

ANTAGONISME JAMUR RIZOSFER TANAMAN KARET TERHADAP *Rigidoporus microporus* SECARA *IN VITRO* DAN *IN PLANTA*

ANTAGONISM OF RUBBER PLANT RHIZOSPHERIC FUNGI AGAINST *Rigidoporus microporus* *IN VITRO* AND *IN PLANTA*

Endah Yulia^{1*}, Aldi Rahayu², Tarkus Suganda¹

¹ Departemen Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran

² Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran

Jl. Raya Bandung-Sumedang KM 21, Kampus Jatinangor, Jatinangor 45363

*Korespondensi: endah.yulia@unpad.ac.id

Diterima : 19 April 2022 / Disetujui : 25 Juli 2022

ABSTRAK

Penyakit jamur akar putih (JAP) yang disebabkan oleh *Rigidoporus microporus* merupakan penyakit penting pada tanaman karet. Pengendalian penyakit JAP umumnya menggunakan fungisida sintetik yang berdampak buruk terhadap lingkungan dan berbiaya mahal. Salah satu cara pengendalian penyakit tular tanah yang lebih murah dan efisien adalah pemanfaatan mikroorganisme antagonis. Penelitian ini bertujuan untuk menguji antagonisme jamur rizosfer tanaman karet (JRK) terhadap *R. microporus*. Penelitian dilaksanakan dari November 2021 hingga Februari 2022 menggunakan metode survei di Perkebunan Karet Rakyat (PKR) Sakambangan, Kabupaten Garut, Jawa Barat serta metode eksperimental di Laboratorium Fitopatologi, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran. Rancangan Acak Lengkap digunakan untuk dua uji antagonisme yaitu *dual culture (in vitro)* berupa perlakuan 17 isolat JRK dan kontrol *R. microporus* serta uji potongan akar (*in planta*) berupa perlakuan 8 isolat JRK dan dua kontrol dengan tiga kali ulangan. Dari hasil penelitian diperoleh 17 isolat jamur termasuk genus *Trichoderma*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Gliocladium*, *Paecilomyces*, *Acremonium* dan *Cladosporium*, serta empat isolat tidak teridentifikasi. Semua isolat menghambat pertumbuhan *R. microporus* pada uji *in vitro* dan kolonisasi pada uji *in planta* dengan penghambatan tertinggi masing-masing 86,07% dan 85,33%. *Trichoderma* sp., *Aspergillus* sp. dan *Penicillium* sp. merupakan jamur antagonis potensial untuk mengendalikan *R. microporus* asal PKR Sakambangan.

Kata kunci: Biokontrol, JAP, *Trichoderma* sp.

ABSTRACT

White root rot disease (WRRD) incited by *Rigidoporus microporus* is an important disease in rubber plants. WRRD is commonly controlled using synthetic fungicide, nevertheless it is expensive and harmful to environment. One way to control soil-borne diseases that is considered cheaper, efficient and safer is by using antagonistic microorganisms. This study aimed to examine the antagonism of rubber plant rhizosphere fungi (RRF) against *R. microporus*. The research was carried out from November 2021 to February 2022. Research

used survey method at a rubber plantation in Sakambangan, Garut Regency, West Java, and experimental method at the Phytopathology Laboratory, Faculty of Agriculture, Universitas Padjadjaran. A Completely Randomized Design was used for the two antagonism tests, namely dual culture (*in vitro*) of 17 RRF isolates and *R. microsporus* as control treatment while a rubber root piece test (*in planta*) was used for testing 8 RRF isolates and two control treatments with three replications. The results derived 17 fungal isolates in the genera of *Trichoderma*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Gliocladium*, *Paecilomyces*, *Acremonium*, *Cladosporium*, and four unidentified. All isolates inhibited the growth (86.07%) and colonization (85.33%) of *R. microsporus*. *Trichoderma* sp., *Aspergillus* sp. and *Penicillium* sp. are potential antagonists against *R. microsporus* of Sakambangan rubber plantation origin.

Key words : Biocontrol, *Trichoderma* sp., WRRD

PENDAHULUAN

Tanaman karet merupakan salah satu komoditas perkebunan yang memiliki peranan penting dalam sektor perekonomian Indonesia. Pada tahun 2019, dengan ekspor getah karet Indonesia mencapai 2,5 juta ton (total nilai sebesar US\$ 3,52 milyar), industri karet nasional berkontribusi terhadap perolehan devisa negara hingga menembus angka US\$ 3,422 miliar (BPS, 2020; Kemenperin, 2020). Namun demikian, pada tahun yang sama produksi getah karet kering Indonesia ini menurun sebesar 9,1% dari tahun sebelumnya (BPS, 2020).

Keberadaan penyakit tanaman masih menjadi kendala utama dalam produksi tanaman karet yang salah satunya adalah penyakit jamur akar putih (JAP). Penyakit JAP disebabkan oleh jamur *Rigidoporus microsporus* (syn. *Rigidoporus lignosus*) (Farhana *et al.*, 2017). Penyakit JAP dapat menyebabkan kehilangan hasil tanaman karet sebesar 3-5% pada perkebunan besar dan 5-15% pada perkebunan rakyat, serta kerugian ekonomi karena memerlukan biaya yang tinggi untuk pengendaliannya (Balitri, 2014). Di Kecamatan Air Batu, Sumatera Utara, kejadian penyakit JAP karet bahkan mencapai 100% dengan

tingkat keparahan penyakit 52,50% (Rahayu *et al.*, 2017).

Patogen JAP dapat menginfeksi tanaman karet pada semua stadia pertumbuhan. Tanaman karet yang berusia 2-6 tahun merupakan fase yang paling rentan terkena infeksi JAP dan kematian tanaman (Balitri, 2014). Dalam proses patogenesisnya, infeksi *R. microsporus* terjadi dimulai dari kontak permukaan jaringan tanaman dengan patogen. Patogen kemudian melakukan penetrasi, kolonisasi, dan degradasi struktur sel inang hingga menimbulkan gejala penyakit JAP (Omorusi, 2012). Miselium *R. microsporus* ditemukan pada daerah perakaran, leher akar, dan pangkal batang berupa rizomorf jamur menyerupai benang berwarna putih yang menempel pada akar. Infeksi patogen menyebabkan akar membusuk, daun memucat atau menguning serta gugur daun yang kemudian diikuti oleh kematian ranting-ranting tanaman karet (Suryanto *et al.*, 2017).

Pengendalian penyakit JAP karet umumnya menggunakan fungisida sintetik dengan cara menyiramkannya pada perakaran yang terserang (Purwanta *et al.*, 2008). Penggunaan fungisida sintetik dianggap tidak ekonomis karena cukup mahal serta dapat berdampak buruk bagi

kesehatan manusia dan kestabilan lingkungan (Ismail & Tenrirawe, 2010). Penggunaan pestisida sintetik dapat diganti dengan melakukan pengendalian hayati yang lebih ramah lingkungan dengan memanfaatkan agens biokontrol patogen.

Beberapa spesies jamur rizosfer dilaporkan efektif sebagai agens biokontrol beberapa patogen penyebab penyakit akar tanaman perkebunan. Pertumbuhan jamur *R. microporus* dapat dihambat secara *in vitro* oleh konsorsium mikroba antagonis *Trichoderma* spp., *Paecilomyces lilacinus* dan bakteri *Bacillus subtilis* dengan penghambatan tertinggi mencapai 57,62% (Kusdiana *et al.*, 2015). *Trichoderma* spp. secara signifikan menurunkan kejadian penyakit JAP (82%) pada tanaman indikator singkong yang ditanam di perkebunan karet (Prasetyo & Aeny, 2013). Formulasi biofungisida yang terdiri atas beberapa spesies jamur genus *Trichoderma* efektif mengendalikan penyakit JAP pada skala lapangan dengan persentase kesembuhan mencapai 79% (Fairuzah *et al.*, 2014).

Pengendalian hayati dengan menggunakan mikroorganisme alami yang berada pada relung (*niche*) yang sama dengan patogen dinilai lebih efisien. Hal tersebut karena mikroorganisme *indigenous* sudah adaptif dengan lingkungannya (Adiathy *et al.*, 2017; Kumar & Gopal, 2015). Demikian juga dengan sifat patogen JAP sebagai patogen tular tanah (*soil-borne*) yang hidup di daerah perakaran tanaman (rizosfer) berpeluang tinggi dikendalikan secara biologis oleh mikroorganisme antagonis di rizosfer. Tanah di rizosfer tanaman karet mengandung banyak mikroorganisme yang berpotensi sebagai agens biokontrol (Herath *et al.*, 2017).

Sebuah eksplorasi terhadap jamur rizosfer tanaman karet sudah dilakukan di

salah satu perkebunan karet rakyat di Sakambangan Kabupaten Garut. Berdasarkan survei lapangan, kejadian penyakit JAP mencapai 32% dengan intensitas serangan mencapai 20%. Demikian juga menurut petani karet setempat, penyakit JAP ini sudah menimbulkan kerugian karena menurunkan produksi getah karet atau bahkan menyebabkan kematian tanaman. Di lokasi tersebut, pestisida sintetik belum pernah digunakan dalam manajemen organisme pengganggu tanaman sehingga diperkirakan memiliki kelimpahan mikroorganisme yang tinggi termasuk mikroorganisme antagonis potensial untuk mengendalikan patogen JAP. Tujuan penelitian ini adalah untuk menguji antagonisme jamur rizosfer asal tanaman karet Perkebunan Karet Rakyat Sakambangan Kabupaten Garut terhadap patogen JAP dari lokasi yang sama.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan mulai dari November 2021 sampai Februari 2022. Penelitian di Perkebunan Karet Rakyat (PKR) Sakambangan, Kabupaten Garut, Jawa Barat menggunakan metode survei untuk mengamati kejadian penyakit JAP. Pengambilan sampel akar tanaman sakit maupun tanah rizosfer masing-masing dilakukan satu kali. Selanjutnya metode eksperimen dilakukan di Laboratorium Fitopatologi, Departemen Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran untuk menguji antagonisme jamur rizosfer tanaman karet terhadap *R. microporus*.

Rancangan percobaan di laboratorium menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) untuk uji antagonis *dual culture (in vitro)* dan uji antagonis potongan akar (*in*

planta). Pengujian *in vitro* terdiri atas 18 perlakuan yaitu 17 isolat jamur rizosfer karet (JRK) dan satu perlakuan kontrol (isolat *R. microporus*). Pengujian *in planta* terdiri atas 10 perlakuan yaitu 8 isolat JRK (isolat yang diuji lanjut dari pengujian *dual culture*) dengan dua perlakuan kontrol yaitu kontrol negatif (akuades steril) dan kontrol positif (fungisida heksakonazol). Masing-masing perlakuan diulang tiga kali.

Pengambilan sampel tanah rizosfer

Pengambilan sampel tanah rizosfer dilakukan terhadap tanah di sekitar perakaran tanaman karet sehat yang dekat dengan tanaman karet terserang penyakit JAP karena diperkirakan pada daerah tersebut terdapat mikroba antagonis, sehingga patogen tidak dapat menyerang dan tanaman tetap sehat. Sampel tanah diambil secara *purposive sampling* pada kedalaman tanah 20 cm dari permukaan (Amaria *et al.*, 2013). Sampel tanah (± 2 kg) diambil dari lima pohon karet pada empat titik yang berbeda untuk setiap pohon pada jarak 0,5 m dari batang pohon, kemudian sampel tanah tersebut dikompositkan seberat 1 kg (Hidayati *et al.*, 2011). Selanjutnya sampel tanah dikeringanginkan selama satu hari sampai dilakukan isolasi jamur antagonis.

Pengambilan sampel akar terserang penyakit jamur akar putih

Sampel patogen diambil dari akar tanaman karet yang sudah terserang dan bergejala penyakit JAP (Hardiyanti *et al.*, 2017). Sampel akar bergejala dipotong hingga bagian akar yang sehat dan diambil untuk dilakukan isolasi jamur patogen JAP (Agrios, 2005). Sampel akar yang terserang JAP dicirikan dengan adanya miselium jamur yang berwarna putih atau rizomorf

pada permukaan akar atau miselium pada bagian dalam akar.

Pembuatan media *Potato Dextrose Agar* (PDA)

Media *Potato Dextrose Agar* (PDA) dibuat dari potongan kentang berbentuk dadu sebanyak 200 g yang direbus di dalam 1000 ml akuades hingga kentang menjadi lunak. Air rebusan kentang disaring dan ditambahkan 20 g agar dan 20 g *dextrose*, lalu ditambahkan kembali akuades hingga volumenya mencapai 1000 ml. Selanjutnya media PDA disterilkan menggunakan *autoclave* pada suhu 121°C selama 15 menit. Untuk mencegah terjadinya kontaminasi bakteri ke dalam PDA ditambahkan *chloramphenicol* dengan konsentrasi 0,5 g l⁻¹ setelah proses sterilisasi (Yulia *et al.*, 2017).

Isolasi patogen jamur akar putih

Isolasi patogen dilakukan pada bagian akar tanaman yang bergejala penyakit JAP. Isolasi dimulai dengan mencuci akar sampai bersih dengan air mengalir dan memotongnya berukuran 1 cm. Sampel akar kemudian disterilkan dengan alkohol 70% selama satu menit dan NaOCl 2,5% selama dua menit, lalu sampel dibilas dengan akuades steril tiga kali (Hardiyanti *et al.*, 2017). Selanjutnya sampel akar dibelah menjadi dua bagian dengan bagian dalam dari potongan langsung menghadap permukaan media PDA, lalu sampel diinkubasi selama tiga hari pada suhu ruang (Roosheroe *et al.*, 2014). Setelah jamur tumbuh, dilakukan pemurnian dengan cara memindahkan miselium jamur pada media PDA baru.

Isolasi jamur rizosfer

Sampel tanah yang sudah dikeringanginkan diambil 10 g dan disuspensikan dengan 90 ml akuades steril dalam labu Erlenmeyer, kemudian dilakukan pengenceran berseri (*serial dilution*) sampai tingkat pengenceran 10^{-5} . Dari hasil pengenceran tersebut diambil 1 ml suspensi untuk ditumbuhkan pada cawan Petri yang telah berisi media PDA, lalu dilakukan inkubasi pada suhu ruang selama tiga hari (Amaria *et al.*, 2013). Setelah jamur tumbuh, dilakukan pemurnian dengan cara memindahkan miselium jamur pada media PDA baru.

Identifikasi morfologi isolat jamur rizosfer

Pengamatan karakteristik morfologi isolat jamur rizosfer dilakukan secara makroskopis dan mikroskopis. Pengamatan secara makroskopis meliputi bentuk, tekstur, dan warna koloni jamur. Bentuk koloni jamur terdiri atas bulat, tidak beraturan (*irregular*), berserabut (*filamentous*) serta bercabang atau seperti akar (*rhizoid*). Tekstur koloni terdiri dari seperti kapas atau bulu (*cottony, wooly*), bertepung (*granular, powdery*), berkapur (*chalky*), beludru (*velvety*), halus (*smooth*), *creamy* atau *waxy* serta warna koloni jamur yang dapat tidak berwarna (*colorless*) atau berbagai macam warna terang seringkali hijau, merah atau coklat dan hitam (Chourasia, 2008). Pengamatan secara mikroskopis meliputi pengamatan hifa atau miselium jamur, konidia, dan struktur lain yang menjadi ciri khas isolat jamur yang diperoleh. Identifikasi jamur mengacu pada buku *Illustrated Genera of Imperfect Fungi* ditulis oleh Barnett & Hunter (1998).

Uji antagonisme *dual culture*

Uji antagonisme jamur rizosfer dengan jamur patogen JAP menggunakan metode *dual culture* dengan menumbuhkan patogen JAP dan jamur rizosfer secara bersamaan pada media PDA dengan cara mengambil potongan agar miselium jamur (\emptyset 5 mm) dari biakan murni masing-masing. Kedua isolat diletakkan pada sisi yang berlawanan berjarak 3 cm, kemudian diinkubasikan pada suhu ruang sampai jari-jari koloni JAP pada perlakuan kontrol mencapai tepi cawan Petri. Selanjutnya dilakukan pengamatan daya hambat jamur antagonis terhadap patogen JAP menggunakan persamaan sebagai berikut (Rahman *et al.*, 2009):

$$P = \frac{(r_1 - r_2)}{r_1} \times 100\%$$

Keterangan:

- P = Persentase hambatan
 r1 = Jari-jari koloni patogen JAP pada kontrol
 r2 = Jari-jari koloni patogen JAP yang tumbuh mendekati isolat antagonis

Kriteria kemampuan menghambat isolat jamur antagonis didasarkan kajian yang dilakukan Otten *et al.* (2004). Persentase hambatan 0%-29% dikategorikan memiliki penghambatan rendah, 30%-59% sedang, dan 60%-100% termasuk penghambatan tinggi.

Uji antagonisme pada potongan akar karet

Isolat jamur antagonis dengan persentase hambatan >55% dalam uji *dual culture* kemudian diuji lagi kemampuan antagonisnya menggunakan potongan akar karet untuk mendapatkan jamur antagonis terbaik. Pengujian dilakukan pada kotak plastik yang diisi tanah steril $\frac{1}{2}$ bagian (\pm

200 g) (Hardiyanti *et al.*, 2017). Akar tanaman karet berukuran panjang 8 cm (\emptyset 0,7 cm) disterilkan terlebih dulu dengan air panas pada suhu 50°C selama 15 menit, kemudian direndam dalam suspensi jamur antagonis ($\geq 10^7$ konidia ml⁻¹) selama enam jam, sedangkan untuk jamur antagonis yang tidak mengalami sporulasi langsung diinokulasikan miseliumnya pada potongan akar.

Inokulum jamur *R. microporus* yang digunakan berasal dari dua sumber yaitu potongan akar karet sakit dari lapangan dan miselium *R. microporus* yang ditumbuhkan pada media jagung pecah yang masing-masing diberikan 10 g dan 2 g untuk setiap perlakuan. Sementara itu, potongan akar direndam dalam akuades steril dan fungisida heksakonazol 2,5 ml l⁻¹ untuk perlakuan kontrol. Potongan akar yang telah diberi perlakuan diletakkan di atas permukaan tanah dalam kontainer dan sisa suspensi jamur antagonis disiramkan di atas permukaan akar. Inokulasi jamur *R. microporus* dilakukan pada jarak 1 cm dari akar perlakuan pada waktu yang sama. Setelah diinkubasi sampai permukaan akar perlakuan kontrol negatif terkolonisasi penuh miselium JAP, lalu persentase area permukaan akar perlakuan terkolonisasi miselium *R. microporus* dihitung.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil uji *in vitro*

Hasil pengujian menunjukkan bahwa semua isolat JRK yang diuji (17 isolat) bersifat antagonis atau mampu menghambat pertumbuhan *R. microporus* dengan kisaran penghambatan sebesar 2,73% – 86,07% pada uji *dual culture* (Tabel 1). Persentase penghambatan tertinggi

diperoleh pada perlakuan isolat JRK-1 yang teridentifikasi sebagai *Trichoderma* sp., sementara persentase penghambatan terkecil terdapat pada perlakuan isolat JRK-10 yang merupakan *Cladosporium* sp.

Pengamatan terhadap penghambatan pertumbuhan *R. microporus* oleh isolat JRK dilakukan ketika perlakuan kontrol sudah mencapai tepi cawan Petri yaitu 13 hari setelah inkubasi (HSI). Berdasarkan hasil pengujian, perlakuan isolat JRK ini menunjukkan adanya penghambatan pertumbuhan terhadap patogen JAP yaitu pertumbuhan miselium jamur yang lebih lambat atau terhenti maupun diameter koloni yang lebih pendek dibandingkan dengan pertumbuhan *R. microporus* pada perlakuan kontrol (Gambar 1). Hasil penelitian menunjukkan bahwa isolat JRK-1, JRK-4, JRK-5 dan JRK-6 memiliki persentase hambatan >60% dan berpotensi sebagai agens biokontrol potensial dalam pengendalian hayati *R. microporus*.

Isolat JRK-1 (*Trichoderma* sp.) memiliki persentase penghambatan tertinggi yaitu sebesar 86,07%. *Trichoderma* spp. dilaporkan sebagai salah jamur antagonis terbaik yang banyak digunakan dalam pengendalian penyakit tanaman dengan mekanisme antagonis seperti kompetisi, antibiosis dan parasitisme (Abd-El-Kareem *et al.*, 2019; Ruiz-Gómez & Miguel-Rojas, 2021; Suryanto *et al.*, 2017; Vinale *et al.*, 2014; Yulia *et al.*, 2017; Živanov *et al.*, 2017). Hasil penelitian ini lebih baik dari hasil penelitian Suryanto *et al.* (2017) yang menyebutkan bahwa spesies *Trichoderma* spp. memiliki sifat antagonistik yang tinggi terhadap *R. microporus* dengan persentase penghambatan pertumbuhan miselium di atas 70%.

Tabel 1. Penghambatan pertumbuhan miselium *R. microporus* oleh jamur rizosfer tanaman karet pada uji *dual culture*

Kode isolat	Jamur	Penghambatan (%)	Daya hambat
JRK-1	<i>Trichoderma</i> sp.	86,07 a	Tinggi
JRK-2	<i>Acremonium</i> sp.	35,87 efg	Sedang
JRK-3	<i>Unidentified-1</i>	53,87 bcde	Sedang
JRK-4	<i>Penicillium</i> sp.	71,63 abc	Tinggi
JRK-5	<i>Aspergillus</i> sp.	84,97 a	Tinggi
JRK-6	<i>Penicillium</i> sp.	73,67 ab	Tinggi
JRK-7	<i>Unidentified-2</i>	59,40 bcd	Sedang
JRK-8	<i>Penicillium</i> sp.	40,50 def	Sedang
JRK-9	<i>Penicillium</i> sp.	57,20 bcde	Sedang
JRK-10	<i>Cladosporium</i> sp.	2,73 h	Lemah
JRK-11	<i>Aspergillus</i> sp.	27,20 fg	Lemah
JRK-12	<i>Unidentified-3</i>	40,53 def	Sedang
JRK-13	<i>Acremonium</i> sp.	16,10 gh	Lemah
JRK-14	<i>Gliocladium</i> sp.	56,10 bcde	Sedang
JRK-15	<i>Paecilomyces</i> sp.	49,43 de	Sedang
JRK-16	<i>Unidentified-4</i>	50,53 de	Sedang
JRK-17	<i>Penicillium</i> sp.	57,17 bcde	Sedang
JRK-18	<i>R. microporus</i>	0,00 h	-

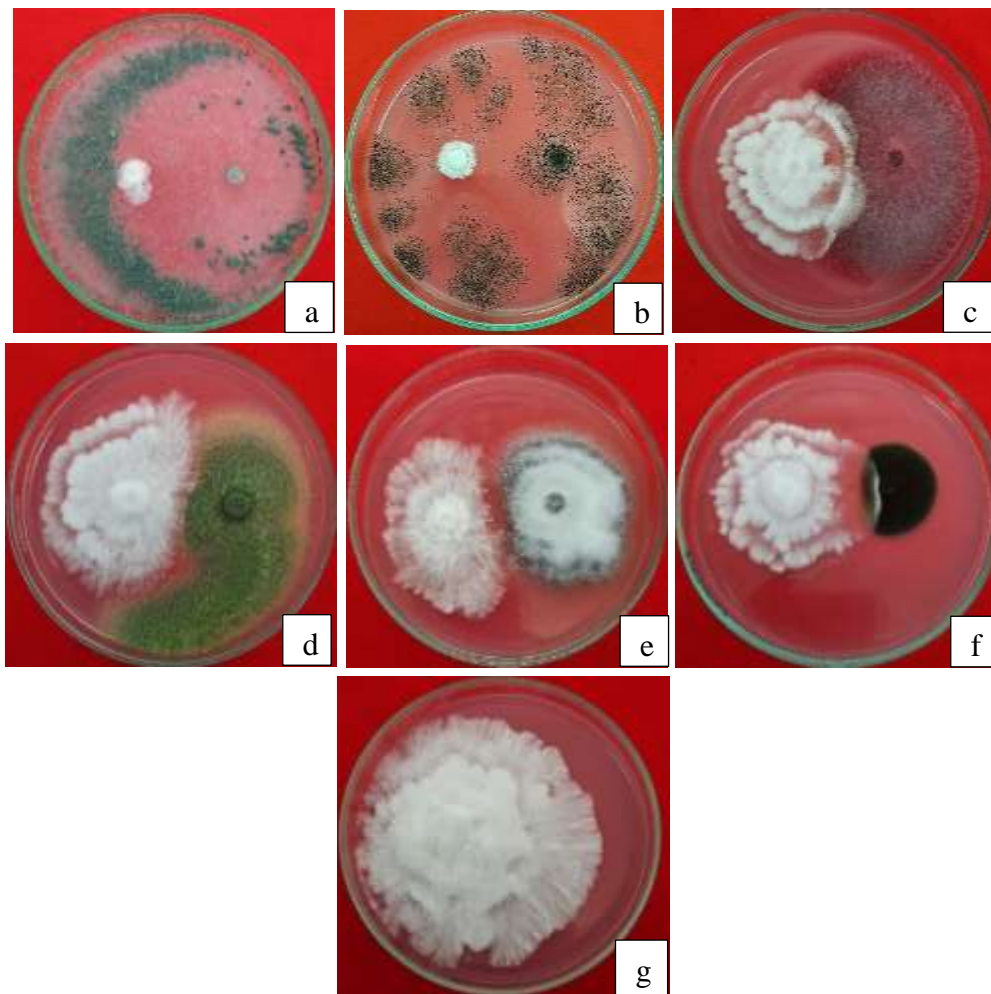
Keterangan: Perbedaan huruf di belakang angka persentase penghambatan menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antar isolat berdasarkan hasil uji Jarak Berganda Duncan ($P>0,05$). Kriteria daya hambat berdasarkan Otten *et al.* (2004)

Isolat JRK-1 memiliki pertumbuhan sangat cepat dan sudah memenuhi cawan Petri sejak 4 HSI. Hal tersebut mengindikasikan bahwa isolat JRK-1 memiliki mekanisme kompetisi ruang dan nutrisi yang menyebabkan pertumbuhan patogen JAP terhenti. Berdasarkan pengamatan mikroskopis ditemukan hifa *R. microporus* yang mengalami kerusakan seperti membengkak atau menebal maupun menjadi kosong atau lisis yang diduga diakibatkan oleh senyawa bioaktif yang juga dihasilkan oleh isolat JRK-1 (Gambar 2). Spesies *T. harzianum* dilaporkan mengeluarkan senyawa bioaktif berupa asam harzianik yang menghambat pertumbuhan miselium patogen tular tanah *Sclerotinia sclerotiorum* and *Rhizoctonia solani* (Vinale *et al.*, 2014).

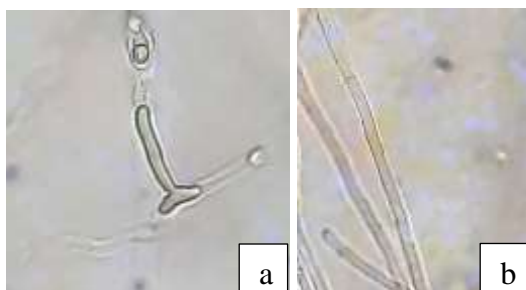
Isolat JRK-2 dan JRK-13 merupakan jamur *Acremonium* sp. dengan kemampuan daya hambat masing-masing sebesar 35,87% dan 16,10%. Kedua isolat memiliki karakteristik mikroskopis yang sama, sedikit berbeda dalam makroskopisnya dan sangat berbeda dalam karakter pertumbuhannya. Hal tersebut berpengaruh terhadap kemampuan daya hambat yang dihasilkan. Isolat JRK-2 memiliki persentase daya hambat yang lebih baik karena pertumbuhan miseliumnya lebih cepat serta menghasilkan pigmen yang tampak menghambat pertumbuhan miselium *R. microporus* (Gambar 1c). Dengan demikian, kedua spesies *Acremonium* sp. memiliki mekanisme penghambatan berupa kompetisi dan antibiosis. Potensi

Acremonium sp. sebagai agens biokontrol dilaporkan oleh Yuelian & Qingfang (2013)

terhadap jamur patogen *Fusarium oxysporum* f.sp. *ubense*.



Gambar 1. Penghambatan pertumbuhan miselium *R. microporus* oleh jamur rizosfer karet pada uji *dual culture*: a,b) penghambatan tinggi isolat JRK-1 (*Trichoderma* sp.) dan isolat JRK-5 (*Aspergillus* sp.) c-e) penghambatan sedang isolat JRK-2 (*Acremonium* sp.), isolat JRK-14 (*Gliocladium* sp.) dan isolat JRK-15 (*Paecilomyces* sp.) f) penghambatan lemah isolat JRK-10 (*Cladosporium* sp.) g) perlakuan kontrol *R. microporus*

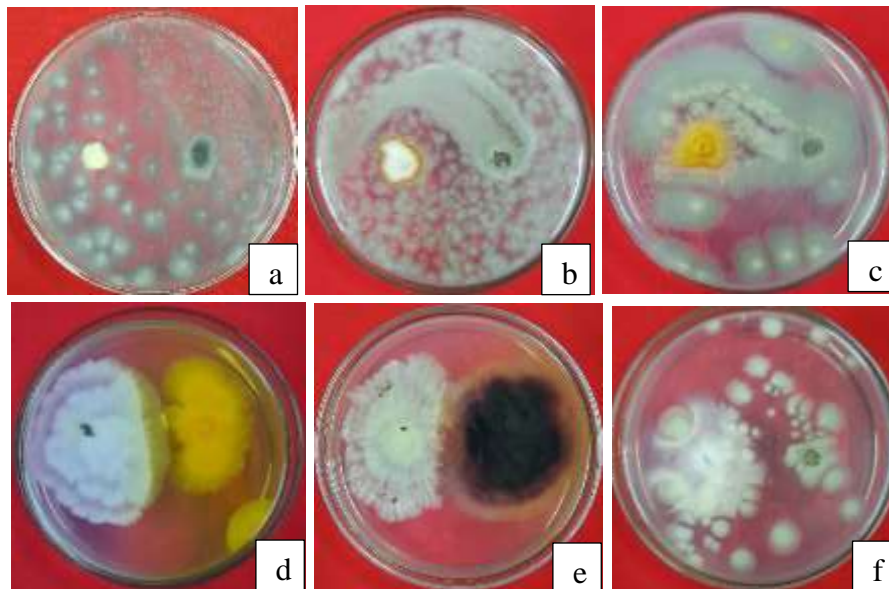


Gambar 2. Kondisi hifa *R. microporus* pada uji *dual culture*: a) hifa yang menebal dan lisis pada perlakuan isolat JRK-1 b) hifa normal pada perlakuan kontrol

Isolat JRK-4, JRK-6, JRK-9, JRK-17, dan JRK-8 merupakan jamur *Penicillium* sp. dengan persentase hambatan masing-masing sebesar 71,63%, 73,67%, 57,20%, 57,17% dan 40,50%. Kelima isolat ini diduga memiliki mekanisme antibiosis yang dicirikan dengan adanya pigmentasi pada bagian bawah koloni jamur, melanisasi koloni patogen JAP, serta adanya zona bening (Gambar 3). Salah satu senyawa antibiotik terkenal yang dihasilkan oleh

jamur *Penicillium* sp. adalah penisilin (Chairudin *et al.*, 2021). Jamur *Penicillium* sp. juga memiliki pertumbuhan yang cukup

cepat sehingga memiliki mekanisme kompetisi.



Gambar 3. Penghambatan koloni patogen JAP oleh jamur *Penicillium* sp. dan *Paecilomyces* sp.: a-c) melanisasi patogen JAP pada perlakuan isolat JRK-4, JRK-6 dan JRK-9, d,e) pigmentasi berwarna kuning pada perlakuan isolat JRK-8 dan JRK-15, f) zona bening pada perlakuan JRK-17

Isolat JRK-5 merupakan jamur *Aspergillus* sp. dengan persentase hambatan 84,9% (Gambar 1b). Jamur ini memiliki pertumbuhan yang cepat hingga mampu berkompetisi dengan patogen JAP dan membuat pertumbuhan patogen JAP terhenti pada 5 HSI. Isolat ini juga memiliki mekanisme penghambatan secara antibiosis yang dicirikan dengan adanya zona bening atau terjadinya perubahan warna coklat atau melanisasi pada koloni patogen JAP. Akan tetapi, isolat JRK-11 yang juga merupakan *Aspergillus* sp. memiliki daya hambat yang lebih rendah dibandingkan dengan isolat JRK-5. Isolat JRK-11 memiliki mekanisme kompetisi dengan pertumbuhan yang cukup cepat.

Aspergillus sp. telah dilaporkan sebagai jamur antagonis dengan mekanisme penghambatan berupa kompetisi dan antibiosis. Amaria *et al.* (2015)

menyebutkan bahwa pertumbuhan jamur *A. fijiensis* meskipun cenderung lambat tetapi menghasilkan spora kering yang berlimpah sehingga mudah menyebar dan membentuk koloni baru dan berhasil berkompetisi dengan baik melawan patogen. Spesies *A. fijiensis* ini memiliki penghambatan yang tinggi terhadap pertumbuhan koloni *R. microporus* (71,93%). Sementara itu, Neekety *et al.* (2016) melaporkan spesies *A. niger* dan *A. fumigatus* memiliki senyawa bioaktif yang menunjukkan aktivitas antimikroba yang tinggi dalam melawan beberapa mikroorganisme patogen.

Isolat JRK-7 memiliki persentase daya hambat sebesar 59,40%. Jamur ini memiliki mekanisme antagonis berupa kompetisi dengan kecepatan pertumbuhan yang cukup tinggi, akan tetapi isolat JRK-7 tidak menghasilkan konidia atau tidak

bersporulasi pada media biakan sehingga tidak dapat diidentifikasi spesiesnya. Demikian juga dengan isolat JRK-3, JRK-12 dan JRK-16 yang juga tidak mengalami sporulasi pada media biakan. Isolat JRK-3, JRK-12 dan JRK-16 memiliki persentase penghambatan masing-masing sebesar 53,87%, 40,53% dan 50,53% berturut turut serta memiliki mekanisme antagonisme berupa kompetisi sehingga mampu menekan pertumbuhan patogen JAP.

Isolat JRK-10 diketahui sebagai isolat jamur *Cladosporium* sp. dengan persentase daya hambat terkecil yaitu sebesar 2,73%. Meskipun miselium patogen JAP tumbuh melintasi (*overgrowth*) koloni isolat JRK-10 ini, miselium patogen JAP menjadi tipis atau tidak normal pada bagian yang kontak dengan isolat JRK-10 yang menunjukkan adanya penghambatan pertumbuhan patogen JAP oleh isolat JRK-10 (Gambar 1f). Jamur *Cladosporium* sp. dilaporkan menghasilkan beberapa senyawa bioaktif serta dilaporkan sebagai parasit jamur karat terutama spesies *C. tenuissimum* (Moricca *et al.*, 2005; R  t *et al.*, 2021; Yusuf *et al.*, 2019).

Isolat JRK-14 diidentifikasi sebagai jamur *Gliocladium* sp. dengan persentase daya hambat sebesar 56,10% (Gambar 1d). Jamur ini memiliki mekanisme penghambatan berupa kompetisi ruang dan nutrisi karena memiliki kecepatan tumbuh yang tinggi. Ocriana (2011) melaporkan jamur *Gliocladium* sp. yang diisolasi dari tanah merupakan jamur terbaik dalam menekan pertumbuhan jamur patogen *Phytium* sp. secara *in vitro* yaitu sebesar 50,2%. Kemampuan penghambatan tersebut karena kemampuannya berkompetisi dalam memperebutkan ruang dan zat nutrisi.

Isolat JRK-15 merupakan jamur *Paecilomyces* sp. dengan kemampuan daya hambat sebesar 49,43% (Gambar 1e). Jamur ini diduga memiliki mekanisme penghambatan berupa antibiosis yang ditandai dengan adanya pigmentasi berwarna kuning kecokelatan pada bagian bawah koloni (Gambar 3e). *Paecilomyces* merupakan jamur kosmopolit yang umumnya diketahui sebagai agens biokontrol nematoda tetapi juga dilaporkan sebagai agens biokontrol beberapa jamur patogen melalui mekanisme antagonisme yang berbeda (Gavira *et al.*, 2020).

Hasil uji *in planta*

Berdasarkan hasil uji *dual culture*, delapan isolat jamur dengan tingkat penghambatan >55% diuji kemampuan antagonismenya terhadap pertumbuhan atau kolonisasi patogen JAP pada potongan akar karet. Delapan isolat tersebut adalah JRK-1, JRK-4, JRK-5, JRK-6, JRK-7, JRK-9, JRK-14, dan JRK-17 yang masuk ke dalam genus *Trichoderma*, *Penicillium*, *Aspergillus* dan *Gliocladium* di luar isolat JRK-7 yang tidak teridentifikasi.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa persentase terendah area kolonisasi miselium patogen JAP pada permukaan potongan akar karet terjadi pada perlakuan isolat JRK-1 (*Trichoderma* sp.) dengan persentase kolonisasi 14,67% (penghambatan pertumbuhan miselium JAP 85,33%) (Tabel 2; Gambar 4). Sementara itu, area kolonisasi JAP tertinggi terjadi pada perlakuan JRK-14 (*Gliocladium* sp.) dengan persentase 43,33% (penghambatan 56,67%). Data pada Tabel 2 merupakan data pengamatan pada 11 hsi karena pada saat itu perlakuan kontrol negatif (akuades steril) seluruh permukaan akarnya sudah terkolonisasi (100% kolonisasi).

Tabel 2. Kolonisasi area permukaan akar dan persentase penghambatan pertumbuhan miselium *R. microporus* oleh jamur antagonis pada perlakuan potongan akar karet

Perlakuan	Kolonisasi area permukaan akar (%)	Penghambatan pertumbuhan miselium patogen JAP (%)
JRK-1 (<i>Trichoderma</i> sp.)	14,67 ab	85,33
JRK-4 (<i>Penicillium</i> sp.)	22,00 b	78,00
JRK-5 (<i>Aspergillus</i> sp.)	27,67 bc	72,33
JRK-6 (<i>Penicillium</i> sp.)	25,33 b	74,67
JRK-7 (<i>Unidentified-2</i>)	20,33 b	79,67
JRK-9 (<i>Penicillium</i> sp.)	32,33 bc	67,67
JRK-14 (<i>Gliocladium</i> sp.)	43,33 c	56,67
JRK-17 (<i>Penicillium</i> sp.)	25,00 b	75,00
Kontrol positif (fungisida)	0,00 a	100,00
Kontrol negatif (akuades)	100,00 d	-

Keterangan: Perbedaan huruf di belakang persentase area kolonisasi menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antar isolat berdasarkan hasil uji Jarak Berganda Duncan ($P>0,05$)



Gambar 4. Kolonisasi permukaan potongan akar karet oleh *R. microporus*: a) kolonisasi yang rendah perlakuan isolat JRK-4 (*Penicillium* sp.) b) kolonisasi 100% perlakuan kontrol akuades steril c) kolonisasi 0% perlakuan fungisida

Isolat JRK-1 (*Trichoderma* sp.) merupakan isolat terbaik karena memiliki persentase area kolonisasi JAP paling rendah dibandingkan dengan perlakuan lainnya, akan tetapi tidak berbeda nyata

dengan perlakuan JRK-4, JRK-5, JRK-6, JRK-7, JRK-9, dan JRK-17. *Trichoderma* sp. dilaporkan sebagai jamur antagonis yang telah digunakan dalam mengendalikan berbagai penyakit tanaman. Jayasuriya &

Thennakoon (2007) melaporkan bahwa *T. harzianum* yang diisolasi dari rizosfer tanaman karet mampu menurunkan kolonisasi patogen JAP pada potongan akar karet sebesar 23% hingga 72%. Sementara itu, Yulia *et al.* (2017) melaporkan bahwa *Trichoderma* spp. dalam formulasi jagung pecah mampu menghambat infeksi JAP sebesar 91% – 100% pada bibit tanaman karet.

Isolat JRK-5 (*Aspergillus* sp.) mampu menghambat kolonisasi atau pertumbuhan miselium patogen JAP sebesar 72,33%. *Aspergillus* sp. juga merupakan jamur antagonis yang banyak digunakan dalam pengendalian penyakit tanaman termasuk melawan patogen JAP yaitu *R. microsporus*. Mahendran *et al.* (2021), melaporkan bahwa *A. terreus* mampu melindungi potongan kayu karet dari serangan jamur *R. microsporus* dengan tingkat penghambatan mencapai 100%.

Isolat JRK-4, JRK-6, JRK-9 dan JRK-17 merupakan jamur *Penicillium* sp. yang memiliki kemampuan yang baik dalam melindungi akar karet dari kolonisasi patogen JAP. *Penicillium* sp. dikenal sebagai jamur antagonis dengan kemampuan zat antibiotik yang dihasilkannya. Suspensi jamur ini mampu mencegah kolonisasi patogen JAP pada potongan akar karet hingga tingkat penghambatan 100% (Hardiyanti *et al.*, 2017).

Isolat JRK-7 (*Unidentified-2*) sangat baik dalam melindungi akar dari patogen JAP dengan persentase penghambatan pertumbuhan patogen JAP sebesar 79,67%. Hal tersebut disebabkan oleh karena isolat JRK-7 memiliki kemampuan kompetisi yang baik dan diduga memiliki kandungan senyawa metabolit sekunder yang dihasilkannya. Pada media PDA, jamur tersebut menunjukkan pertumbuhan yang

tinggi serta adanya pigmentasi pada bagian bawah koloni yang diduga berperan sebagai senyawa antijamur.

Isolat JRK-14 (*Gliocladium* sp.) merupakan jamur yang memiliki persentase area permukaan akar terkolonisasi paling tinggi dibanding perlakuan lainnya namun masih memberikan penghambatan yang cukup tinggi sebesar 56,67%. Jamur *Gliocladium* sp. dikenal menghasilkan senyawa antibiotik gliotoksin dan merupakan agens biokontrol yang digunakan untuk mengendalikan penyakit rebah kecambah (*damping-off*) (Mcquillen *et al.*, 2001).

Secara umum hasil penelitian ini menunjukkan bahwa jamur rizosfer tanaman karet memiliki potensi sebagai agens biokontrol patogen JAP (*R. microsporus*). Hasil pengujian *in vitro* dan *in planta* yang memberikan hasil yang baik melalui mekanisme antagonis maupun kolonisasi atau infeksi pada material tanaman inang dapat memberikan gambaran adanya potensi keberhasilan untuk pengaplikasiannya di lapangan.

Keberhasilan mendapatkan isolat jamur rizosfir akar karet yang potensial dalam penelitian ini menunjukkan bahwa dari pertanaman karet yang belum diberi perlakuan fungisida terdapat berbagai jamur antagonis yang dapat dikembangkan menjadi agens biokontrol untuk pengendalian JAP pada tanaman karet.

SIMPULAN

Semua isolat jamur yang diperoleh dari rizosfer tanaman karet di PKR Sakambangan Kabupaten Garut dapat menghambat pertumbuhan miselium *R. Microsporus*. Semua isolat jamur yang diuji lanjut pada potongan akar karet dapat menekan

kolonisasi *R. microporus* pada akar karet. *Trichoderma* sp., *Aspergillus* sp. dan *Penicillium* sp. merupakan jamur antagonis potensial dalam mengendalikan *R. microporus* dengan persentase hambatan tertinggi di atas 85%.

DAFTAR PUSTAKA

- Abd-El-Kareem, F., Elshahawy, I.E., & Abd-Elgawad, M.M.M. (2019). Local *Trichoderma* strains as a control strategy of complex black root rot disease of strawberry in Egypt. *Bulletin of the National Research Centre*, 43:160. <https://doi.org/10.1186/s42269-019-0206-7>
- Adiathy, I.A.G. D., Suniati, N.W., & Suada, I.K. (2017). Pengaruh inokulasi *Pseudomonas* spp. indigenus terhadap penyakit akar gada dan pertumbuhan tanaman kubis (*Brassica oleracea* L.). *Jurnal Agroekoteknologi Tropika*, 6(3), 329-338. <https://ojs.unud.ac.id/index.php/JAT/article/view/32442>
- Agrios, G.N. (2005). *Plant Pathology*. 5th Ed. San Diego: Elsevier Academic Press.
- Amaria, W., Taufiq, E., & Harni, R. (2013). Seleksi dan identifikasi jamur antagonis sebagai agens hayati jamur akar putih *Rigidoporus microporus* pada tanaman karet. *Jurnal Tanaman Industri dan Penyegar*, 4(1), 55-64. <http://dx.doi.org/10.21082/jtidp.v4n1.2013.p55-64>
- Amaria, W., Harni, R., & Samsudin. (2015). Evaluasi jamur antagonis dalam menghambat pertumbuhan *Rigidoporus microporus* penyebab penyakit jamur akar putih pada tanaman karet. *Jurnal Tanaman Industri dan Penyegar*, 2(1), 51-60. <https://doi.org/10.21082/jtidp.v2n1.2015.p51-60>
- Badan Pusat Statistik. (2020). Statistik Karet Indonesia Tahun 2019. <https://www.bps.go.id/publication/2020/11/30/bbe0914bad45c64c87c005fb/statistik-karet-indonesia-2019.html>
- Balitri. (2014). Jamur Akar Putih Penyakit Berbahaya pada Perkebunan Karet. <http://balittri.litbang.pertanian.go.id/index.php/berita/info-teknologi/202-jamur-akar-putih-penyakit-berbahaya-pada-perkebunan-karet>
- Barnet, H.L., & B.B. Hunter (1998). *Illustrated Genera of Imperfect Fungi*. 4th Ed. St. Paul Minnesota: APS Press.
- Chairudin, Agustinur, & Permadi, J. (2021). Efficacy of application time of *Penicillium* sp. suspension on white root fungus (*Rigidoporus lignosus*) in nutmeg (*Myristica fragrans*). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 819(1), 012014. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/819/1/012014>
- Chourasia, E. (2008). Colony Morphology (Macroscopic Features). Identification MIC-470. https://faculty.ksu.edu.sa/sites/default/files/5.identification_2.pdf
- Fairuzah, Z., Dalimunthe, C.I., Karyudi, Suryaman, S., & Widhayati, W.E. (2014). Keefektifan beberapa fungi antagonis (*Trichoderma* sp.) dalam biofungisida *Endohevea* terhadap penyakit jamur akar putih (*Rigidoporus microporus*) di lapangan. *Jurnal Penelitian Karet*, 32(2), 122–128. <https://doi.org/10.22302/ppk.jpk.v32i2.158>
- Farhana, A.H.K.F., Bahri, A.R.S., Thanh, T.A.V., & Zakaria, L. (2017). Morphological features of *Rigidoporus microporus* isolated from infected Malaysian rubber clones. *Malaysian Journal of Microscopy*, 13, 17-23.

- Gavira, A.M., Huertas, V., Diánez, F., Montesinos, B.S., & Santos, M. (2020). *Paecilomyces* and its importance in the biological control of agricultural pests and diseases. *Plants*, 9, 1746. <https://dx.doi.org/10.3390%2Fplants9121746>
- Hardiyanti, S., Soekarno, B.P.W., & Yuliani, T.S. (2017). Kemampuan mikroba endofit dan rizosfer tanaman karet dalam mengendalikan *Rigidoporus lignosus*. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*, 13(5), 153-160. <https://doi.org/10.14692/jfi.13.5.153>
- Herath, H.H.M.A.U., Wijesundera, R.L.C., Chandrasekharan, N.V., & Wijesundera, W.S.S. (2017). Exploration of Sri Lankan soil fungi for biocontrol properties. *African Journal of Biotechnology*, 16(20), 1168–1175. <https://doi.org/10.5897/AJB2017.15905>
- Hidayati, U., Hendra, J., Napitupulu, D., Panjaitan, A., & Widyastuti, R. (2011). Potensi bakteri pengguna metanol dari rizosfer tanaman karet (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg) untuk memproduksi protein sel tunggal. *Jurnal Penelitian Karet*, 29(1), 25-34. <https://doi.org/10.22302/ppk.jpk.v29i1.107>
- Ismail, N., & Tenrirawe, A. (2010). Potensi agens hayati *Trichoderma* spp. sebagai agens pengendali hayati. Prosiding Seminar Regional, “Inovasi Teknologi Pertanian Mendukung Program Pertanian Provinsi Sulawesi Utara”, Manado 2 September 2010.
- Jayasuriya, K.E., & Thennakoon, B.I. (2007). Biological control of *Rigidoporus microporus*, the cause of white root disease in rubber. *Cey. J. Sci. (Bio. Sci.)*, 36(1), 9-16.
- Kemenperin. (2020). Dorong Hilirisasi, Kemenperin Dongkrak Produksi Industri Olahan Karet Alam. <https://kemenperin.go.id/artikel/21771/Dorong-Hilirisasi,-Kemenperin-Dongkrak-Produksi-Industri-Olahan-Karet-Alam>
- Kumar, B.L., & Gopal, D.V.R.S. (2015). Effective role of indigenous microorganisms for sustainable environment. *3 Biotech*, 5, 867-876. [10.1007/s13205-015-0293-6](https://doi.org/10.1007/s13205-015-0293-6)
- Kusdiana, A.P.J., Munir, M., & Suryaningtyas, H. (2015). Pengujian biofungisida berbasis mikroorganisme antagonis untuk pengendalian jamur akar putih pada tanaman karet. *Jurnal Penelitian Karet*, 33(2), 143-156. <https://doi.org/10.22302/ppk.jpk.v33i2.179>
- Mahendran, T.R., Thottahil, G.P., Surendran, A., Nagao, H., & Sudesh, K. (2021). Biocontrol potential of *Aspergillus terreus*, endophytic fungus against *Rigidoporus microporus* and *Corynespora cassiicola*, pathogens of rubber tree. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 54(2), 1-20. <https://doi.org/10.1080/03235408.2021.1884952>
- Mcquilken, M.P., Gemmill, J., & Lahdenpera, M.L. (2001). *Gliocladium catenulatum* as a potential biological control agent of damping-off in bedding plants. *J. Phytopathology*, 149, 171-178. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1439-0434.2001.00602.x>
- Moricca, S., A. Ragazzi, & G. Assante. (2005). Biocontrol of rust fungi by *Cladosporium tenuissimum*. In M.H. Pei & A.R. McCracken (Eds.). *Rust diseases of willow and poplar*. pp. 213-229. Wallingford: CAB International. <http://dx.doi.org/10.1079/9780851999999.0213>
- Neekety, A.A.E., Aziz, M.S.A., Hathout, A.S., Hamed, A.A., Sabry, B.A., Ghareeb, M.A., Aly, S.E., & Wahhab, M.A.A. (2016). Molecular identification of

- newly isolated non-toxigenic fungal strains having antiaflatoxicogenic, antimicrobial and antioxidant activities. *Der Pharma Chemica*, 8(20), 121-134.
- Octriana, L. (2011). Potensi agen hayati dalam menghambat pertumbuhan *Phytium* sp. secara *in vitro*. *Buletin Plasma Nutfah*, 17(2), 138-142. <http://dx.doi.org/10.21082/blpn.v17n2.2011.p138-142>
- Omorusi, V.I. (2012). Effects of white root rot disease on *Hevea brasiliensis* (Muell. Arg.) – Challenges and control approach. *Plant Science*, 139-152. <https://doi.org/10.5772/54024>
- Otten, W., Bailey, D.J., & Gilligan, C.A. (2004). Empirical evidence of spatial thresholds to control invasion of fungal parasites and saprotrophs. *New Phytologist*, 163, 125-132. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2004.01086.x>
- Prasetyo, J., & Aeny, T.N. (2013). The preventive control of white root rot disease in small holder rubber plantation using botanical, biological and chemical agents. *J. HPT Tropika*, 13(1), 69-74. <https://doi.org/10.23960/j.hptt.11369-74>
- Purwanta, J.H., Kiswanto, & Slameto. (2008). *Teknologi budidaya karet*. Bogor: Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Rahayu, M.S., Lubis, L., & Oemry, S. (2017). Distribusi peta awal serangan penyakit jamur akar putih (*Rigidoporus microporus* (Swartz: Fr)) pada beberapa perkebunan karet rakyat di Kabupaten Asahan. *Jurnal Online Agroekoteknologi*, 5(1), 131-137
- Rahman, M.A., Begum, M.F., & Alam, M.F. (2009). Screening of *Trichoderma* isolates as a biological control agent against *Ceratocystis paradoxa* causing pineapple disease of sugarcane. *Mycobiology*, 37(4), 277-285. <https://doi.org/10.4489/MYCO.2009.37.4.277>
- Răut, I., Călin, M., Capră, L., Gurban, A.M., Doni, M., Radu, N., & Jecu, L. (2021). *Agronomy*, 11, 392. <https://doi.org/10.3390/agronomy11020392>
- Roosheroe, I.G., Sjamsuridzal, W., & Oetari, A. (2014). *Mikologi: Dasar dan Terapan*. Jakarta: Yayasan Pustaka Obor Indonesia.
- Ruiz-Gómez, F.J., & Miguel-Rojas, C. (2021). Antagonistic potential of native *Trichoderma* spp. against *Phytophthora cinnamomi* in the control of holm oak decline in dehesas ecosystems. *Forests*, 12, 945. <https://doi.org/10.3390/f12070945>
- Suryanto, D., Munthe, R.A., Nurwahyuni, I., & Munir, E. (2017). An assay on potential of local *Trichoderma* spp. to control white root rot disease caused by *Rigidoporus microporus* in rubber plant stump. *Journal of Pure and Applied Microbiology*. 11(2), 717-723. <https://dx.doi.org/10.22207/JPAM.11.2.10>
- Vinale, F., Manganiello, G., Nigro, M., Mazzei, P., Piccolo, A., Pascale, A., Ruocco, M., Marra, R., Lombardi, N., Lanzuise, S., Varlese, R., Cavallo, P., Lorito, M., & S.L. Woo. (2014). A novel fungal metabolite with beneficial properties for agricultural applications. *Molecules*, 19(7), 9760-9772. <http://doi.org/10.3390/molecules19079760>
- Yuelian, L., & Qingfang, L. (2013). Inhibitory effects of *Acremonium* sp. on fusarium wilt in bananas. *African Journal of Agricultural Research*, 8(48), 6241-6249. <http://doi.org/10.5897/AJAR2013.7082>

- Yulia, E., Istifadah, N., Widiyanti, F., & Utami, H.S. (2017). Antagonisme *Trichoderma* spp. terhadap jamur *Rigidoporus lignosus* (Klotzsch) dan penekanan penyakit jamur akar putih pada tanaman karet. *Jurnal Agrikultura*, 28(1), 47-55. <https://doi.org/10.24198/agrikultura.v28i1.13226>
- Yusuf, E.S., Budiarto, K., & Rahardjo, I.B. (2019). Evaluation of *Cladosporium* sp. mycoparasites as biocontrol agents of white rust disease on chrysanthemum. *AGRIVITA Journal of Agricultural Science*, 41(3), 405-415. <https://doi.org/10.17503/agrivita.v41i3.1864>
- Živanov, S.T., Jevtić, R., Lalošević, M., Živanov, D., Medić-Pap, S., Župunski, & V. (2017). Efficacy of *Trichoderma* spp. against fungal pathogens. *Ratarstvo i povrtarstvo*, 54(3), 104-109. <http://dx.doi.org/10.5937/ratpov54-14254>