

## Identifikasi Jamur pada Akar Tanaman Karet yang Berasal dari KP 2 (SEAT) Ungaran

Hidayat Irfani, Achmad Himawan<sup>\*</sup>, Elizabeth Nanik Kristalisasi

Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian INSTIPER Yogyakarta

<sup>\*</sup>Email korespondensi: wawanhimawan2014@gmail.com

### ABSTRACT

*Fungi can grow and live in plant tissue. Endophytic fungi can provide benefits to plants in the form of increased resistance to disease attacks and can stimulate growth. This research aims to isolate and identify fungi in the roots of rubber plants in KP2 (SEAT) Ungaran. Sampling was taken at the KP2 (SEAT) Ungaran rubber plantation, followed by isolation and identification at the Laboratory of the Institute of Agriculture STIPER Yogyakarta. The research started from April to June 2024. Sampling used a diagonal method and the fungal identification method used a descriptive method. The results of isolation and identification obtained 13 isolates identified as the genus Colletotrichum sp. (B1P5U1 and B3P2U4), Fusarium sp. (B1P5U2, B1P5U3, B2P2U3 and B3P3U3), Geotrichum sp. (B2P5U1), Paecilomyces sp. (B3P1U5), Penicillium sp. (B1P1U3, B1P4U5, and B3P2U2), Rhizoctonia sp. (B2P4U3), Rhizopus sp. (B1P1U4), and 2 unknown isolates (B2P4U2 and B2P5U2).*

**Keyword:** *Endophytic fungi; fungal identification; rubber plants.*

### PENDAHULUAN

Di Indonesia, karet adalah salah satu komoditi ekspor yang menyumbang devisa cukup besar (Sulistiani *et al.*, 2020). Pada tahun 2020 produksi karet mencapai 2,88 juta ton, namun menurun dibandingkan tahun 2019 yang mencapai 3,30 juta ton (Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian, 2021). Salah satu penyebab penurunan hasil ini adalah serangan hama dan penyakit (Firdaus *et al.*, 2020).

Jamur endofit antagonis diketahui dapat dimanfaatkan sebagai salah satu opsi pengendalian secara hayati dalam menangani penyakit pada tanaman karet. Jamur endofit ialah jamur yang hidup dan tumbuh pada jaringan tanaman tanpa merugikan tanaman inangnya (Maxwell *et al.*, 2018). Keberadaan jamur endofit tersebar dalam jaringan tanaman seperti bunga, buah, bunga, daun hingga akar (Tirtana *et al.*, 2013). Setyaningrum & Ratih,

(2016) mengatakan bahwa jamur endofit memiliki peran positif untuk tanaman, seperti memacu pertumbuhan, meningkatkan ketahanan terhadap beberapa patogen dan serangan hama, serta meningkatkan ketahanan tanaman pada kondisi lingkungan yang tidak menguntungkan.

Tanaman karet memiliki akar tunggang yang berfungsi menyerap air dan unsur hara, selain itu juga menjadi habitat berbagai mikroorganisme (Widyati, 2017). Sudah ada beberapa penelitian tentang jamur yang berasal dari akar tanaman karet. (Musdalifah et al., 2025) melaporkan bahwa akar merupakan bagian dari jaringan tanaman karet yang memiliki jumlah isolat tertinggi, yaitu 21 isolat yang memiliki beragam genus jamur, *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp., *Cunninghamella* sp., *Paecilomyces* sp., dan *Trichoderma* sp. Ada juga laporan dari negara Brasil yang menyatakan ada jamur *Penicillium* sp., *Trichoderma* sp. dan *Mucor* sp. yang berhasil diisolasi dari akar tanaman karet (Araújo et al., 2020). Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi jamur pada akar tanaman karet yang berasal dari KP2 (SEAT) Ungaran.

## METODE PENELITIAN

Sampel akar diambil di KP2 (SEAT) Ungaran. Tahap isolasi dan identifikasi dilakukan di Laboratorium Perlindungan Tanaman, Institut Pertanian STIPER Yogyakarta. Penelitian dilaksanakan pada bulan April sampai Juni 2024.

Peralatan untuk pengambilan sampel adalah parang, kantong plastik dan *chiller box*. Alat-alat yang digunakan untuk isolasi antara lain timbangan digital, *hot plate*, gelas beaker, gelas ukur, erlenmeyer, gelas pengaduk, petridis, *scalpel blade*, pinset, jarum preparat, bunsen, botol kaca, autoklaf, *Laminar Air Flow (LAF) cabinet*, inkubator, gelas objek, gelas penutup, mikroskop, sarung tangan karet, tusuk gigi, tisu, kapas, kertas payung, kamera HP. Bahan-bahan yang digunakan meliputi akar dari tanaman karet sehat, alkohol 70%, *clorox* 5%, aquades, *Potato Dextrose Agar (PDA)* instan, spritus, *Lactofenol Cotton Blue*.

Pembuatan media dengan melarutkan 39 gram PDA instan/1 liter aquades, lalu dipanaskan hingga mendidih. Peralatan dibungkus dengan kertas payung, kemudian disterilkan bersamaan dengan media menggunakan autoklaf pada suhu 121°C dan tekanan 1 atm selama 15 menit. Media yang sudah steril dapat dituang dalam petridish sebanyak 10 – 15 ml secara aseptik di dalam LAF.

Pengambilan sampel akar dilakukan dengan metode diagonal dengan memilih 5 tanaman karet yang sehat pada setiap blok. Sampel diambil dari 3 blok kebun yang berbeda. Setiap akar tanaman sampel diambil sebanyak 4 bagian mengacu pada arah mata angin, yaitu timur, barat, utara dan selatan. Pengambilan akar dilakukan pada kedalaman 15 – 20 cm dari permukaan tanah, dengan jarak 15 cm dari pangkal batang dan akar memiliki diameter sekitar 0,5 – 1,5 cm.

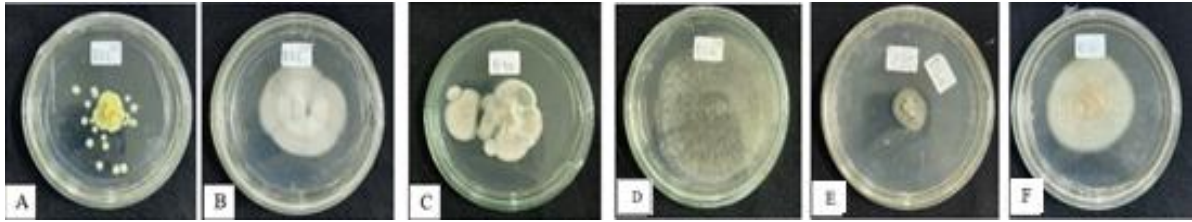
Isolasi jamur diawali dengan mencuci sampel akar menggunakan air mengalir sampai bersih. Sampel akar dipotong  $\pm 5 - 6$  cm, lalu dicuci dengan air mengalir selama 10 menit. Isolasi jamur dilaksanakan di dalam LAF. Sampel akar disterilkan dengan direndam selama 2 menit dalam alkohol 70%, dilanjutkan ke dalam *clorox* 5% selama 3 menit, kemudian direndam selama 30 detik ke dalam alkohol 70%. Terakhir direndam ke dalam aquades steril selama 3 menit, lalu dikeringkan dengan tisu steril. Sampel akar tersebut dipotong  $\pm 1$  cm dan dibelah menjadi 2 bagian, kemudian diletakkan di atas permukaan media dengan posisi potongan menghadap permukaan media. Isolat jamur diinkubasi pada suhu ruang dan diamati sampai 7 hari setelah inokulasi (hsi), lalu dilakukan pemurnian untuk memperoleh biakan murni yang diinginkan. Pemurnian dilakukan dengan mengambil miselium jamur pada bagian tepi dengan menggunakan jarum preparat steril, kemudian ditumbuhkan kembali dalam media PDA yang baru, dan diinkubasikan pada suhu ruang, diamati sampai 7 hsi.

Pengamatan makroskopis meliputi warna koloni, warna sebalik koloni, tekstur koloni, elevasi, ada tidaknya tetes eksudat, lingkaran konsentris dan garis radial serta diameter koloni pada 7 hsi. Pengamatan mikroskopis meliputi tipe hifa (berseptata atau tidak) dan bentuk spora atau konidia, dengan metode *Slide Culture*. Pembuatan *Slide Culture* diawali dengan meletakkan kapas steril yang dibasahi dengan aquades ke dalam petridish steril. Kemudian gelas objek diletakkan dalam petridish, ditopang oleh 2 tusuk gigi steril. Diambil potongan media PDA steril berbentuk persegi, dan diletakkan pada gelas objek. Isolat murni kemudian diinokulasi ke dalam PDA, lalu bagian atas ditutup dengan gelas penutup. Petridish ditutup dan dibungkus kertas payung, kemudian diinkubasi selama 3 – 7 hari. Untuk pengamatan, gelas objek steril diberi *Lactofenol Cotton Blue* sebanyak 1 – 2 tetes. Gelas penutup diambil dari hasil *Slide Culture* menggunakan pinset steril, lalu diletakkan pada gelas objek, kemudian diamati menggunakan mikroskop dan difoto. Setelah itu dapat dilakukan identifikasi isolat jamur dengan cara mengacu buku identifikasi jamur yang ditulis oleh Barnett & Hunter (1986) dan Gandjar et al., (1999). Selain itu juga mengacu pada publikasi ilmiah terkait identifikasi jamur endofit pada tanaman karet yang dilakukan oleh Amaria et al., (2013), Dawolo et al., (2017) dan Izzati et al., (2019).

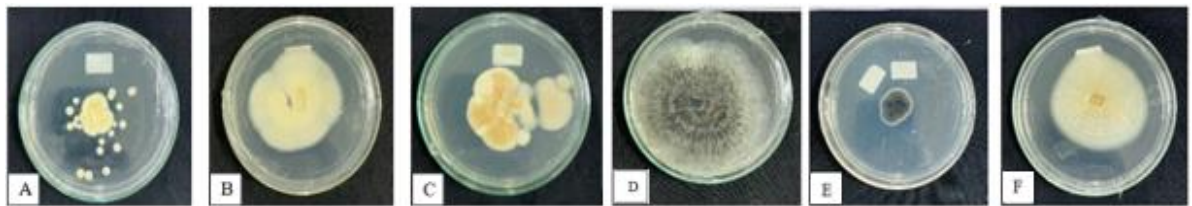
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil isolasi, diperoleh 15 isolat jamur pada akar tanaman karet. Sebanyak 6 isolat dari Blok Barat, 5 isolat dari Blok Selatan dan 4 isolat dari Blok Utara.

Karakteristik makroskopis isolat jamur dari Blok Barat dapat dilihat pada Gambar 1 dan 2.

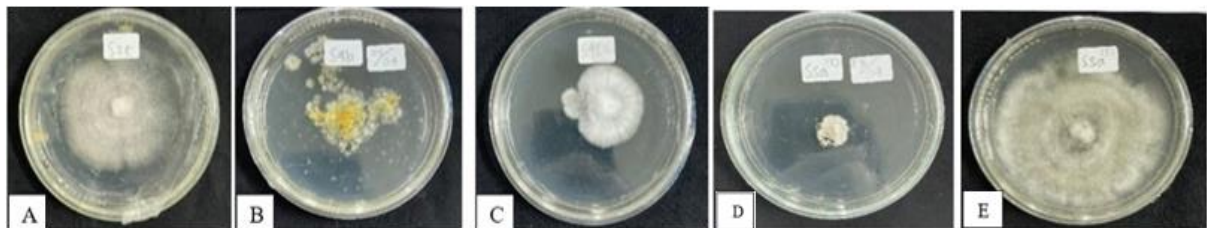


Gambar 1. Karakteristik makroskopis jamur Blok Barat dari permukaan atas  
Keterangan : (A) B1P1U3, (B) B1P1U4, (C) B1P4U5, (D) B1P5U1, (E) B1P5U2, (F) B1P5U3

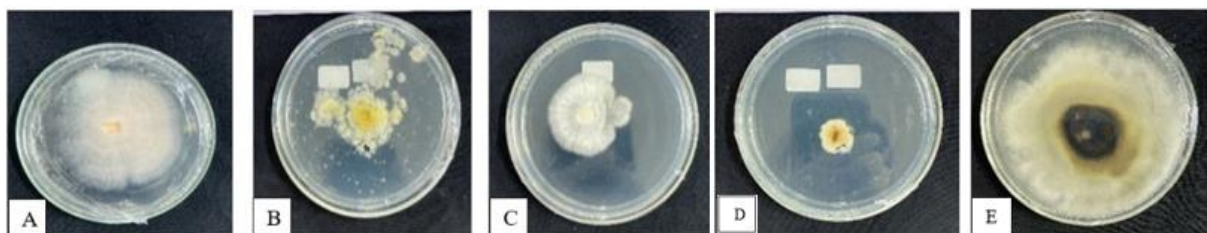


Gambar 2. Karakteristik makroskopis jamur Blok Barat dari permukaan bawah  
Keterangan : (A) B1P1U3, (B) B1P1U4, (C) B1P4U5, (D) B1P5U1, (E) B1P5U2, (F) B1P5U3

Karakteristik makroskopis isolat jamur dari Blok Selatan dapat dilihat pada Gambar 3 dan 4.

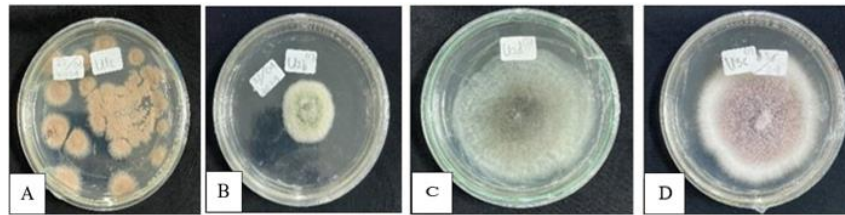


Gambar 3. Karakteristik makroskopis jamur Blok Selatan dari permukaan atas  
Keterangan : (A) B2P2U3, (B) B2P4U2, (C) B2P4U3, (D) B2P5U1, (E) B2P5U2

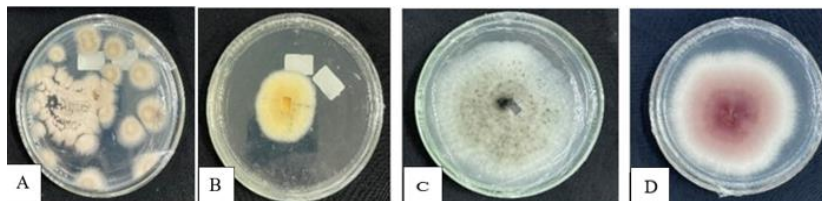


Gambar 4. Karakteristik makroskopis jamur Blok Selatan dari permukaan bawah  
Keterangan : (A) B2P2U3, (B) B2P4U2, (C) B2P4U3, (D) B2P5U1, (E) B2P5U2

Karakteristik makroskopis isolat jamur dari Blok Utara dapat dilihat pada Gambar 5 dan 6.



Gambar 5. Karakteristik makroskopis jamur Blok Utara dari permukaan atas  
Keterangan : (A) B3P1U5, (B) B3P2U2, (C) B3P2U4, (D) B3P3U3



Gambar 6. Karakteristik makroskopis jamur Blok Utara dari permukaan bawah  
Keterangan : (A) B3P1U5, (B) B3P2U2, (C) B3P2U4, (D) B3P3U3

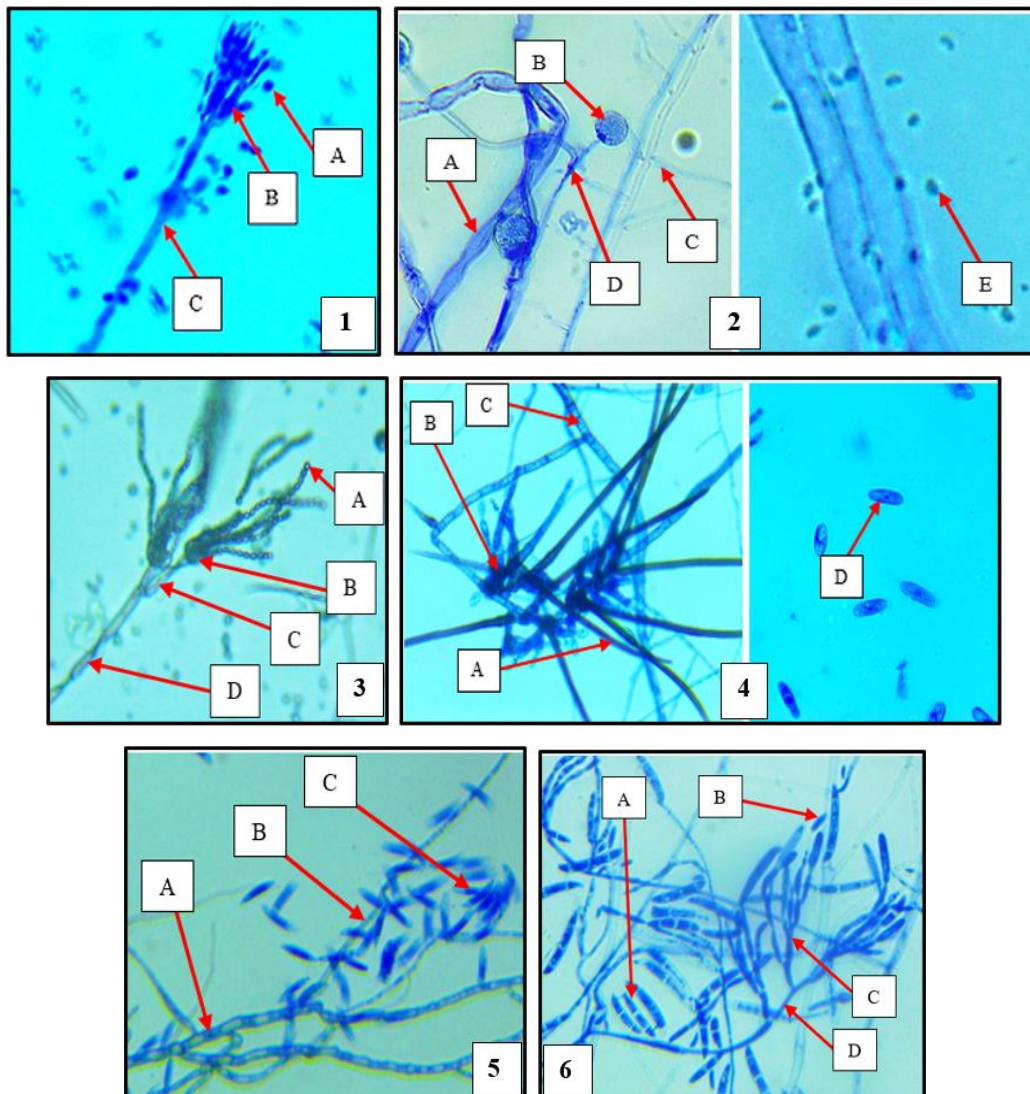
Tabel 1. Karakteristik makroskopis isolat jamur yang berasal dari akar tanaman karet

Isolat	Karakteristik Makroskopis							
	Warna Koloni	Warna Sebalik Koloni	Tekstur	Elevasi	Tetes Eksudat	Lingkar Konsentris	Garis Radial	Diameter (cm)
B1P1U3	Kuning	Putih kekuningan	<i>Velvety</i>	<i>Rugose</i>	√	-	-	2
B1P1U4	Kuning	Putih kekuningan	<i>Cottony</i>	Datar	-	√	-	4,8
B1P4U5	Putih kehijauan	Putih kekuningan	<i>Velvety</i>	<i>Rugose</i>	√	√	√	4
B1P5U1	Abu-abu	Hitam kehijauan	<i>Cottony</i>	<i>Raised</i>	-	√	-	8,1
B1P5U2	Abu-abu kehitaman	Hitam	<i>Cottony</i>	<i>Raised</i>	-	√	-	1,7
B1P5U3	Putih	Putih tulang	<i>Downy</i>	<i>Raised</i>	-	√	-	4,1
B2P2U3	Putih	Putih	<i>Cottony</i>	<i>Raised</i>	-	√	-	5,5
B2P4U2	Kuning	Kuning	<i>Waxy</i>	<i>Rugose</i>	-	-	-	2,5
B2P4U3	Putih	Putih	<i>Cottony</i>	<i>Raised</i>	-	-	-	3,1
B2P5U1	Putih	Putih kusam	<i>Cottony</i>	<i>Raised</i>	-	√	-	1,2
B2P5U2	Putih keabuan	Coklat	<i>Cottony</i>	<i>Raised</i>	-	-	-	8,9
B3P1U5	Krem keunguan	Krem pucat	<i>Powdery</i>	<i>Rugose</i>	-	-	-	1,8
B3P2U2	Putih	Putih kekuningan	<i>Cottony</i>	<i>Raised</i>	-	-	-	3,5
B3P2U4	Putih keabuan	Putih keabuan	<i>Cottony</i>	<i>Raised</i>	-	√	-	6,9
B3P3U3	Putih keunguan	Ungu	<i>Cottony</i>	<i>Raised</i>	-	√	-	6,6

Keterangan : B1 (Blok Barat), B2 (Blok Selatan), B3 (Blok Utara), P1 (Pohon 1), U1 (Ulangan 1)

Berdasarkan data dari Tabel 1, diketahui karakteristik isolat yang berbeda-beda. Tekstur koloni isolat berbeda-beda, meliputi *cottony* (menyerupai kapas), *velvety* (menyerupai beludru), *downy* (berbulu tipis), *powdery* (menyerupai tepung/bubuk), dan *waxy* (menyerupai lilin). Warna koloni dan warna sebalik koloni sangat beragam, umumnya berwarna putih pada awal pertumbuhan. Diameter koloni pada 7 HSI isolat B2P5U2 adalah yang paling besar, yaitu 8,9 cm dan yang paling kecil adalah isolat B2P5U1, yaitu 1,2 cm. Setelah isolat jamur diamati secara makroskopis, pengamatan selanjutnya dilakukan secara mikroskopis.

Karakteristik mikroskopis jamur dari Blok Barat disajikan pada Gambar 7.

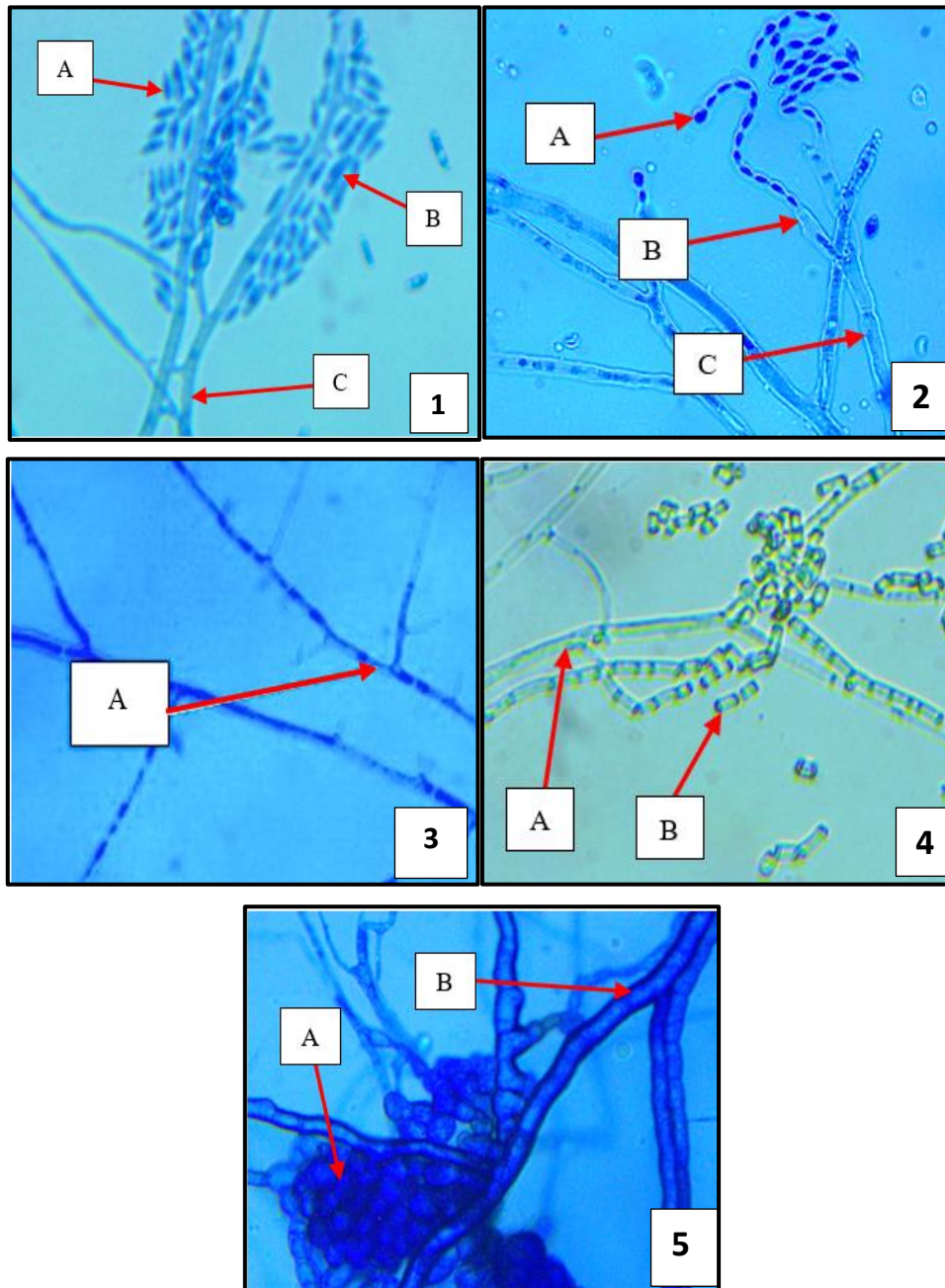


Gambar 7. Struktur mikroskopis jamur dari Blok Barat pada perbesaran 400×.

Keterangan : 1. *Penicillium* sp.1 : (A) konidia, (B) fialid, (C) konidiofor; 2. *Rhizopus* sp. : (A) hifa, (B) sporangium, (C) rhizoid, (D) sporangiofor, (E) spora; 3. *Penicillium* sp.2 : (A) konidia, (B) fialid, (C) metula, (D) konidiofor; 4. *Colletotrichum* sp.1 : (A) setae, (B) acervulus, (C) hifa, (D) konidia; 5. *Fusarium* sp.1 : (A) hifa, (B)

konidiofor, (C) konidia; 6. *Fusarium* sp.2 : (A) makrokonidia, (B) mikrokonidia, (C) filialid, (D) konidiofor.

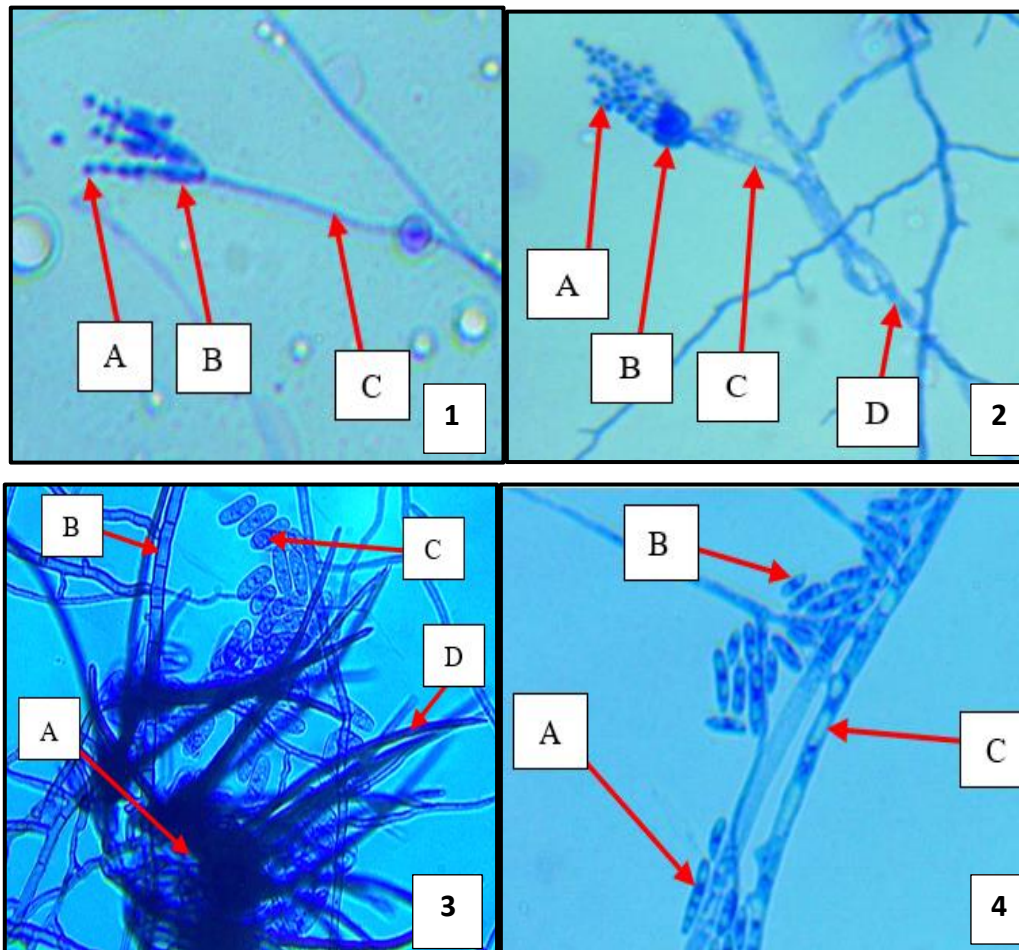
Karakteristik mikroskopis jamur dari Blok Selatan disajikan pada Gambar 8.



Gambar 8. Struktur mikroskopis jamur dari Blok Selatan pada perbesaran 400 $\times$ .

Keterangan : 1. *Fusarium* sp.3 : (A) mikrokonidia, (B) makrokonidia, (C) hifa; 2. Isolat B2P4U2 : (A) konidia, (B) konidiofor, (C) hifa; 3. *Rhizoctonia* sp. : (A) hifa; 4. *Geotrichum* sp. : (A) hifa, (B) spora; 5. Isolat B2P5U : (A) konidia, (B) hifa.

Karakteristik mikroskopis jamur dari Blok Utara disajikan pada Gambar 9.



Gambar 9. Struktur mikroskopis jamur dari Blok Utara pada perbesaran 400 $\times$ .

Keterangan : 1. *Paecilomyces* sp. : (A) konidia, (B) filid, (C) konidiofor; 2. *Penicillium* sp.3 : (A) konidia, (B) filid, (C) konidiofor, (D) hifa; 3. *Colletotrichum* sp.2 : (A) *acervulus*, (B) hifa, (C) konidia, (D) *setae*; 4. *Fusarium* sp. : (A) makrokonidia, (B) mikrokonidia, (C) hifa.

Tabel 2. Karakteristik mikroskopis isolat jamur yang berasal dari akar tanaman karet

Karakteristik Mikroskopis				
Isolat	Jenis Hifa	Bentuk Spora	Ukuran Spora ( $\mu\text{m}$ )	Dugaan Genus
B1P1U3	Bercabang dan bersekat	Bulat hingga semi bulat	2,79 – 3,23	<i>Penicillium</i> sp.1
B1P1U4	Bercabang tidak bersekat	Bulat hingga oval	1,40 – 2,19	<i>Rhizopus</i> sp.
B1P4U5	Bercabang dan bersekat	Bulat	1,86 – 2,19	<i>Penicillium</i> sp.2
B1P5U1	Bercabang dan bersekat	Oblong	19,21 – 19,93	<i>Colletotrichum</i> sp.1
B1P5U2	Bercabang dan bersekat	Lunata	10,81 – 14,38	<i>Fusarium</i> sp.1
B1P5U3	Bercabang dan bersekat	Lunata	22,92 – 26,67	<i>Fusarium</i> sp.2

B2P2U3	Bercabang dan bersekat	Reniform	6,33 – 10,06	<i>Fusarium</i> sp.3
B2P4U2	Bercabang dan bersekat	Oval	6,05 – 9,39	-
B2P4U3	Bercabang dan bersekat	-	-	<i>Rhizoctonia</i> sp.
B2P5U1	Bercabang dan bersekat	Silindris	6,48 – 8,52	<i>Geotrichum</i> sp.
B2P5U2	Bercabang dan bersekat	Oval	9,11 – 12,93	-
B3P1U5	Bercabang dan bersekat	Bulat hingga semi bulat	1,91 – 2,28	<i>Paecilomyces</i> sp.
B3P2U2	Bercabang dan bersekat	Bulat hingga oval	2,30 – 3,27	<i>Penicillium</i> sp.3
B3P2U4	Bercabang dan bersekat	Oblong	13,04 – 21,04	<i>Colletotrichum</i> sp.2
B3P3U3	Bercabang dan bersekat	Oblong	5,34 – 8,16	<i>Fusarium</i> sp.4

Keterangan : B1 (Blok Barat), B2 (Blok Selatan), B3 (Blok Utara), P1 (Pohon 1), U1 (Ulangan 1)

Tabel 2 menunjukkan bahwa pada Blok Barat didapatkan 4 genus, pada Blok Selatan 3 genus yang berhasil diidentifikasi dan 2 isolat B2P4U2 dan B2P5U2 belum berhasil teridentifikasi secara morfologi, dan pada Blok Utara diperoleh 4 genus. Hasil identifikasi jamur belum mencapai tingkat spesies karena terbatasnya waktu, pendanaan, serta fasilitas yang tersedia.

Berdasarkan hasil penelitian, didapati genus yang belum pernah dilaporkan sebagai jamur yang berasal dari akar tanaman karet. Genus tersebut meliputi *Colletotrichum* sp. dan *Geotrichum* sp. Hal ini diduga dapat terjadi karena perbedaan waktu dan tempat pengambilan sampel. Sisilia *et al.*, (2019) menjelaskan bahwa keberadaan jamur endofit dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti kelembaban tanah, suhu tanah, serta derajat keasaman lokasi. Hapsari *et al.*, (2014) menyebutkan bahwa keragaman jamur endofit dipengaruhi oleh jenis inang, lokasi, serta bagian jaringan tanaman yang diisolasi. Penggunaan pupuk dan pestisida kimia juga memicu keberadaan jamur endofit pada tanaman, karena zat kimia tersebut mempengaruhi metabolisme tanaman inang (Zhang *et al.*, 2024).

Beberapa penelitian telah menjelaskan bahwa genus jamur yang diperoleh pada penelitian ini, memiliki peran positif terhadap tanaman. Genus jamur *Colletotrichum* sp. dari tanaman kopi mampu menghambat pertumbuhan jamur *Hemileia vastatrix* yang merupakan patogen penyakit karat daun pada kopi (Poma-Angamarca *et al.*, 2024).

Genus *Fusarium* sp. sering dianggap sebagai jamur patogen. Namun tidak sedikit penelitian yang melaporkan bahwa terdapat spesies dari genus *Fusarium* sp. endofit yang mampu menghambat jamur patogen. Riset yang dilaksanakan oleh Izzati *et al.*, (2019) menunjukkan bahwa *Fusarium* sp. endofit akar karet dapat menghambat tumbuh kembangnya *Rigidoporus microporus*, patogen yang mengakibatkan penyakit jamur akar putih pada tanaman karet.

Asman *et al.*, (2018) menemukan genus *Geotrichum* sp. endofit dari tanaman kakao dapat mencegah penyakit VSD (*Vascular Streak Dieback*) berkembang dan menimbulkan gejala penyakit. Selain itu penelitian Marnita *et al.*, (2017) menemukan *Geotrichum* sp. endofit pada tanaman cabai. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa tanaman cabai yang diaplikasikan *Geotrichum* sp. pada bagian daun dapat menghasilkan produksi buah cabai yang lebih tinggi

Amaria *et al.*, (2015) menemukan Genus *Paecilomyces* sp. yang mampu menghambat pertumbuhan jamur *Rigidoporus microporus* sebesar 58,83%. Genus *Paecilomyces* sp. dapat menghasilkan metabolit sekunder dengan struktur kimia yang berbeda-beda. Hasil metabolit sekunder yang dihasilkan meliputi herbisida, insektisida, bakterisida, fungisida bahkan nematisida (Moreno-Gavira *et al.*, 2020).

Genus *Penicillium* sp. terkenal mampu melawan mikroorganisme lain dengan menghasilkan senyawa antibiotik yang dinamakan penisilin. Warna kuning hingga kuning pucat pada bawah koloni menjadi ciri khas genus ini. Izzati *et al.*, (2019) melaporkan bahwa isolat *Penicillium* sp. endofit tanaman karet dapat menghambat pertumbuhan *Rigidoporus microporus*.

Genus *Rhizopus* sp. secara mikroskopis memiliki rhizoid serta hifa tidak bersekat yang menjadi ciri khas dari genus ini. Studi Izzati *et al.*, (2019) mengungkapkan bahwa jamur endofit *Rhizopus* sp. dari tanaman karet mampu menekan pertumbuhan jamur *Rigidoporus microporus* hingga 78,89%. Nurzannah *et al.*, (2014) menambahkan bahwa isolat *Rhizopus* sp. endofit dari tanaman cabai berpotensi sebagai agens hayati untuk mengendalikan layu *Fusarium* pada cabai.

Genus *Rhizoctonia* sp. banyak dilaporkan sebagai patogen penyakit. Pada tanaman padi genus ini menyebabkan penyakit hawar pelepah. Namun, penelitian Izzati *et al.*, (2019) melaporkan bahwa jamur *Rhizoctonia* sp. endofit dari tanaman karet mampu menghambat pertumbuhan jamur *Rigidoporus microporus* sebesar 49,84%.

Amaria *et al.*, (2015) mengungkapkan mekanisme antagonis jamur endofit terhadap patogen terbagi menjadi 3 jenis, yaitu kompetisi, antibiosis dan parasitisme. Menurut Grabka *et al.*, (2022) jamur endofit preferensi inang yang spesifik, seperti jamur patogen yang menyerang spesies inang yang spesifik. Oleh karena itu, efek antagonis maupun simbiosis menguntungkan yang berpengaruh pada suatu spesies tanaman berpotensi tidak terlihat pada spesies tanaman yang lain.

## KESIMPULAN

Sebanyak 15 isolat jamur telah berhasil didapatkan dari akar tanaman karet di KP2 (SEAT) Ungaran. Tiga belas isolat berhasil teridentifikasi sebagai genus *Colletotrichum* sp. (B1P5U1 dan B3P2U4), *Fusarium* sp. (B1P5U2, B1P5U3, B2P2U3 dan B3P3U3),

*Geotrichum* sp. (B2P5U1), *Paecilomyces* sp. (B3P1U5), *Penicillium* sp. (B1P1U3, B1P4U5, dan B3P2U2), *Rhizoctonia* sp. (B2P4U3), *Rhizopus* sp. (B1P1U4), dan 2 isolat belum diketahui (B2P4U2 dan B2P5U2).

#### DAFTAR PUSTAKA

- Amaria, W., Harni, R., & Samsudin. (2015). Evaluation Of Antagonistic Fungi In Inhibiting The Growth Of *Rigidoporus microporus* Causing White Root Disease In Rubber Plants. *Journal of Industrial and Beverage Crops*, 2(1), 51–60.
- Araújo, K. S., Brito, V. N., Veloso, T. G. R., Leite, T. S. De, & Alves, J. L. (2020). Diversity and distribution of endophytic fungi in different tissues of *Hevea brasiliensis* native to the Brazilian Amazon forest. *Mycological Progress*, 19, 1057–1068.
- Asman, A., Amin, N., Rosmana, A., & Abdullah, T. (2018). Endophytic fungi associated with cacao branch and their potential for biocontrol vascular streak dieback disease on cacao seedling. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 157(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/157/1/012039>
- Firdaus, M., Syamsafitri, & Rahayu, M. S. (2020). Uji Efektivitas Jamur Endofit Tanaman Karet Asal Kebun Bandar Betsy sebagai Agens Hayati Penyakit Gugur Daun (*Colletotrichum gloeosporoides*) pada Tanaman Karet (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.). *Jurnal Ilmu Pertanian*, 8(1), 41–48.
- Grabka, R., D'entremont, T. W., Adams, S. J., Walker, A. K., Tanney, J. B., Abbasi, P. A., & Ali, S. (2022). Fungal Endophytes and Their Role in Agricultural Plant Protection against Pests and Pathogens. *Plants*, 11(3), 1–29. <https://doi.org/10.3390/plants11030384>
- Hapsari, R. Q., Djauhari, S., & Sulistyowati, L. (2014). Keanekaragaman Jamur Endofit Akar Kangkung Darat (*Ipomoea reptans* Poir.) pada Lahan Pertanian Organik dan Konvensional. *Jurnal Hama Dan Penyakit Tanaman*, 2(1), 1–10.
- Izzati, I., Lubis, L., & Hasannudin. (2019). Eksplorasi Cendawan Endofit pada Akar Tanaman Karet (*Hevea brasiliensis* Muell.Arg.) sebagai Agens Hayati Jamur Akar Putih (*Rigidoporus microporus* (Swartz; Fr)) di Kabupaten Asahan. *Jurnal Agroteknologi FP USU*, 7(2), 347–355.
- Marnita, Y., Lisnawati, & Hasanuddin. (2017). Potensi Jamur Endofit terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Cabai (*Capsicum annum*). *Jurnal Pertanian Tropik*, 4(2), 171–182.
- Maxwell, T., Blair, R. G., Wang, Y., Kettring, A. H., Moore, S. D., Rex, M., & Harper, J. K. (2018). A solvent-free approach for converting cellulose waste into volatile organic compounds with endophytic fungi. *Journal of Fungi*, 4(3). <https://doi.org/10.3390/jof4030102>
- Moreno-Gavira, A., Huertas, V., Diánez, F., Santos, M., & Sánchez-Montesinos, B. (2020). *Paecilomyces* and its importance in the biological control of agricultural pests and diseases. *Plants*, 9(12), 1–28. <https://doi.org/10.3390/plants9121746>
- Musdalifah, N., Mukrimin, M., Paembonan, S. A., Sultan, S., & Hasanuddin, H. (2025). Fungal Community Inhabiting *Hevea brasiliensis* Organs and Soil. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1471(012048), 1–13. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1471/1/012048>
- Nurzannah, S. E., Linsawati, & Bakti, D. (2014). Potensi Jamur Endofit Asal Cabai Sebagai Agens Hayati Untuk Mengendalikan Layu *Fusarium* (*Fusarium oxysporum*) Pada Cabai Dan Interaksinya. *Jurnal Online Agroekoteknologi*, 2(3), 1230–1238.
- Poma-Angamarca, R. A., Rojas, J. R., Sánchez-Rodríguez, A., & Ruiz-González, M. X. (2024). Diversity of Leaf Fungal Endophytes from Two *Coffea arabica* Varieties and Antagonism towards Coffee Leaf Rust. *Plants*, 13(6), 1–14. <https://doi.org/10.3390/plants13060814>
- Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian. (2021). *Analisis Kinerja Perdagangan Karet*.

- Setyaningrum, T., & Ratih, Y. W. (2016). Karakterisasi Isolat Jamur Endofit *Penicillium* sp. dan *Trichoderma* sp. Sebagai Plant Growth Promoting Fungi (PGPF). *J. Tanah Dan Air*, 13(2), 115–120.
- Sisilia, H., Rahmawati, & Mukarlina. (2019). Jenis-Jenis Jamur Rizosfer dan Jamur Busuk Batang Karet dari Perkebunan Karet (*Hevea Brasiliensis* Muell Arg.) di Desa Tajok Kayong. *Jurnal Protobiont*, 8(2), 24–29. <https://doi.org/10.26418/protobiont.v8i2.32478>
- Sulistiani, H., Darwanto, I., & Ahmad, I. (2020). Penerapan Metode Case Based Reasoning dan K-Nearest Neighbor untuk Diagnosa Penyakit dan Hama pada Tanaman Karet. *Jurnal Edukasi Dan Penelitian Informatika (JEPIN)*, 6(1), 23–28. <https://doi.org/https://doi.org/10.26418/jp.v6i1.37256>
- Tirtana, Z. Y. G., Liliek, S., & Abdul, C. (2013). No Eksplorasi Jamur Endofit pada Tanaman Kentang (*Solanum tuberosum* L) serta Potensi Antagonismenya terhadap *Phytophthora infestans* (Mont.) De Barry Penyebab Penyakit Hawar Daun secara In Vitro. *Jurnal Hama Penyakit Tumbuhan*, 1(3), 2338–4336.
- Widyati, E. (2017). Memahami Komunikasi Tumbuhan-Tanah dalam Areal Rhizosfir untuk Optimasi Pengelolaan Lahan. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 11(1), 33–42. <https://doi.org/10.21082/jsdl.v11n1.2017.33-42>
- Zhang, B., Lv, F., & Yang, J. (2024). Pesticides Toxicity, Removal and Detoxification in Plants: A Review. *Agronomy*, 14(6), 1260. <https://doi.org/10.3390/agronomy14061260>