

This file has been cleaned of potential threats.

If you confirm that the file is coming from a trusted source, you can send the following SHA-256 hash value to your admin for the original file.

eaacf5207d483a752d2faa148a76f129577e8f348e9984a5c2820f358f1ea933

To view the reconstructed contents, please SCROLL DOWN to next page.

KERAGAMAN DAN POTENSI JAMUR EKTOMIKORIZA DI KAWASAN HUTAN PENELITIAN HAURBENTES, JAWA BARAT

The Diversity and Potency of Ectomycorrhiza Fungi at Haurbentes Research Forest, West Java

Oleh:

Ivan Permana Putra¹ dan Oktan Dwi Nurhayat²

¹Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor, Gedung Biologi, Jalan Agatis Kampus IPB Dramaga, Bogor.

²Pusat Riset Mikrobiologi Terapan, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN), Indonesia, Jalan Raya Jakarta-Bogor No.KM. 46, Cibinong, Bogor.

ivanpermanaputra@apps.ipb.ac.id

Diterima 07-10-2021, direvisi 14-04-2022, disetujui 22-06-2022

ABSTRAK

Jamur pembentuk ektomikoriza (JPE) merupakan salah satu organisme yang memiliki peran penting pada habitat terestrial. Sebagian besar dari jamur tersebut bersimbiosis dengan dengan tanaman kehutanan dan merupakan salah satu indikator kesehatan hutan. Informasi mengenai keragaman JPE di Indonesia masih terbatas dan sebagian besar tidak memiliki pertelaan tubuh buah. Penelitian ini bertujuan untuk menginventarisasi keragaman JPE di Kawasan Hutan Penelitian Haurbentes (Jawa Barat) serta menyediakan deskripsi basidiomatanya. Eksplorasi JPE dilakukan dengan metode sampling oportunistik. Hasil identifikasi menunjukkan terdapat sebanyak 11 spesies JPE yang terdiri atas 3 ordo dan 6 family. Jenis JPE tersebut adalah : *Cortinarius* sp., *Laccaria* cf. *vinaceoavellanea*, *Inocybe* sp., *Scleroderma* sp., *Boletus* sp., *Phylloporus* sp., *Pulveroboletus* sp., *Lactarius* cf. *javanicus*, *Lactarius* cf. *corrugatus*, *Russula* cf. *cyanoxantha* dan *Russula* cf. *sororia*. Beberapa jamur diketahui memiliki potensi sebagai bahan pangan (*Scleroderma* sp., *Boletus* sp., *Phylloporus* sp., *Lactarius* spp., dan *Russula* spp.), mikoremediator (*Laccaria* cf. *vinaceoavellanea*), dan antikanker (*Pulveroboletus* sp.). Hasil penelitian ini menambah informasi mengenai keragaman JPE di Indonesia. Upaya monitoring berkala terhadap jamur dan tumbuhan di area tersebut diperlukan untuk menjaga kesinambungan simbiosis yang terbentuk.

Kata kunci: Diversitas, Indonesia, Makrofungi, Simbiosis, Tumbuhan.

ABSTRACT

The ectomycorrhizal-forming fungi (JPE) is one of the organisms which has an important role in terrestrial habitats. Most of these fungi are in the symbiosis with forestry plants and are an indicator of forest health. Information on the diversity of JPE in Indonesia is still limited and most of them do not have a description of the fruiting body. This study aimed to inventory the diversity of JPE in the Haurbentes Research Forest Area (West Java) and provide the description of its basidiomata. JPE exploration was carried out using the opportunistic sampling method. The identification results showed that there were 11 species of JPE consisting of 3 orders and 6 families. The species of JPE are: Cortinarius sp., Laccaria cf. vinaceoavellanea, Inocybe sp., Scleroderma sp., Boletus sp., Phylloporus sp., Pulveroboletus sp., Lactarius cf. javanicus, Lactarius cf. corrugatus, Russula cf. cyanoxantha and Russula cf. sororia. Some of the JPE have the potential as food source (Scleroderma sp., Boletus sp., Phylloporus sp., Lactarius spp., and Russula spp.), mycoremediation agent (Laccaria cf. vinaceoavellanea), and anticancer (Pulveroboletus sp.). The results of this study contribute to the additional information about the diversity of JPE in Indonesia. Periodic monitoring efforts of fungi and plants in this area are needed to maintain the sustainability of the symbiosis.

Keywords: Diversity, Indonesia, Macrofungi, Symbiosis, Plant

I. PENDAHULUAN

Fungi merupakan organisme yang memiliki keragaman yang tinggi dan masih sedikit diketahui identitas taksonominya (Wu *et al.*, 2019; Hyde *et al.*, 2020). Jumlah spesies

fungi berdasarkan laporan dari ‘State of world’s fungi report 2018’ diketahui sebanyak 2,2-3,8 juta jenis (Willis, 2018). Salah satu dari kelompok fungi tersebut adalah jamur pembentuk ektomikoriza (JPE) yang memiliki

peran krusial dalam ekosistem hutan. Fungi menyusun hingga 40% dari total biomassa mikroba pada ekosistem hutan dan memfasilitasi interaksi antara faktor biotik dan abiotik (Clemmensen *et al.*, 2013; Itoo & Reshi, 2013; Policelli *et al.*, 2020). Rinaldi *et al.* (2008) mengestimasi terdapat sebanyak 20.000-25.000 jenis JPE yang ada di seluruh dunia. Kelompok ini tersebar pada beberapa filum, mulai dari Zygomycota, Ascomycota, dan Basidiomycota. Jamur pembentuk ektomikoriza terdistribusi mulai dari daerah subtropis sampai tropis (Distayat *et al.*, 2016; Corrales *et al.*, 2018; Rosinger *et al.*, 2018).

Keragaman fungi (termasuk JPE), persebaran, dan spesifikasi substratnya merupakan hal yang perlu diperhatikan dalam manajemen dan konservasi hutan (Goldman *et al.*, 2015; Teke *et al.*, 2019). Jamur pembentuk ektomikoriza memiliki peranan penting dalam siklus nutrisi, pertumbuhan, dan perkembangan dari bibit (*seedling*) berbagai tanaman kehutanan (Tapwal *et al.*, 2013). Selain itu, jamur telah lama diketahui sebagai bioindikator penting dari kestabilan ekotrofik yang menentukan kondisi kesehatan hutan (Filialuna & Cripps, 2021). Meskipun memiliki kawasan hutan hujan tropis yang berlimpah, informasi yang komprehensif mengenai keragaman JPE di Indonesia masih sangat terbatas. Laporan mengenai keragaman JPE dari kawasan hutan telah dilaporkan oleh sedikit peneliti sebelumnya (Karmilasanti & Maharani, 2016; Kasongat *et al.*, 2019; Putra, 2020a; Irpan & Prasaja, 2021). Namun sebagian besar dari laporan tersebut tidak dilengkapi dengan deskripsi jamur, dokumentasi tubuh buah, dan beberapa identitas taksonominya masih perlu divalidasi.

Penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa JPE merupakan organisme kosmopolitan yang memiliki relung ekologi luas mulai dari hutan wisata (Putra *et al.*, 2018) hingga hutan alami (Putra *et al.*, 2019). Hal ini menunjukkan bahwa upaya inventarisasi JPE masih perlu dilakukan secara

lebih baik di berbagai lokasi di Indonesia. Salah satu lokasi yang belum memiliki catatan JPE yang baik adalah Kawasan Hutan Penelitian Haurbentes yang terletak di Provinsi Jawa Barat (Nurhayat & Putra, 2022). Lokasi ini secara geografis berada pada ± 250 meter di atas permukaan laut (dpl) dan memiliki curah hujan rata-rata 4267 mm/tahun (Pamoengkas & Erizilina, 2019). Hutan Penelitian Haurbentes menyimpan sebanyak 66 jenis tumbuh-tumbuhan yang tersusun atas 22 jenis rotan dan 44 jenis pohon (Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan, 2010). Kelompok pohon yang mendominasi kawasan ini adalah Dipterocarpaceae. Penelitian ini bertujuan untuk menginventarisasi keragaman JPE di Kawasan Hutan Penelitian Haurbentes (Jawa Barat) serta menyediakan deskripsi basidiomatanya.

II. METODE

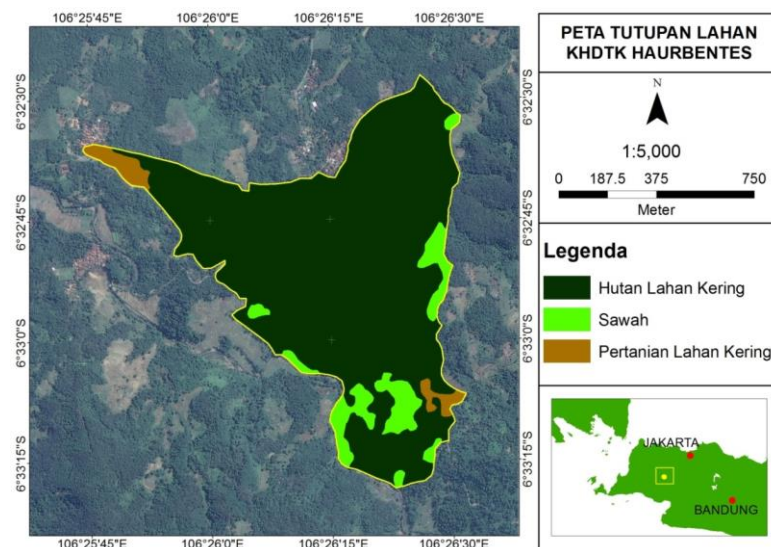
Eksplorasi dilakukan pada tahun 2014 hingga 2015 di Kawasan Hutan Penelitian Haurbentes (-6.543253256598271, 106.43808717863443), Jasinga, Bogor, Jawa Barat, Indonesia (Gambar 1). Suhu udara berkisar antara 25°C-26°C. Eksplorasi jamur dilakukan dengan *opportunistic sampling method* mengikuti penjelasan O'Dell *et al.* (2004). Eksplorasi jamur dilakukan dengan mengoleksi tubuh buah jamur yang terlihat di sepanjang area eksplorasi dan tidak menggunakan transek. Deskripsi jamur dilakukan dengan menggunakan karakter makroskopik berdasarkan Largent (1977) dan Putra (2021). Parameter identifikasi makroskopik meliputi cara tumbuh, bentuk tubuh buah, warna tudung (*cap*), bentuk atas *cap*, permukaan *cap*, tepian *cap*, *margin cap*, tingkat kebasahan, dan tipe *himenofor* (lamela, pori, gigi). Karakter lain yang diobservasi adalah bentuk tangkai (*stipe*), warna *stipe*, permukaan *stipe*, posisi penempelan pada *cap*, tipe penempelan *stipe* pada substrat, tudung parsial (*partial veil*) dan *universal veil* (tudung universal), dan tekstur tubuh buah.

Basidiomata kemudian didokumentasikan dengan lengkap dan dilakukan validasi deskripsi informasi yang diperoleh. Pertelaan yang diperoleh kemudian dijadikan dasar identifikasi hingga ke level genus atau spesies (jika memungkinkan). Identifikasi jamur hingga genus dilakukan dengan menggunakan karakter makroskopik dengan bantuan *loupe* dan mikroskop stereo. Genus yang diperoleh kemudian divalidasi mendekati spesies terdekat secara taksonomi (*confer/cf*) dengan menggunakan berbagai referensi utama jamur-jamur asal Indonesia asal Indonesia (Verbeken *et al.* 2001), dan juga rujukan terkait lainnya, diantaranya Kuo (2007), Rokuya *et al.* (2011), dan Desjardin *et al.* (2015). Posisi taksonomi dan nama terbaru dari jamur yang ditemukan mengikuti ketentuan

dari *indexfungorum*.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebanyak 11 spesies jamur pembentuk ektomikoriza berhasil dideskripsikan dan diidentifikasi pada penelitian ini. Jamur yang dipertelakan terdiri atas 3 ordo dan 6 famili (Tabel 1). Seluruh jamur tersebut merupakan filum Basidiomycota. Hasil identifikasi mengkonfirmasi keberadaan 11 Basidiomycota diantaranya: *Cortinarius* sp., *Laccaria* cf. *vinaceoavellanea*, *Inocybe* sp., *Scleroderma* sp., *Boletus* sp., *Phylloporus* sp., *Pulveroboletus* sp., *Lactarius* cf. *javanicus*, *Lactarius* cf. *corrugatus*, *Russula* cf. *cyanoxantha* dan *Russula* cf. *sororia*.



Sumber gambar : <http://puslitbanghut.or.id/index.php/page/khdtk-haurbentes>

Gambar 1. Lokasi eksplorasi JPE pada penelitian ini.
Figure 1. Exploration site of JPE in this study.

Tabel 1. Posisi taksonomi JPE asal Haurbentes

Table 1. Taxonomical position of JPE from Haurbentes

Filum	Kelas	Ordo	Famili	Spesies
Basidiomycota	Agaricomycetes	Agaricales	Cortinariaceae	<i>Cortinarius</i> sp.
			Hydnangiaceae	<i>Laccaria</i> cf. <i>vinaceoavellanea</i>
			Inocybaceae	<i>Inocybe</i> sp.
		Boletales	Lycoperdaceae	<i>Lycoperdon</i> cf. <i>caudatum</i>
			Boletaceae	<i>Boletus</i> sp.
				<i>Phylloporus</i> sp.
			<i>Pulveroboletus</i> sp.	

Russulales	Russulaceae	<i>Lactarius cf. javanicus</i> <i>Lactarius cf. corrugatus</i> <i>Russula cf. cyanoxantha</i> <i>Russula cf. sororia</i>
------------	-------------	---

Masing-masing jamur memiliki karakteristik yang berbeda-beda. Berikut merupakan jamur yang diidentifikasi, karakter makroskopis, dan potensi pemanfaatannya.

Cortinarius sp.

Jamur yang ditemukan tumbuh soliter di tanah (Gambar 2.A). Jamur ini memiliki bentuk tubuh buah berupa tudung (*cap*) berlamela dan bertangkai (*stipe*). Tudung berwarna coklat gelap (gambar 2.A) dengan bagian atas berbentuk *convex* saat muda (Gambar 2.A) dan datar (*flat*) saat dewasa (Gambar 2.C) dan bentuk bagian bawah bundar (*ovoid*) (Gambar 2.B). Permukaan tudung halus dengan tepian dan margin tudung rata. Jamur ini memiliki tipe himenofor berupa lamela (Gambar 2.B;D), menempel pada jarak yang lebar (*adnate*) pada stipe. *Stipe* berbentuk silinder dan mengecil pada bagian basalnya (Gambar 2.C) dan silinder dengan bagian bawah membesar saat tua (Gambar 2.B). Tangkai berwarna coklat gelap, tanpa cincin, permukaan dengan benang halus, menempel ke tudung pada posisi *central*, tipe penempelan pada substrat berupa *basal tomentum*, dan tidak berongga (*solid*).



Gambar 2. Karakteristik makroskopis *Cortinarius* sp.
Figure 2. Macroscopic characteristics of *Cortinarius* sp.

Cortinarius merupakan JPE yang memiliki banyak spesies dan tersebar di seluruh bagian dunia (Harrower *et al.*, 2015; Niskanen *et al.*, 2016). Hingga saat ini tercatat sebanyak 5639 spesies dan varietas dari *Cortinarius* berdasarkan data dari *indexfungorum*. Beberapa spesies *Cortinarius* merupakan jamur yang dapat dimakan dan diperjualbelikan di wilayah tropis Amerika Tengah dan Selatan (Ponce *et al.* 2019; Salomón *et al.* 2021). Namun sebagian besar dari jenis *Cortinarius* juga diketahui merupakan jamur beracun (Lima *et al.* 2012). Di Indonesia sendiri, informasi mengenai keberadaan JPE ini telah dilaporkan dari Hutan Arboretum Inamberi Papua dan Hutan Kampus Institut Pertanian Bogor (Khayati & Warsito, 2018; Putra, 2020b). Analisis lebih lanjut mengenai potensi pemanfaatan dan kandungan racun dari jamur ini di Indonesia belum ditemukan.

Laccaria cf. vinaceoavellanea

Jamur ini memiliki bentuk tubuh buah berupa tudung (*cap*) berlamela dan bertangkai (*stipe*) (Gambar 3.A). Tudung berwarna coklat terang dengan bagian atas berbentuk *convex* dan bentuk bagian bawah bundar (*ovoid*). Permukaan tudung halus dengan guratan radial berupa kerutan pada seluruh bagiannya. Bagian tengah tudung menurun (Gambar 3.B) dengan tepian dan margin tudung rata. Jamur ini memiliki tipe himenofor berupa lamella (Gambar 3.A) dengan tipe penempelan menurun (*decurrent*) dengan jarak yang sempit pada tangkai. Bilah tebal, lebar, dan memiliki jarak yang renggang antara satu dengan lainnya. *Stipe* berbentuk silinder dengan ukuran yang sama hingga bagian basalnya (Gambar 3.C). Tangkai berwarna coklat gelap, tanpa cincin, permukaan dengan benang halus, menempel ke

tudung pada posisi *central*, tipe penempelan pada substrat berupa *basal tomentum*, dan tidak berongga (*solid*).

Hingga saat ini posisi taksonomi dari *Laccaria* masih dinamis dan beberapa revisi terus dilakukan (Cho *et al.*, 2018). *Laccaria vinaceoavellanea* merupakan spesies JPE yang sebelumnya dilaporkan tersebar pada 3 negara yakni Jepang, Laos, dan Malaysia dengan 225 catatan keberadaan (GBIF, 2021). Sebelumnya, jamur ini sebenarnya telah dilaporkan menjadi salah satu JPE yang berkontribusi dalam perbaikan lahan hutan setelah terbakar di Kalimantan Timur (Akema *et al.*, 2009). Zhang *et al.* (2014) melaporkan bahwa spesies ini memiliki potensi yang baik sebagai agen mikoredisasi karena mampu untuk mengakumulasi berbagai bahan berbahaya pada lingkungan tercemar.

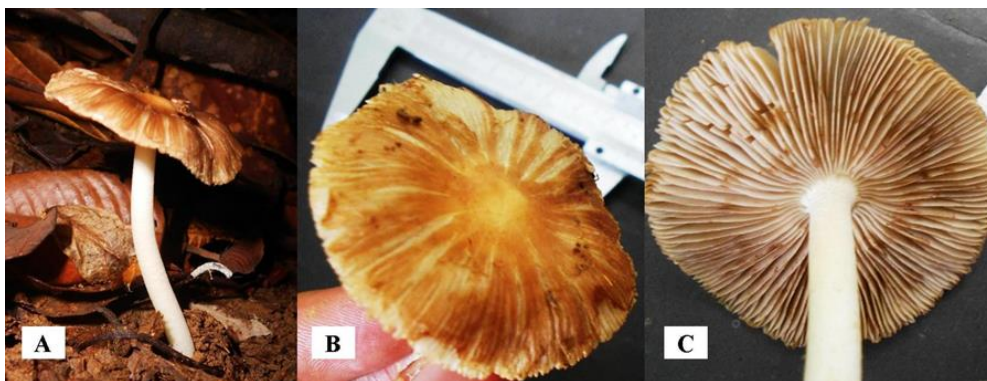


Gambar 3. Karakteristik makroskopis *Laccaria* cf. *vinaceoavellanea*
Figure 3. Macroscopic characteristics of *Laccaria* cf. *vinaceoavellanea*

Inocybe sp.

Jamur yang ditemukan tumbuh soliter di tanah (Gambar 4.A). Jamur ini memiliki bentuk tubuh buah berupa tudung (*cap*) berlamelata dan bertangkai (*stipe*). Tudung berwarna coklat terang dengan bagian atas berbentuk hampir rata dan bentuk bagian bawah bundar (*ovoid*). Permukaan tudung halus dengan guratan radial berupa ulir benang halus pada seluruh bagiannya. Bagian tengah tudung dengan *umbo* (Gambar 4.B) dengan tepian dan margin tudung rata. Jamur ini memiliki tipe himenofor berupa lamela (Gambar 4.C) dengan tipe penempelan *adnate* hingga bebas. *Stipe* berbentuk silinder dengan ukuran yang sama hingga bagian basalnya. Tangkai berwarna putih hingga krem, tanpa cincin, permukaan halus, menempel ke tudung pada posisi *central*, tipe penempelan pada substrat berupa *basal tomentum*, dan tidak berongga (*solid*).

Inocybe merupakan JPE yang masih sedikit dilaporkan dari Indonesia. Laporan terbaru menyebutkan bahwa jamur ini menyebabkan keracunan pada orang yang mengkonsumsinya di Indonesia (Putra, 2020c). Hal ini dikarenakan karakter morfologinya yang mirip dengan jamur barat (*Termitomyces*) yang umum dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia. Karena jumlah spesiesnya yang banyak, deskripsi spesies baru dari *Inocybe* masih terus dilakukan dengan giat (Mešić *et al.* 2021), termasuk di kawasan hutan tropis Indonesia.



Gambar 4. Karakteristik makroskopis *Inocybe* sp.
Figure 4. Macroscopic characteristics of *Inocybe* sp.

***Scleroderma* sp.**

Jamur yang ditemukan tumbuh soliter atau berkelompok dalam jumlah terbatas (Gambar 5.A). Jamur ini memiliki bentuk tubuh buah bundar (*puffball*) dengan tangkai semu (Gambar 5.B). Tubuh buah berwarna abu-abu kehijauan saat muda (Gambar 5.A) dan menjadi coklat saat tua (Gambar 5.B). Permukaan tubuh buah halus dengan lekukan pada salah satu bagiannya. Jamur ini memiliki tipe himenofor berupa gleba yang selalu tertutup sepanjang waktu. Tangkai semu berbentuk persegi panjang dengan ukuran yang sama hingga bagian basalnya. Tangkai semu berwarna krem, permukaan dengan sisaan perkembangan parsial, menempel ke tubuh buah pada posisi *central*, tipe penempelan pada substrat berupa *rhizomorph*, dan tidak berongga (*solid*).

Scleroderma merupakan JPE yang merupakan kelompok *puffball* karena bentuknya yang bulat/bulat tidak sempurna (Kuo, 2007). Jamur ini memiliki persebaran yang luas dan kisaran inang yang beragam (Mrak *et al.*, 2016). Jamur ini telah beberapa kali dilaporkan dan memiliki persebaran yang luas mulai dari bagian barat hingga timur Indonesia (Susan & Retnowati, 2017; Annisa *et al.*, 2017; Rifai, 2017). Berbagai masyarakat lokal di Inonesia diketahui telah mengkonsumsi jamur ini sejak lama. Putra (2020d), melaporkan bahwa hanya fase muda jamur ini yang bisa dimakan untuk menghindari kasus keracunan yang beberapa kali terjadi di Indonesia.

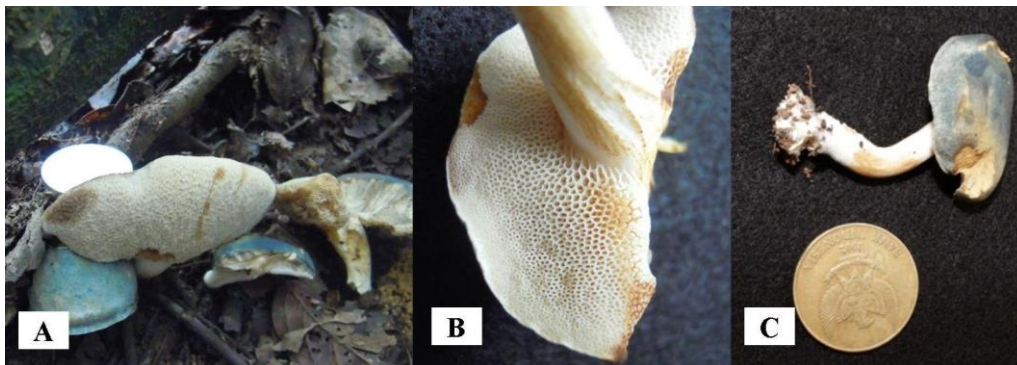
***Boletus* sp.**

Jamur yang ditemukan tumbuh soliter ataupun berkelompok dalam jumlah terbatas (Gambar 6.A). Jamur ini memiliki bentuk tubuh buah berupa tudung (*cap*), berpori, dan bertangkai (*stipe*). Tudung berwarna coklat kekuningan yang ditutupi oleh warna abu kehijauan. Tudung bagian atas berbentuk hampir rata dengan sedikit lekukan dan bentuk bagian bawah bundar (*ovoid*). Permukaan tudung halus dengan tepian dan margin tudung rata. Jamur ini memiliki tipe himenofor berupa pori (Gambar 6.B) dengan tipe penempelan *adnates*. *Stipe* berbentuk silinder dengan ukuran yang sedikit melebar pada bagian basalnya (Gambar 6.C). Tangkai berwarna putih krem kekuningan, tanpa cincin, permukaan halus, menempel ke tudung pada posisi *central*, tipe penempelan pada substrat berupa *basal tomentum*, dan tidak berongga (*solid*).

Boletus merupakan JPE yang umum bersimbiosis dengan berbagai tanaman kehutanan dan banyak dikonsumsi oleh masyarakat di seluruh dunia (Boa, 2004; Li *et al.*, 2021) sehingga upaya kultivasi masih terus dilakukan. Genus ini memiliki kemiripan dengan *Suillus* namun dibedakan dengan bagian atas tudungnya yang tidak mengeluarkan eksudat (Desjardin *et al.*, 2015). Selain itu, genus ini berkerabat dekat dengan jamur pelawan (*Heimioporus* sp.) yang merupakan jamur bernilai ekonomi tinggi di Indonesia (Putra, 2020a). Hingga saat ini tercatat sebanyak 2481 spesies dan varietas dari *Boletus* berdasarkan data dari *indexfungorum*. Kajian terbaru mengenai informasi persebaran dan taksonomi dari *Boletus* masih sangat sulit ditemukan untuk wilayah Indonesia.



Gambar 5. Karakteristik makroskopis *Scleroderma* sp.
Figure 5. Macroscopic characteristics of *Scleroderma* sp.



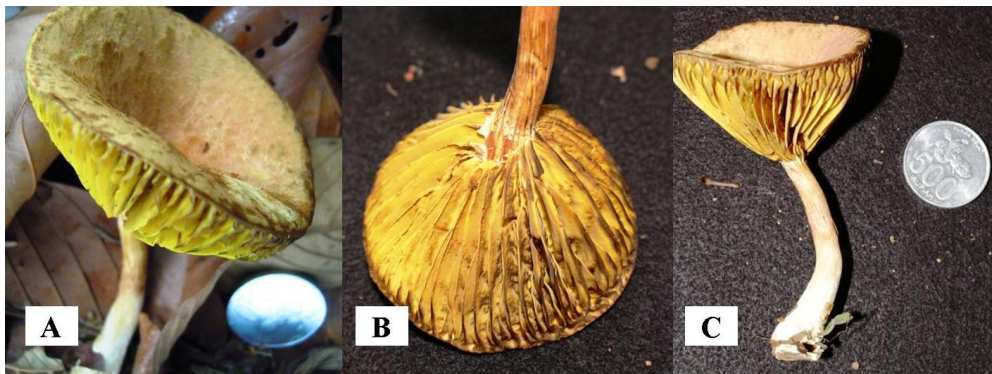
Gambar 6. Karakteristik makroskopis *Boletus* sp.
Figure 6. Macroscopic characteristics of *Boletus* sp.

Phylloporus sp.

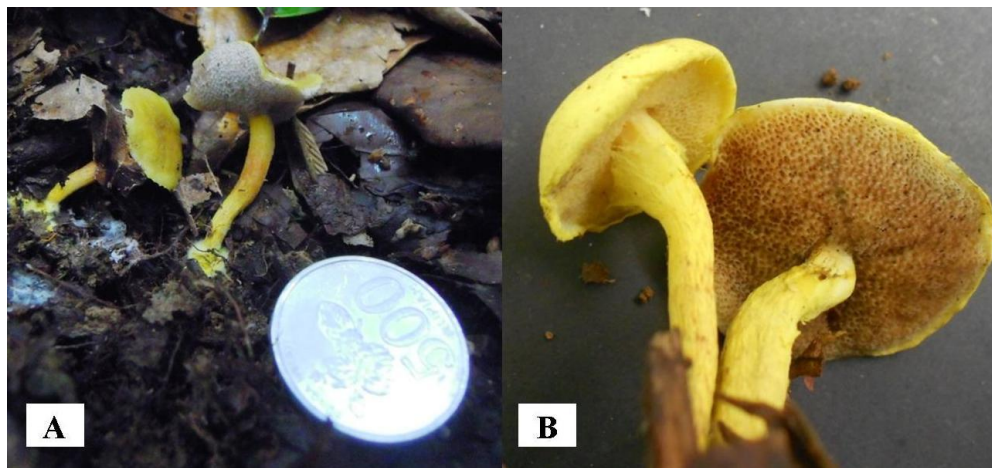
Jamur yang ditemukan tumbuh soliter pada tanah yang bercampur serasah pada lantai hutan (Gambar 7.A). Jamur ini memiliki bentuk tubuh buah berupa tudung (*cap*), berpori, dan bertangkai (*stipe*). Tudung berwarna coklat kekuningan, bagian atas berbentuk hampir rata dengan sedikit lekukan, dan menunjukkan ciri dari kelompok Boletales, namun berbeda pada bentuk himenofornya. Permukaan tudung sedikit kasar dengan tepian dan margin tudung rata. Jamur ini memiliki tipe himenofor berupa lamela (Gambar 7.B) dengan tipe penempelan *adnate*. *Stipe* berbentuk silinder dengan ukuran yang sama hingga ke bagian basalnya (Gambar 7.C). Tangkai berwarna coklat kekuningan, tanpa cincin, permukaan sedikit bertepung,

menempel ke tudung pada posisi *central*, tipe penempelan pada substrat berupa *basal tomentum*, dan tidak berongga (*solid*).

Phylloporus merupakan kelompok jamur boletoid yang unik karena memiliki himenofor berupa lamela (Neves *et al.*, 2012). Genus ini merupakan JPE yang banyak dijumpai di hutan karena memiliki kisaran inang yang luas seperti Fabaceae, Dipterocarpaceae, Fagaceae, Myrtaceae, dan Pinaceae (Neves *et al.*, 2012; Noor & Saridan, 2013). Hingga saat ini, hanya terdapat 2 spesies dari *Phylloporus* di Indonesia, yakni *P. pumilus* dan *P. bogoriensis* (Neves *et al.*, 2012; Montoya *et al.*, 2019). Masyarakat lokal di Propinsi Bangka Belitung memanfaatkan jamur ini sebagai bahan pangan (Putra, 2020a).



Gambar 7. Karakteristik makroskopis *Phylloporus* sp.
Figure 7. Macroscopic characteristics of *Phylloporus* sp.



Gambar 8. Karakteristik makroskopis *Pulveroboletus* sp.
Figure 8. Macroscopic characteristics of *Pulveroboletus* sp.

***Pulveroboletus* sp.**

Jamur yang ditemukan tumbuh soliter atau berkelompok dalam jumlah terbatas (Gambar 8.A). Jamur ini memiliki bentuk tubuh buah berupa tudung (*cap*), berpori, dan bertangkai (*stipe*). Tudung berwarna kuning cerah, bagian atas berbentuk *convex* hingga rata dengan sedikit lekukan. Permukaan tudung halus dengan tepian dan margin tudung rata. Jamur ini memiliki tipe himenofor berupa pori (Gambar 8.B) dengan tipe penempelan bebas. Himenofor menyisakan rumbai (*cortina*) yang merupakan sisaan parsial dari perkembangan tubuh buahnya. *Stipe* berbentuk silinder dengan ukuran yang sama hingga ke bagian basalnya. Tangkai berwarna kuning, tanpa cincin, permukaan halus dengan benang halus, menempel ke tudung pada posisi *central*, tipe penempelan pada substrat berupa *rhizomorfi*, dan tidak berongga (*solid*).

Pulveroboletus merupakan genus kecil

yang memiliki 68 spesies di seluruh dunia berdasarkan catatan *indexfungorum*. Genus ini memiliki persebaran yang luas mulai dari Amerika Utara, Afrika, China, Jepang, Malaysia, hingga Australia (Watling, 2001; Raspe *et al.*, 2016; Badou *et al.*, 2018). Hingga saat ini, belum ditemukan adanya catatan mengenai jamur ini di Indonesia. Laporan terkini dari Lee *et al.* (2021) mengungkap potensi antikanker dari *P. ravelii*.

Lactarius cf. javanicus

Jamur ini memiliki bentuk tubuh buah berupa tudung (*cap*), berlamela, dan bertangkai (*stipe*). Tudung berwarna kuning kecoklatan, bagian atas berbentuk rata terangkat dengan sedikit lekukan (Gambar 9.A). Permukaan dengan kerutan halus dengan tepian dan margin tudung rata. Jamur ini memiliki tipe himenofor berupa lamela (Gambar 9.B) dengan tipe penempelan *adnate* hingga *decurrent*.

Himenofor mensekresikan lateks yang merupakan penciri kelompok *Lactarius* dan pembeda dengan *Russula*. Lateks berwarna krem. *Stipe* berbentuk silinder dengan ukuran yang sama hingga ke bagian basalnya. Tangkai

berwarna kuning kecoklatan, tanpa cincin, permukaan halus, menempel ke tudung pada posisi *central*, tipe penempelan pada substrat berupa *rhizomorf*, dan tidak berongga (*solid*).



Gambar 9. Karakteristik makroskopis *Lactarius cf. javanicus*
Figure 9. Macroscopic characteristics of *Lactarius cf. javanicus*

Lactarius cf. corrugatus

Jamur ini tumbuh secara berkelompok dalam jumlah terbatas (Gambar 10.A). Jamur ini memiliki bentuk tubuh buah berupa tudung (*cap*), berlamela, dan bertangkai (*stipe*). Tudung berwarna coklat gelap saat muda dan menjadi lebih terang saat dewasa. Permukaan halus berkerut dengan tepian dan margin tudung rata. Jamur ini memiliki tipe himenofor berupa lamela (Gambar 10.B) dengan tipe penempelan *adnate* hingga *decurrent*. Lamela mensekresikan lateks berwarna krem. *Stipe* berbentuk silinder dengan ukuran yang sama hingga ke bagian basalnya. Tangkai berwarna coklat dengan bagian basal putih hingga krem, tanpa cincin, permukaan halus, menempel ke tudung pada posisi *central*, tipe penempelan pada substrat berupa *rhizomorf*, dan tidak berongga (*solid*).

Genus *Lactarius* memiliki kemiripan dengan *Russula* namun dibedakan dengan keberadaan eksudat pada himenofornya (Desjardin *et al.*, 2015). Hingga saat ini terdapat sebanyak 11 spesies dari genus ini di Indonesia (Verbeken *et al.*, 2001), diantaranya *Lactarius cf. javanicus* dan *Lactarius cf. corrugatus* yang ditemukan pada penelitian ini. Hingga saat ini, banyak spesies dari *Lactarius* dari kawasan Asia yang mengalami penyesuaian nama dan revisi posisi taksonomi (Lee *et al.*, 2019). Hingga saat ini belum ditemukan laporan mengenai pemanfaatan *L. javanicus* dan *L. corrugatus*. Nieminen dan Mustonen (2020) menyebutkan bahwa jenis dari genus *Lactarius* merupakan jamur yang kompleks karena dikonsumsi oleh masyarakat tertentu di suatu negara namun juga beracun di negara lainnya.



Gambar 10. Karakteristik makroskopis *Lactarius cf. corrugatus*
 Figure 10. Macroscopic characteristics of *Lactarius cf. corrugatus*

Russula cf. cyanoxantha

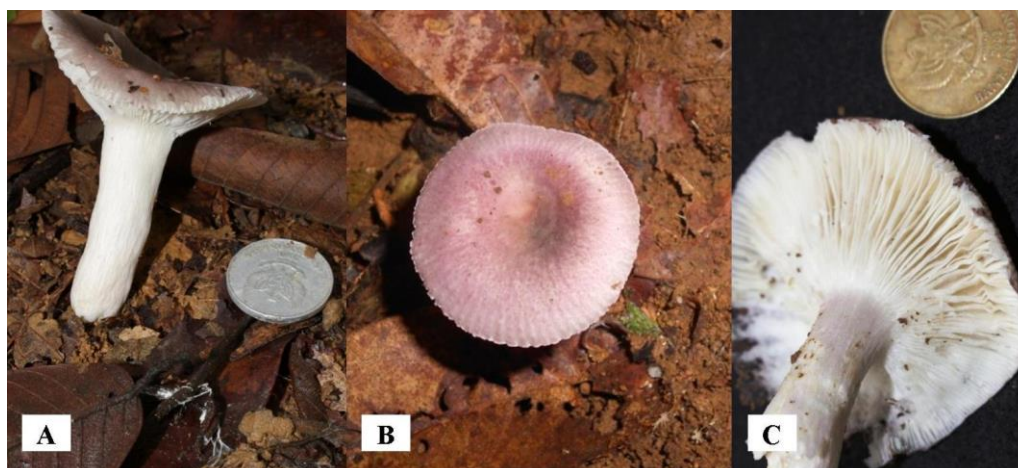
Jamur ini tumbuh soliter di tanah (Gambar 11.A). Jamur ini memiliki bentuk tubuh buah berupa tudung (*cap*),berlamela, dan bertangkai (*stipe*). Tudung berwarna ungu cerah hingga lavender (Gambar 11.B), permukaan halus, tepian dan margin tudung rata. Jamur ini memiliki tipe himenofor berupa lamela (Gambar 11.C) dengan tipe penempelan *adnate* hingga bebas. Lamela tidak mensekresikan lateks. *Stipe* berbentuk silinder dengan ukuran yang sama hingga ke bagian basalnya. Tangkai berwarna putih hingga krem, tanpa cincin, permukaan halus, tidak berongga, berbentuk kapur tulis, menempel ke tudung pada posisi *central*, tipe penempelan pada substrat berupa *rhizomorf*, dan ketika hancur akan menjadi patahan-patahan kecil (*brittle*) yang merupakan ciri umum kelompok ini.

Russula cf. sororia

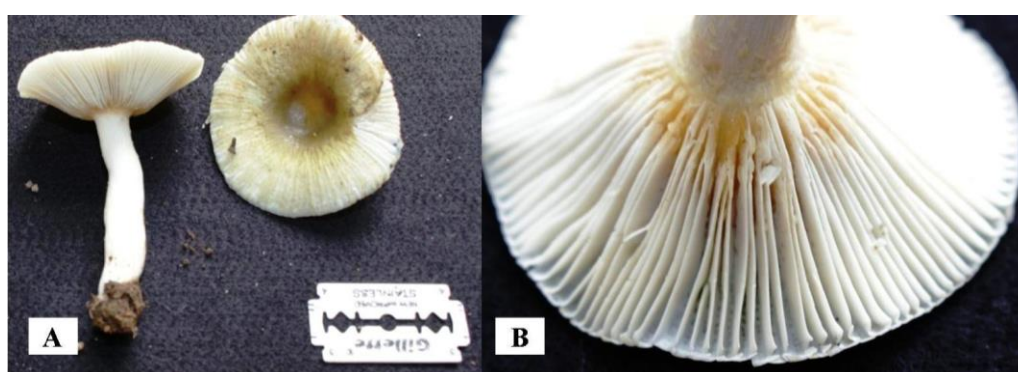
Jamur ini memiliki bentuk tubuh buah berupa tudung (*cap*),berlamela, dan bertangkai (*stipe*) (Gambar 12.A). Tudung berwarna putih hingga krem (Gambar 12.A), permukaan halus dengan bagiah tengah menekuk (Gambar 12.A),

tepiian dan margin tudung rata. Jamur ini memiliki tipe himenofor berupa lamela (Gambar 12.B) dengan tipe penempelan *adnate* hingga bebas dan tidak mensekresikan lateks. *Stipe* berbentuk silinder dengan ukuran yang sama hingga ke bagian basalnya. Tangkai berwarna putih hingga krem, tanpa cincin, permukaan halus, tidak berongga, berbentuk kapur tulis, menempel ke tudung pada posisi *central*, tipe penempelan pada substrat berupa *rhizomorph* yang tertutup dengan tanah.

Russula merupakan JPE yang dicirikan dengan susunan lemal yang rapi dan bentuk tangkai menyerupai kapur tulis (Kuo, 2007; Melera *et al.*, 2016; Ghosh & Das, 2017). Jamur ini juga merupakan salah satu plasma nutfah yang banyak dimanfaatkan sebagai bahan pangan di seluruh dunia (Boa, 2004). Hingga saat ini, belum ditemukan laporan terbaru yang komprehensif mengenai distribusi dan kajian taksonomi mengenai *Russula* di Indonesia. Selain itu, informasi mengenai pemanfaatan *R. cyanoxantha* dan *R. sororia* belum ditemukan baik di Indonesia ataupun di negara lainnya.



Gambar 11. Karakteristik makroskopis *Russula cf. cyanoxantha*
Figure 11. Macroscopic characteristics of *Russula cf. cyanoxantha*



Gambar 12. Karakteristik makroskopis *Russula cf. sororia*
Figure 12. Macroscopic characteristics of *Russula cf. sororia*

Penelitian ini menunjukkan bahwa Kawasan Hutan Haurbentes memiliki keragaman JPE yang tinggi. Jumlah spesies yang ditemukan akan terus bertambah dengan adanya monitoring berkala pada berbagai kondisi lingkungan. Gabel dan Gabel (2007) mengindikasikan adanya korelasi yang kuat antara JPE *epigeous* dan keragaman tanaman.

IV. KESIMPULAN

Sebanyak 11 spesies JPE berhasil dideskripsikan dan diidentifikasi pada penelitian ini diantaranya : *Cortinarius* sp., *Laccaria* cf. *vinaceoavellanea*, *Inocybe* sp., *Lycoperdon* cf. *caudatum*, *Boletus* sp., *Phylloporus* sp., *Pulveroboletus* sp., *Lactarius* cf. *javanicus*, *Lactarius* cf. *corrugatus*, *Russula* cf. *cyanoxantha* dan *Russula* cf. *sororia*. Seluruh jamur tersebut terbagia ke dalam 3 ordo dan 6 family. Kegiatan pemantauan secara teratur dan terjadwal terhadap jamur dan tumbuhan di area

Selain itu, upaya konservasi tanaman yang ada di lokasi penelitian perlu terus dilakukan. Hal ini perlu menjadi perhatian utama untuk menghindari kerusakan hutan dan hilangnya keragaman fungi sebelum sempat di deskripsikan.

tersebut diperlukan untuk menjaga plasma nutfah ektomikoriza pada lokasi penelitian. Selain itu, informasi pada penelitian ini dapat dijadikan sebagai literatur awal untuk penelitian lebih lanjut mengenai keragaman dan potensi pemanfaatan JPE di masa mendatang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Pengelola Hutan Penelitian Haurbentes, Departemen Biologi, Institut Pertanian Bogor, dan Pusat Riset Mikrobiologi Terapan BRIN, yang telah membantu penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Akema, T., Nurhifitismi, I., Suciati, & Simbolon, H. (2009). The Impact of the 1998 Forest Fire on Ectomycorrhizae of Dipterocarp Trees and their Recovery in Tropical Rain Forests of East Kalimantan, Indonesia. *Japan Agricultural Research Quarterly: JARQ*, 43(2), 137–143. <https://doi.org/10.6090/jarq.43.137>
- Annisa, I., Ekamawanti, H.A., Wahdina. (2017). Keanekaragaman jenis jamur makroskopis di Arboretum Sylva Universitas Tanjungpura. *Jurnal Hutan Lestari*, 5 (4): 969 – 977.
- Badou, S. A., De Kesel, A., Raspé, O., Ryberg, M. K., Guelly, A. K., & Yorou, N. S. (2018). Two new African siblings of *Pulveroboletus ravenelii* (Boletaceae). *Mycology*, 43, 115–130. <https://doi.org/10.3897/mycokeys.43.30776>
- Boa, E. (2004). *Wild Edible Fungi: A Global Overview of Their Use and Importance to People*. Rome: FAO.
- Cho, H. J., Park, M. S., Lee, H., Oh, S.-Y., Wilson, A. W., Mueller, G. M., & Lim, Y. W. (2018). A systematic revision of the ectomycorrhizal genus *Laccaria* from Korea. *Mycologia*, 110(5), 948–961. <https://doi.org/10.1080/00275514.2018.1507542>
- Clemmensen, K. E., Bahr, A., Ovaskainen, O., Dahlberg, A., Ekblad, A., Wallander, H., Lindahl, B. D. (2013). Roots and Associated Fungi Drive Long-Term Carbon Sequestration in Boreal Forest. *Science*, 339(6127), 1615–1618. <https://doi.org/10.1126/science.1231923>
- Corrales, A., Henkel, T. W., & Smith, M. E. (2018). Ectomycorrhizal associations in the tropics – biogeography, diversity patterns and ecosystem roles. *New Phytologist*, 220(4), 1076–1091. <https://doi.org/10.1111/nph.15151>
- Desjardin, D. E., Wood, M., & Stevens, F. A. (2015). *California mushrooms: The comprehensive identification guide*. Portland: Oregon.
- Disyatat, RN., Yomyart, S., Sihanonth, P., & Piapukiew, J. (2016). Community structure and dynamics of ectomycorrhizal fungi in a dipterocarp forest fragment and plantation in Thailand. *Plant Ecology & Diversity*, 9(5-6), 577–588. <https://doi.org/10.1080/17550874.2016.1264018>
- Filialuna, O., & Cripps, C. (2021). Evidence that pyrophilous fungi aggregate soil after forest fire. *Forest Ecology and Management*, 498, 119579. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119579>
- Gabel, A., Gabel, M. (2007). Comparison of diversity of macrofungi and vascular plants at seven sites in the blackhills of south Dakota. *Am. Midl. Nat.* 157, 258–296.
- GBIF. 2021. *Laccaria vinaceoavellanea*. <https://www.gbif.org/species/3351496> (diakses pada 30 September 2021).
- Ghosh, A., & Das, K. (2017). *Russula* (Russulaceae) in western Himalaya 1: Two new species from subg. *Russula*. *Phytotaxa*, 323(3), 237. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.323.3.3>
- Goldmann, K., Schöning, I., Buscot, F., & Wubet, T. (2015). Forest Management Type Influences Diversity and Community Composition of Soil Fungi across Temperate Forest Ecosystems. *Frontiers in microbiology*, 6, 1300. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.01300>
- Harrower, E., Bougher, N. L., Winterbottom, C., Henkel, T. W., Horak, E., & Matheny, P. B. (2015). New species in *Cortinarius* section *Cortinarius* (Agaricales) from the Americas and Australasia. *Mycology*, 11, 1–21. <https://doi.org/10.3897/mycokeys.11.5409>
- Hyde, K. D., Chethana, K. W. T., Jayawardena, R. S., Luangharn, T., Calabon, M. S., Jones, E. B. G., Lumyong, S. (2020). The rise of mycology in Asia. *ScienceAsia*, 46S (1), 1-11. <https://doi.org/10.1093/oso/9780198849513.003.0002>
- Irpan, A.M., Prasaja, D. (2021). Keanekaragaman jamur makroskopis di jalur pendakian Kawah Ratu Taman Nasional Gunung Halimun Salak. *Jurnal Penelitian Ekosistem Dipterokarpa*. 7(1), 35-48. <https://doi.org/10.20886/jped.2021.7.1.35-48>
- Ito, Z. A., & Reshi, Z. A. (2013). The Multifunctional Role of Ectomycorrhizal Associations in Forest Ecosystem Processes. *The Botanical Review*, 79(3), 371–400. <https://doi.org/10.1007/s12229-013-9126-7>
- Karmilasanti, K., & Maharani, R. (2016). Keanekaragaman jenis jamur ektomikoriza pada ekosistem hutan dipterokarpa di KHDTK Labanan, Berau, Kalimantan Timur. *Jurnal Penelitian Ekosistem Dipterokarpa*, 2(2), 57–66. <https://doi.org/10.20886/jped.2016.2.2.57-66>
- Kasongat, H., Gafur, M. A., & Ponisri, P. (2019).

- Identifikasi Dan Keanekaragaman Jenis Jamur Ektomikoriza Pada Hutan Jati Di Seram Bagian Timur. *Median: Jurnal Ilmu Ilmu Eksakta*, 11(1), 39-46. <https://doi.org/10.33506/md.v11i1.461>
- Khayati, L., & Warsito, H. (2018). Keanekaragaman Makrofungi di Arboretum Inamberi. *Jurnal Mikologi Indonesia*, 2(1), 30-38. <https://doi.org/10.46638/jmi.v2i1.30>
- Kuo, M. (2007). Key to major groups of mushrooms. http://www.mushroomexpert.com/major_groups.html(Diakses pada 30 September 2021).
- Largent, D.L. (1977). *How to Identify Mushrooms to Genus I: Macroscopic Features*. Eureka (USA): Mad River Press.
- Lee, H., Wissitrassameewong, K., Park, M. S., Verbeken, A., Eimes, J., & Lim, Y. W. (2019). Taxonomic revision of the genus *Lactarius* (Russulales, Basidiomycota) in Korea. *Fungal Diversity*, 95(1), 275–335. <https://doi.org/10.1007/s13225-019-00425-6>
- Lee, D., Yu, J. S., Ryoo, R., Kim, J.-C., Jang, T. S., Kang, K. S., & Kim, K. H. (2021). *Pulveraven A* from the fruiting bodies of *Pulveroboletus ravenelii* induces apoptosis in breast cancer cell via extrinsic apoptotic signaling pathway. *The Journal of Antibiotics*, 74(10), 752–757. <https://doi.org/10.1038/s41429-021-00435-0>
- Li, J., Wu, H., Wang, L., Huang, Y., & Wang, L. (2021). Key taste components in two wild edible Boletus mushrooms using widely targeted metabolomics. *Biochemical Systematics and Ecology*, 96, 104268. <https://doi.org/10.1016/j.bse.2021.104268>
- Lima, A.D., Costa-Fortes R., Carvalho-Garbi N.M.R., Percário, S. (2012) Poisonous mushrooms: a review of the most common intoxications. *Nutricion Hospitalaria*. 27(2), 402-408. DOI: 10.1590/s0212 16112012000200009.
- Melera, S., Ostellari, C., Roemer, N., Avis, P. G., Tonolla, M., Barja, F., & Narduzzi-Wicht, B. (2016). Analysis of morphological, ecological and molecular characters of *Russula pectinatoides* Peck and *Russula praetervisa* Sarnari, with a description of the new taxon *Russula recondita* Melera & Ostellari. *Mycological Progress*, 16(2), 117–134. <https://doi.org/10.1007/s11557-016-1256-y>
- Mešić, A., Haelewaters, D., Tkalčec, Z., Liu, J., Kušan, I., Aime, M. C., & Pošta, A. (2021). *Inocybe brijunica* sp. nov., a New Ectomycorrhizal Fungus from Mediterranean Croatia Revealed by Morphology and Multilocus Phylogenetic Analysis. *Journal of Fungi*,7(3),199. <https://doi.org/10.3390/jof7030199>
- Montoya, L., Garay-Serrano, E. & Bandala, V.M. (2019). Two new species of *Phylloporus* (Fungi, Boletales) from tropical *Quercus* forests in eastern Mexico. *MycKeys*, 51, 107–123. <http://doi.org/10.3897/mycokeys.51.33529>.
- Mrak, T., Kühdorf, K., Grebenc, T., Štraus, I., Münzenberger, B., & Kraigher, H. (2016). *Scleroderma areolatum* ectomycorrhiza on *Fagus sylvatica* L. *Mycorrhiza*, 27(3), 283–293. <https://doi.org/10.1007/s00572-016-0748-6>
- Neves, M. A., Binder, M., Halling, R., Hibbett, D., & Soyong, K. (2012). The phylogeny of selected *Phylloporus* species, inferred from NUC-LSU and ITS sequences, and descriptions of new species from the Old World. *Fungal Diversity*, 55(1), 109–123. <http://doi.org/10.1007/s13225-012-0154-0>.
- Nieminen, P., & Mustonen, A.-M. (2020). Toxic Potential of Traditionally Consumed Mushroom Species—A Controversial Continuum with Many Unanswered Questions. *Toxins*, 12(10), 639. <https://doi.org/10.3390/toxins12100639>.
- Niskanen, T., Liimatainen, K., Kytövuori, I., Lindström, H., Dentinger, B. T. M., & Ammirati, J. F. (2016). *Cortinarius* subgenus *Callistei* in North America and Europe—type studies, diversity, and distribution of species. *Mycologia*, 108(5), 1018–1027. <https://doi.org/10.3852/16-033>
- Noor, M., & Saridan, A. (2013). Keanekaragaman fungi makro pada tegakan benih dipterocarpaceae di Taman Nasional Tanjung Puting dan Taman Nasional Sebangau Kalimantan Tengah. *Jurnal Penelitian Dipterokarpa*, 7(1), 53–62. <https://doi.org/10.20886/jped.2013.7.1.53-62>
- Nurhayat, O.D., & Putra, I.P. (2022). The species of *Amanita* mushroom at Haurbentes Research Forest, West Java. *Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea*, 11(1), 33-43.
- O'Dell, T., Lodge, D.J., & Mueller, G.M. (2004). *Approaches to sampling macrofungi*. (In): G. M. Mueller, G. Bills, M. S. Foster (eds) Biodiversity of Fungi: Inventory and Monitoring Methods. San Diego: Elsevier Academic Press. 163-168.
- Pamoengkas, P., & Erizilina, E. (2019). Stand structure of Unmanaged Red Meranti Plantation (*Shorea leprosula* Miq.) in Haurbentes Forest Research, Jasinga. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan*

- Lingkungan (Journal of Natural Resources and Environmental Management)*, 9(1), 61–67. doi:10.29244/jpsl.9.1.61-67.
- Policelli, N., Horton, T., Hudon, A.T., Patterson, T., & Bhatnagar, J.M. (2020). Back to Roots: The Role of Ectomycorrhizal Fungi in Boreal and Temperate Forest Restoration. *Frontiers in Forests and Global Change* 3, 1-15. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2020.00097>.
- Ponce, J.P.M., Hernández Calderón, M.A., Comandini, O., Rinaldi, A.C., & Flores Arzú, R. (2019). Ethnomycological knowledge among Kaqchikel, indigenous Maya people of Guatemalan Highlands. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 15:36. <https://doi.org/10.1186/s13002-019-0310-7>.
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan, 2010. <http://puslitbanghut.or.id/index.php/page/khdtk-haurbentes> (Diakses pada 30 September 2021).
- Putra, I. P., Sitompul, R., & Chalisya, N. (2018). Ragam dan potensi jamur makro asal Taman Wisata Mekarsari Jawa Barat. *Al-Kauniah: Jurnal Biologi*, 11(2), 133–150. <https://doi.org/10.15408/kauniah.v11i2.6729>
- Putra, I. P., Nasrullah, M. A., & Dinindaputri, T. A. (2019). Study on diversity and potency of some macro mushroom at Gunung Gede Pangrango National Park. *Buletin Plasma Nutfah*, 25(2), 77-90. <https://doi.org/10.21082/blpn.v25n2.2019.p1-14>
- Putra, IP. (2020a). The Potency of Some Wild Edible Mushrooms with Economic Value in Belitong Island, The Province of Bangka Belitung. *Jurnal Wasian*, 7(2), 121-135. doi:<https://doi.org/10.20886/jwas.v7i2.6109>
- Putra, I. P. (2020b). Record on Macroscopic Fungi at IPB University Campus Forest: Description and Potential Utilization. *Indonesian Journal of Science and Education*, 4(1), 1-11. <https://doi.org/10.31002/ijose.v4i1.2180>
- Putra, I.P. (2020c). Kasus keracunan *Inocybe* sp. di Indonesia. Prosiding Seminar Biologi di Era COVID-19. Jurusan Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri (UIN) Alauddin Makassar. 148-153.
- Putra, I.P. (2020d). *Scleroderma* spp. in Indonesia: poisoning case and potential utilization. *Justek: Jurnal Sains Dan Teknologi*, 3(2), 37-45. <https://doi.org/10.31764/justek.v3i2.3517>.
- Putra, I.P. (2021). Panduan karakterisasi jamur makroskopik di Indonesia: Bagian 1 – Deskripsi ciri makroskopis. *Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea*, 10(1), 25-37.
- Raspé, O., Vadthananarat, S., De Kesel, A., Degreef, J., Hyde, K. D., & Lumyong, S. (2016). *Pulveroboletus fragrans*, a new Boletaceae species from Northern Thailand, with a remarkable aromatic odor. *Mycological Progress*, 15, 38. <https://doi.org/10.1007/s11557-016-1179-7>
- Rifai, M.A. (2017). Catatan Tentang *Scleroderma pseudostipitatum* Petch, *Scleroderma verrucosum* (Bull.) Pers., and *Scleroderma nitidum* Berk. (Gasteromycetes). *Jurnal Mikologi Indonesia*, 1(1), 11-14. <http://doi.org/10.46638/jmi.v1i1.9>.
- Rinaldi, A.C., Comandini, O., & Kuyper, T.W. (2008). Ectomycorrhizal fungal diversity: separating the wheat from the chaff. *Fungal Diversity*, 33, 1-45.
- Rokuya, I., Yoshio, O., Tsugia, H. (2011). *Fungi of Japan*. Japan: Yama-Kei Publishers.
- Rosinger, C., Sandén, H., Matthews, B., Mayer, M., & Godbold, D. (2018). Patterns in Ectomycorrhizal Diversity, Community Composition, and Exploration Types in European Beech, Pine, and Spruce Forests. *Forests*, 9(8), 445. <https://doi.org/10.3390/f9080445>
- Salomón, M. E.S., Barroetaveña, C., Niskanen, T., Liimatainen, K., Smith, M. E., & Peintner, U. (2021). Loose Ends in the Cortinarius Phylogeny: Five New Myxotelamonoid Species Indicate a High Diversity of These Ectomycorrhizal Fungi with South American Nothofagaceae. *Life*, 11(5), 420. <https://doi.org/10.3390/life11050420>.
- Susan, D., Retnowati, A. (2017). Catatan beberapa jamur makro dari Pulau Enggano: diversitas dan potensinya. *Berita Biologi*, 16 (3): 243-256.
- Tapwal, A., Kumar, R., & Pandey, S. (2013). Diversity and frequency of macrofungi associated with wet ever green tropical forest in Assam, India. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 14(2)73-78. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d140204>
- Teke, A. N., Kinge, T. R., Bechem, E. E. T., Ndam, L. M., & Mih, A. M. (2019). Mushroom species richness, distribution and substrate specificity in the Kilum-Ijim forest reserve of Cameroon. *Journal of Applied Biosciences*, 133(1), 13592-13617. <https://doi.org/10.4314/jab.v133i1.11>
- Verbeke, A., Horak, A., Desjardin, D.E. (2001). Agaricales of Indonesia. 3. New records of the genus *Lactarius* (Basidiomycota, Russulales) from Java. *Sydowia*, 53: 261 - 289.
- Watling, R. (2001). The relationships and possible distributional patterns of boletes in south-east

- Asia. *Mycological Research*, 105(12), 1440–1448.
<https://doi.org/10.1017/s0953756201004877>
- Willis, K.J. (2018) State of the World's Fungi 2018. Royal Botanic Gardens, Kew.
- Wu, B., Hussain, M., Zhang, W., Stadler, M., Liu, X., & Xiang, M. (2019). Current insights into fungal species diversity and perspective on naming the environmental DNA sequences of fungi. *Mycology*, 10(3), 127–140.
<https://doi.org/10.1080/21501203.2019.1614106>
- Zhang, J., Li, T., Yang, Y.-L., Liu, H.-G., & Wang, Y.-Z. (2014). Arsenic Concentrations and Associated Health Risks in *Laccaria* Mushrooms from Yunnan (SW China). *Biological Trace Element Research*, 164(2), 261–266. <https://doi.org/10.1007/s12011-014-0213-3>.

