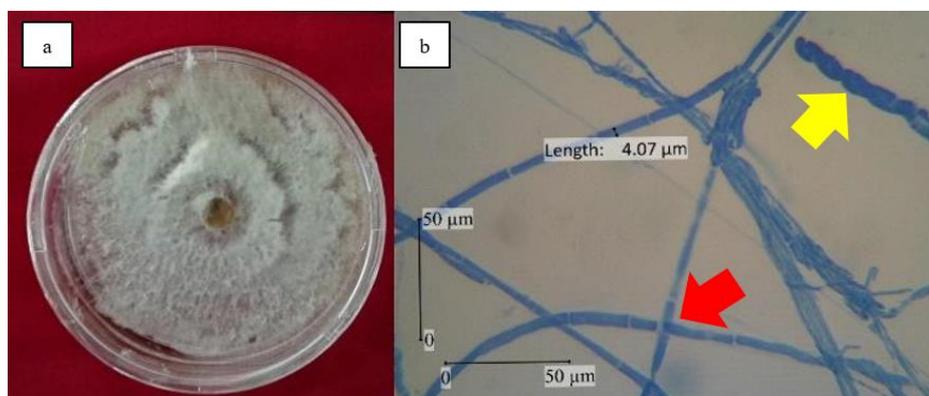
Hasil uji kultur ganda DSE terhadap *Rhizoctonia* sp. menunjukkan bahwa DSE dapat menekan pertumbuhan koloni *Rhizoctonia* sp. pada jenis dan waktu peletakan DSE yang berbeda. Hasil uji kultur ganda dengan dua metode berbeda menunjukkan perbedaan hasil yang signifikan antara metode uji kultur 1 dan 2.

Uji kultur ganda: uji antagonis yang dilakukan dengan menumbuhkan *Rhizoctonia* sp. dan DSE secara bersamaan (1) dan uji antagonis dilakukan dengan menumbuhkan terlebih dahulu DSE selama 7 hari inkubasi, kemudian di uji bersama *Rhizoctonia* sp. (2). Angka pada setiap kolom yang diikuti dengan huruf sama, tidak berbeda nyata berdasarkan uji Duncan pada taraf 5%.

Hasil uji kultur 1 menunjukkan bahwa DSE TM memiliki kemampuan penghambatan pertumbuhan tertinggi sebesar 67,714%. Uji kultur ganda ke-2 pada



Gambar 3 Grafik pertumbuhan diameter isolat



Gambar 4 Pengamatan makroskopis dan mikroskopis isolat S1. (a) Karakteristik koloni, (b) Karakteristik hifa (panah merah menunjukkan sekat pada hifa dan perpotongan sudut 90°, panah kuning menunjukkan struktur moniloid)

DSE umur 7 hari menunjukkan nilai persentase penghambatan *Rhizoctonia* sp. tertinggi oleh DSE TM dengan daya hambat sebesar 100%. DSE TM memiliki pertumbuhan yang lebih cepat dan relatif bersamaan dengan pertumbuhan patogen sehingga kemampuan penghambatan DSE TM lebih besar. DSE TM yang diuji pada uji kultur ganda 2 telah memenuhi cawan sehingga isolat patogen *Rhizoctonia* sp. yang ditumbuhkan di atas koloni DSE TM tidak dapat berkembang pada uji kultur 2 (Tabel 1).

Daya hambat DSE GS2 terhadap *Rhizoctonia* sp. pada perlakuan uji kultur ganda 2 (52,857%) menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata dengan uji kultur ganda 1 (49,143%). Koloni DSE GS2 memiliki pertumbuhan koloni lebih lambat dibandingkan *Rhizoctonia* sp. secara *in vitro*. Koloni DSE GS2 baru mulai berkembang setelah hari ke-7 inkubasi, sedangkan miselium *Rhizoctonia* sp. tumbuh cukup cepat karena sudah dapat memenuhi cawan petri setelah 7 hari inkubasi pada perlakuan kontrol. Daya hambat *Rhizoctonia* sp. yang meningkat pada uji kultur 2 diduga karena koloni DSE GS2 sudah cukup stabil dalam menghadapi *Rhizoctonia* sp.. DSE secara *in vitro* tumbuh lambat dengan kecepatan pertumbuhannya < 3 mm per hari, dan umumnya koloni mulai berkembang pada 7 - 14 hari setelah inkubasi (Surono dan Narisawa 2017).

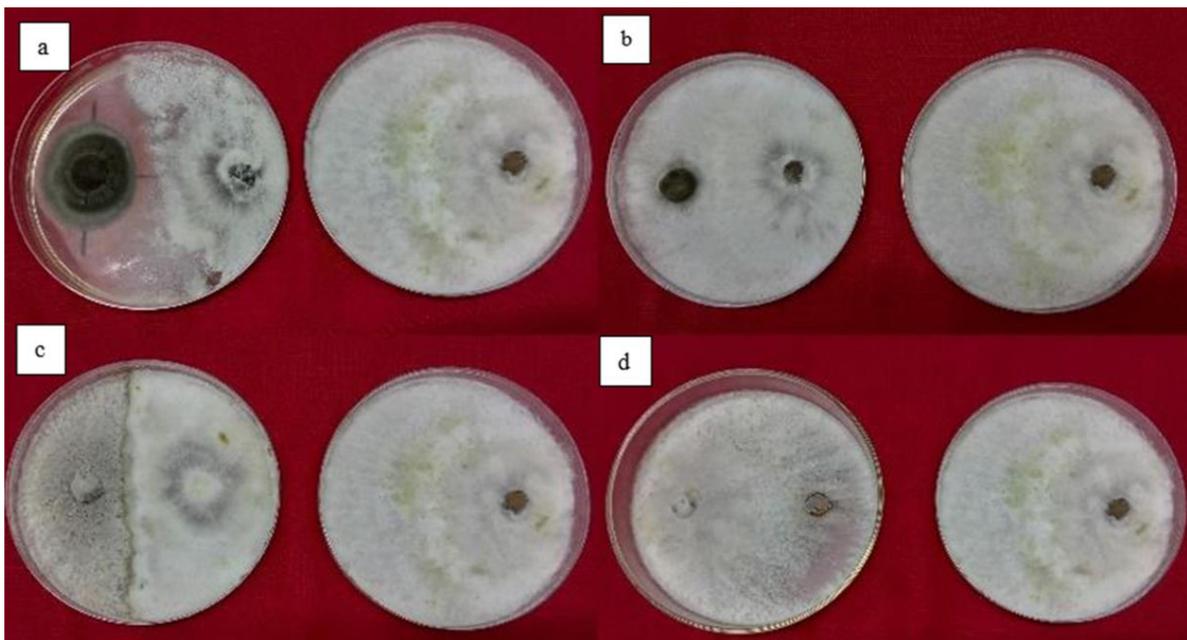
Uji kultur ganda dengan menumbuhkan DSE terlebih dahulu meningkatkan potensi dan kemampuan DSE dalam menghambat pertumbuhan patogen. DSE

diberikan kesempatan untuk tumbuh dan memproduksi senyawa metabolit sebelum berinteraksi dengan *Rhizoctonia* sp. Hifa DSE menghambat pertumbuhan *Rhizoctonia* sp. dengan menghalangi pertumbuhan hifa sehingga ditemukan adanya zona hambat antara DSE dan *Rhizoctonia* sp. Fenomena ini menjadi bagian mekanisme penghambatan DSE yang digunakan dalam menekan pertumbuhan *Rhizoctonia* sp. Hal tersebut mengindikasikan bahwa aplikasi cendawan DSE sebagai agen biokontrol terhadap *Rhizoctonia* sp. lebih baik dilakukan secara preventif dengan melindungi bibit tanaman sejak awal penanaman. Peletakan inokulum DSE dan pelepasannya dalam jumlah besar (inundasi) pada bagian tanaman atau lahan bertujuan untuk meningkatkan kemampuan agen hayati dalam mengendalikan populasi hama patogen dengan berkembang biak dan menyebar pada tanaman (Herlinda dan Irsan 2015).

Mekanisme cendawan antagonis sebagai agen hayati pengendali penyakit tanaman secara umum adalah menghambat pertumbuhan patogen dengan cara kompetisi, parasitisme, antibiosis, dan lisis (Liza *et al.* 2015). Cendawan DSE memiliki lebih dari satu mekanisme antagonis dalam menghambat pertumbuhan patogen yang meliputi kompetisi ruang dan nutrisi, serta produksi senyawa aktif yang dapat menghambat pertumbuhan (Compant *et al.* 2005). Hasil pengamatan pada hari ke-14 uji kultur ganda menunjukkan bahwa DSE menghambat pertumbuhan *Rhizoctonia* sp. melalui

Tabel 1 Daya hambat DSE terhadap pertumbuhan koloni *Rhizoctonia* sp. pada 14 hari interaksi

Kode isolat DSE	Penghambatan	Penghambatan
	<i>Rhizoctonia</i> sp. pada uji kultur ganda 1 (%)	<i>Rhizoctonia</i> sp. pada uji kultur ganda 2 (%)
TM	67,714 ^b	100,000 ^a
GS2	49,143 ^c	52,857 ^c
Kontrol	0,000 ^d	0,000 ^d



Gambar 5 Penghambatan *Rhizoctonia* sp. oleh DSE. (a) DSE GS2 *Rhizoctonia* sp. pada uji kultur 2, (b) DSE GS2 *Rhizoctonia* sp. pada uji kultur 1, (c) DSE TM *Rhizoctonia* sp. pada uji kultur 2, (d) DSE TM *Rhizoctonia* sp. pada uji kultur 1.

kontak fisik yang ditandai dengan adanya batas pertemuan antara koloni DSE dan *Rhizoctonia* sp. (Gambar 5b-5c). DSE GS2 dan TM yang ditumbuhkan bersamaan dengan *Rhizoctonia* sp. mengalami mekanisme hambat berupa kompetisi dalam memperebutkan nutrisi (karbon dan nitrogen), sumber mineral, atau menempati inang yang sama (Trigiano *et al.* 2008; Sukmawati *et al.* 2024).

Isolat DSE TM yang ditumbuhkan terlebih dahulu selama 7 hari berhasil menekan pertumbuhan *Rhizoctonia* sp. sehingga patogen tidak tumbuh. Koloni DSE TM telah tumbuh memenuhi cawan petri pada masa inkubasi 7 hari sehingga patogen ditumbuhkan di atas DSE (Gambar 5d). Hal ini dapat diindikasikan bahwa terjadi mekanisme mikroparasit berupa aktivitas fisik hifa cendawan antagonis yang menempel, melilit hifa serta menembus ke dalam hifa cendawan patogen (Huda *et al.* 2019).

Mekanisme penghambatan yang berbeda ditunjukkan juga oleh isolat DSE GS2 yang ditumbuhkan terlebih dahulu selama 7 hari. Zona hambat muncul di sekitar DSE GS2 yang berhasil menghambat pertumbuhan *Rhizoctonia* sp. (Gambar 5a). Hal ini menunjukkan adanya mekanisme antibiosis yang dihasilkan oleh DSE GS2 melalui pembentukan zona hambat. Zat antibiotik yang dihasilkan oleh DSE dapat bersifat toksin dan langsung memengaruhi pertumbuhan patogen (Agrios 2005; Dalimunthe 2019). Mekanisme penghambatan *Rhizoctonia* sp. penyebab hawar daun pada jati oleh DSE GS2 dan DSE TM ditunjukkan melalui tiga mekanisme serangan berbeda berupa kompetisi, parasit, dan antibiosis.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Hasil pengujian antagonis melalui uji kultur ganda modifikasi menunjukkan bahwa DSE GS2 dan DSE TM dapat menghambat pertumbuhan *Rhizoctonia* sp. sebagai patogen penyebab hawar daun jati. Daya hambat patogen oleh DSE menunjukkan hasil yang lebih baik pada metode uji kultur ganda dengan menumbuhkan DSE terlebih dahulu selama 7 hari. DSE TM memiliki kemampuan yang lebih baik dalam menghambat perkembangan patogen dibandingkan dengan DSE GS2 secara signifikan sebesar 67,714% pada kultur ganda ke-1 dan 100% pada kultur ganda ke-2. Teknik pengendalian patogen melalui DSE lebih efektif dilaksanakan melalui metode preventif dengan menginduksi tanaman atau bibit terlebih dahulu menggunakan DSE.

Saran

Penelitian ini perlu dilanjutkan dengan menganalisis kandungan senyawa antibiosis yang dihasilkan oleh DSE dan pengamatan mikroskopis terkait mekanisme penghambatan DSE terhadap patogen. Pengujian juga dapat dilanjutkan secara *in vivo* pada tanaman sejenis untuk membuktikan kemampuan DSE dalam menghambat perkembangan penyakit hawar daun pada tanaman. Pengujian lanjutan dapat dijadikan dua topik

berbeda atau dilaksanakan secara bersamaan membentuk metode pengendalian patogen yang terpadu.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, Firmansyah MA, Soekarno BPW, Witarto AB. 2015. Effects of tannin to control leaf blight disease on *Toona sureni* Merr. caused by two isolates of *Rhizoctonia* sp. *Plant Pathol. J.* 14(3):148-152. doi: 10.3923/ppj.2015.148.152.
- Achmad, 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.
- Agrios GN. 2005. *Plant Pathology 5th ed.* New York: Elsevier Academic Pr.
- Barnett HL, Hunter BB. 1998. *Illustrated Genera of Imperfect Fungi.* Minnesota: APS Press.
- Compant S, Duffy B, Nowak J, Christophe C, Barka, Ait E. 2005. Use of plant growth-promoting bacteria for biocontrol of plant diseases: principles, mechanisms of action, and future prospects. *Applied and Environmental Microbiology* 71(9): 1-68. <https://doi.org/10.1128/AEM.71.9.4951-4959.2005>
- Dalimunthe CI. 2019. Peran cendawan dark septate endophyte sebagai agens biokontrol penyakit jamur akar putih dan deteksinya menggunakan *fluorescence spectroscopy* [Tesis]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Firmansyah MA, Alfarisi M. 2016. Uji patogenisitas patogen hawar daun pada tanaman kayu afrika (*Maesopsis Eminii* Engl.) di Persemaian Permanen BPDAS Bogor. *Jurnal Silvikultur Tropika* 7(2): 115-124.
- Firmansyah MA. 2018. Identifikasi dan mekanisme serangan *Rhizoctonia* sp. serta pengendalian hayati tanaman agroforestri sengon dan padi [Disertasi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Herlinda S, Irsan C. 2015. *Pengendalian Hayati Hama Tumbuhan.* Palembang: Unsri Pr.
- Herliyana EN, Sakbani L, Herdiyeni Y, Munif A. 2020. Identifikasi cendawan patogen penyebab penyakit pada daun jabon merah (*Anthocephalus macrophyllus* (ROXB.) HAVIL). *Jurnal Silvikultur Tropika* 11(03): 154-162.
- Huda N, Imaningsih W, Hakim S. 2019. Uji antagonisme kapang endofit tanaman galem (*Melaleuca cajuputi*) terhadap *Colletotrichum truncatum*. *J Mikol Indones.* 3(2): 59-74.
- Jumpponen A. 2001. Dark septate endophytes – are they mycorrhizal? *Mycorrhiza* 11:207-211. doi:10.1007/s005720100112.
- Karmanah K, Rizki FH, Sunardi S. 2022. Inventarisasi serangan hama dan penyakit pada terubusan pohon jati unggul nusantara. *Jurnal Agrotek Tropika* 10(4): 501-508.
- Li X, He X, Hou L, Ren Y, Wang S, Su F. 2018. Dark septate endophytes isolated from a xerophyte plant promote the growth of *Ammopiptanthus mongolicus* under drought condition. *Sci Rep.*

- 8(7896):26–28. doi:10.1038/s41598-018- 26183-0.
- Octaviani DA. 2021. Penapisan dark septate endophytes (dse) secara *in vitro* sebagai agen biokontrol *Ganoderma boninense* asal kelapa sawit (*Elaeis guinensis* Jacq.) [Skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Putri KP, Yulianti Y, Syamsuwida D, Widayani N, Sudrajat DJ, Suita E , Nurhasbi N. 2022. Pemanfaatan fungi mikoriza arbuskula dan dark septate endophyte pada bibit balsa (*Ochroma pyramidale*) untuk mendukung rehabilitasi lahan kritis. *Jurnal Perbenihan Tanaman Hutan* 10(1): 67-80.
- Purnama F. 2022. Isolasi dan karakterisasi dark septate endophyte dari perakaran *Eucalyptus pellita* F. Muell [Disertasi]. Riau: UIN Sultan Syarif Kasim Riau.
- Raya YAA, Swibawa IA, Indriyati. 2014. Uji patogenisitas jamur *Beauveria bassiana* yang diisolasi dari *Hypothenemus hampei* pada *Sitophilus oryzae* di tingkat laboratorium. *Jurnal Agrotek Tropika* 2(1):115-118.
- Setyowati RDN, Amala NA, Aini NNU. 2017. Studi pemilihan tanaman revegetasi untuk keberhasilan reklamasi lahan bekas tambang. *Al-Ard: Jurnal Teknik Lingkungan* 3(1): 14-20.
- Solaya MRG. 2021. Pengaruh minyak atsiri serai wangi dan nilai pada pertumbuhan patogen *Botryodiplodia* sp. secara *in vitro* [Skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Sukmawati D, Supiyani A, Afifah ZN, Balqis M, Fikriyyah NN, Sari DP, Setiarto RHB. 2024. Kemampuan kapang dark septate endophyte dari akar tanaman aren dalam menghambat *Ganoderma* sp. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia (JIPI)* 29(2):278-286. doi: 10.18343/jipi.29.2.278
- Surono, Narisawa K. 2017. The dark septate endophytic fungus *Phialocephala fortinii* is a potential decomposer of soil organic compounds and a promoter of *Asparagus officinalis* growth. *Fungal Ecology* 28:1-10.
- Surono, Narisawa K. 2018. The inhibitory role of dark septate endophytic fungus *Phialocephala fortinii* against *Fusarium* disease on the *Asparagus officinalis* growth in organic source conditions. *Biological Control* 121:159-167.
- Syifaudin I. 2021. Uji patogenisitas cendawan penyebab hawar daun pada bibit sengon di Persemaian Permanen Dramaga Bogor [Skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.