

ISOLASI, IDENTIFIKASI DAN PEMANFAATAN FUNGI YANG BERASOSIASI DENGAN *Tristaniopsis obovata*

(Isolation, identification and utilization of fungi associated with *Tristaniopsis obovata*)

Maman Turjaman^{*✉}, Sarah Asih Faulina, Aryanto, Najmulah, Ahmad Yani dan/and Asep Hidayat

Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan

Jl. Gunung Batu No. 5 Bogor, Jawa Barat, Indonesia Tlp. (0251) 8633234; Fax (0251) 8638111

Info artikel:	ABSTRACT
Keywords: <i>Ectomycorrhizas,</i> <i>Heath forest,</i> <i>Inoculation,</i> <i>Pelawan,</i> <i>Shoot cutting</i>	<i>Tristaniopsis obovata</i> (pelawan) symbioses with ectomycorrhizal (ECM) which produce edible mushroom and their flowers as a source of nectar for forest bees that produce pelawan bitter honey with high economic value. The current problem in the heath forest ecosystems is due to the conversion land, which it has reduced the total area. The aim of study was to obtain information on the potential of fungi associated with pelawan edible mushroom, and utilization test of selected fungi to stimulate growth of <i>T. obovata</i> seedlings. The studies were conducted by collection of natural sources of seed/seedling, isolation and molecular identification of ITS rDNA fungi associated with <i>T. obovata</i> , seedling propagation trials by shoot cuttings, and inoculation technique of potential fungi to improve growth of seedlings at the nursery. The results showed that 3 isolates have function as ECM, namely 4PK1 (<i>Corticiaceae</i>), 17BK2 (<i>Corticiaceae</i> 2), and 24PK4 (<i>Cortinarius</i> sp.). The effect of ECM inoculation has affected on plant growth and nutrient contents of pelawan. The shoot cuttings through KOFFCO system was effectively for pelawan seedlings production, survival rate about 50%. The results of this study revealed that it is a critical basic for science and technology to sustain of productivity in heath forests ecosystem.
Kata kunci: Ektomikoriza, Hutan Kerangas, Inokulasi, Pelawan, Stek Pucuk	ABSTRAK <i>Tristaniopsis obovata</i> (pelawan) bersimbiosis dengan fungi ektomikoriza yang menghasilkan tubuh buah fungi yang dapat dikonsumsi (<i>edible mushroom</i>) dan bunga pelawan sebagai sumber nektar untuk lebah hutan yang memproduksi madu pahit yang bernilai ekonomi tinggi. Permasalahan yang dihadapi saat ini adalah berkurangnya luasan hutan kerangas akibat konversi hutan sehingga luasan hutan pelawan menurun. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan informasi potensi fungi yang berasosiasi dengan <i>Tristaniopsis obovata</i> dan uji pemanfaatan fungi yang berpotensi untuk memacu pertumbuhan bibit <i>T. obovata</i> . Penelitian dilakukan melalui pengumpulan sumber benih/anakan alam, isolasi dan identifikasi molekuler ITS rDNA fungi yang berasosiasi dengan <i>T. obovata</i> , perbanyakan anakan melalui stek pucuk, dan inokulasi fungi yang berpotensi memacu pertumbuhan bibit <i>T. obovata</i> . Hasil identifikasi molekuler menunjukkan bahwa diperoleh 3 isolat yang berfungsi sebagai ektomikoriza, yaitu 4PK1 (<i>Corticiaceae</i> 1), 17BK2 (<i>Corticiaceae</i> 2), dan 24PK4 (<i>Cortinarius</i> sp.). Inokulasi fungi ektomikoriza memberikan pengaruh pada pertumbuhan tanaman dan kandungan nutrisi bibit anakan pelawan. Teknik stek pucuk dengan KOFFCO cukup efektif untuk memperbanyak bibit pelawan dengan tingkat keberhasilan sekitar 50%. Keberhasilan pada penelitian ini menjadi dasar IPTEK untuk melestarikan produktivitas ekosistem hutan kerangas.
Riwayat Artikel: Tanggal diterima: 14 November 2018; Tanggal direvisi: 15 Mei 2019; Tanggal disetujui: 20 Mei 2019	

Editor: Dr. Neo Endra Lelana

Korespondensi penulis: Maman Turjaman* (E-mail: turjaman@gmail.com)

Kontribusi penulis: MT, AH, dan SAF: sebagai kontributor utama; A, N, dan AY: Kontributor Anggota

MT: menyusun proposal, disain penelitian, dan finalisasi naskah ilmiah; AH: menyiapkan, melaksanakan, dan memonitoring jalannya penelitian serta penyusunan draf laporan hasil penelitian; SAF: melakukan analisis DNA fungi ektomikoriza (Biologi Molekuler); A, N, dan AY melaksanakan penelitian harian, memberikan perlakuan, memelihara, dan mengumpulkan data

<https://doi.org/10.20886/jphka.2019.16.1.73-90>

©JPHKA - 2018 is Open access under CC BY-NC-SA license

I. PENDAHULUAN

Pohon pelawan merupakan jenis pohon yang banyak tumbuh pada areal ekosistem hutan kerangas dan hutan rawa gambut, tersebar mulai dari Myanmar, Thailand, Malaysia, Brunei, Filipina, dan Papua New Guinea, dan Indonesia (Sosef et al., 1998). Di Indonesia, pohon pelawan tumbuh alami di Kalimantan Barat, Kalimantan Tengah, Kepulauan Riau, dan Bangka Belitung. Genus *Tristaniopsis* memiliki 45 spesies, hidup di dataran rendah dan dataran rendah pegunungan. Di ekosistem hutan gambut tipis dan hutan kerangas terdapat minimal tiga jenis pelawan yang tumbuh yaitu *Tristaniopsis merguensis* (pelawan batu), *T. whiteana* (pelawan putih), dan *T. obovata* (pelawan merah) (Sosef et al., 1998).

Beberapa jenis fungi ektomikoriza di daerah Eropa Mediteranean dikenal sebagai fungi pangan (*edible mushroom*) yang bernilai ekonomi tinggi diantaranya adalah *truffle* (*Tuber melanosporum*) yang ber-simbiosis dengan beberapa jenis pohon seperti *Quercus pubescens*, *Pinus sylvestris*, *Tilia platyphyllos*, *Corylus avellana*, *Ostrya carpinifolia*, dan *Cistus* spp. (Le Tacon et al., 2016). Selain itu di Asia (Semenanjung Korea, Jepang, Tiongkok, Tibet, dan Rusia), Afrika Utara, dan Eropa (Turki, Swedia, Finlandia, Italia, Norwegia, Jerman, Swiss, dan Austria), fungi pangan yang bernilai ekonomi tinggi adalah fungi matsutake (*Tricholoma matsutake*) yang ber-simbiosis dengan pohon *Pseudotsuga menziesii*, *Abies procera*, *A. magnifica*, *Pinus ponderosa*, *P. lambertiana*, dan *P. contorta* (Wang et al., 2017). Fungi liar lain yang dikonsumsi dan memiliki kandungan nutrisi tinggi adalah jenis *Chantharellus* spp. yang bersimbiosis dengan beberapa jenis pohon dari keluarga Fagaceae dan Pinaceae (Kozarski et al., 2015), serta pada keluarga Dipterocarpaceae dan *Scleroderma sinnameriense* yang bersimbiosis dengan jenis pohon *Gnetum gnemon* di Hutan Penelitian Carita Provinsi Banten, serta Haurbentes dan

Dramaga Provinsi Jawa Barat (Turjaman, 2018a).

Jenis-jenis pohon *Eucalyptus*, *Psidium* dan *Tristaniopsis* (pelawan) dari keluarga Myrtaceae secara alami ber-simbiosis dengan fungi ektomikoriza dan mikoriza arbuskula (Gardin et al., 2018; Waseem et al., 2017). Pada kondisi tempat tumbuh di hutan kerangas, fungi ektomikoriza lebih eksis bersimbiosis pada sistem perakaran pohon pelawan yaitu fungi pelawan. Fungi ini masuk dalam divisi Basidiomycota, kelas Agaricomycetes, ordo Boletales, dan keluarga Boletaceae (Salma, 2013). Fungi pelawan memiliki tubuh buah seperti payung dan termasuk fungi pangan. Tubuh buah fungi ini terdiri dari bagian tudung dan tangkai. Bagian tudung dalam kondisi segar berwarna merah pada sisi atas dan berwarna kuning serta berpori pada sisi bawahnya. Bagian tangkai berwarna merah dengan permukaan yang diselimuti oleh struktur jala. Fungi pelawan sangat cepat rusak pada kondisi segar, dan pengeringan merupakan salah satu metode untuk memperpanjang masa simpan. Sebagai fungi pangan, fungi ini dikenal sebagai makanan mewah, eksklusif, dan bernilai ekonomi yang tinggi karena disajikan pada acara-acara seremonial dan budaya adat masyarakat lokal. Harga jual fungi pelawan kering ketika panen raya dapat mencapai Rp 400.000,00/kg dan ketika bukan musim panen dapat mencapai harga lebih dari Rp 900.000,00/kg di tingkat petani. Sementara harga komersial di kota provinsi dapat mencapai harga Rp 1.500.000,00–2.000.000,00/kg berat kering (Sihombing & Rianti, 2016).

Masyarakat di provinsi Bangka dan Belitung telah memiliki tradisi memanen tubuh buah fungi pelawan (Sihombing & Rianti, 2016; Turjaman, 2018b). Namun, masyarakat tidak mudah mendapatkannya karena tubuh buah fungi muncul secara musiman dengan waktu periode yang tidak menentu. Kehadiran tubuh buah sangat tergantung pada pohon inang *Tristaniopsis* spp., berkaitan erat interaksi

ekofisiologi dan pertukaran nutrisi, dan faktor lingkungan, seperti: musim hujan yang sangat lebat disertai suara petir yang sangat keras. Disisi lain, produksi fungi pelawan mengalami penurunan karena habitat asli pohon *Tristaniopsis* spp. dikonversi untuk usaha pertambangan timah legal/ilegal, perkebunan kelapa sawit dan lada serta pembangunan infrastruktur lainnya. Perubahan fungsi lahan, menyebabkan populasi pohon pelawan menjadi menurun yang diikuti dengan penurunan produksi fungi pelawan secara alami, sehingga perlu dilakukan suatu kajian tentang budidaya pohon dan fungi pelawan melalui serangkaian penelitian. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan informasi potensi fungi yang berasosiasi dengan *T. obovata* dan uji pemanfaatan fungi yang berpotensi untuk memacu pertumbuhan bibit *T. obovata*.

II. BAHAN DAN METODE

A. Waktu dan Lokasi Penelitian

Sampel berupa lima puluh tubuh buah dan spora fungi dikumpulkan di salah satu sentral penghasil fungi pelawan, yaitu Desa Kacung, Kecamatan Kelapa, Kabupaten Bangka Barat, Provinsi Bangka Belitung. Teknik pengambilan sampel tubuh buah fungi dilakukan secara *purposive*. Pengumpulan sampel dilakukan pada saat musim tubuh buah fungi. Sampel diambil dari sekitar pohon induk pelawan (*T. obovata*) berjarak 0,5–2 m. Sampel yang dikoleksi adalah tubuh buah fungi yang masih segar, muda dan utuh. Apabila ditemukan kelompok 6–15 fungi, maka diambil sampel 3–5 tubuh buah fungi. Sampel lain diambil dengan cara berpindah ke pohon induk pelawan lainnya secara *purposive*. Kemunculan tubuh buah fungi pelawan tidak dapat diprediksi, maka pengambilan tubuh buah dan spora dilakukan dengan dua tahap kegiatan di waktu yang berlainan, 1) pengumpulan tubuh buah fungi pelawan yang masih segar (tahun 2015–2016), dan

2) pengumpulan tubuh buah segar dan spora fungi pelawan pada tahun 2017. Untuk menjaga kesegaran, tubuh buah fungi disimpan kotak pendingin (*ice box*).

B. Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan untuk melakukan penelitian ini adalah tubuh buah dan spora fungi yang dikoleksi dari sentra fungi pelawan disalah satu desa di Bangka Barat, cabutan anakan alam *T. obovata*, *potato dextrose agar* (PDA), *potato dextrose broth* (PDB), *polypeptone*, agar, glukosa, NaNO_3 , *ammonium tartrate*, KH_2PO_4 , $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, *thiamine*, $\text{MnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, NaCl , $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, CoCl_2 , $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, CuSO_4 , H_3BO_3 , $(\text{Na})_2\text{MoO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, NaOH , *sodium alginate*, etanol absolut, aquades, asam tartarat, natrium dihidroksi tartarat, *tween 80*, natrium asetat, *cocopeat*, sekam padi, dan beberapa bahan kimia lainnya dengan kualitas sesuai standar. Sementara itu, peralatan yang dipakai untuk penelitian ini antara lain tabung reaksi, cawan petri, labu erlenmeyer, gelas ukur, gelas beaker, kuvet, timbangan analitik, *autoclave*, *laminar air flow cabinet*, *laminar air flow portable* (LAFP), pH meter, mikro pipet dan tips-nya, *cooler box*, *filter*, *blender*, *centrifuge*, *waterbath*, *rotary shaker*, gunting stek, dan seperangkat peralatan *Komatsu-Forda Fog Cooling System* (KOFFCO).

C. Isolasi dan Pemurnian Fungi

Isolasi fungi pada media agar dilakukan langsung di lokasi pengambilan sampel, dan pemurnian lanjutan dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi Hutan, Pusat Litbang Hutan, Bogor. Teknik isolasi dilakukan di ruangan tertutup. Peralatan yang digunakan adalah LAFP yang dilengkapi dengan *blower* dan api bunsen di dalamnya. Tubuh buah fungi yang dipilih adalah yang masih segar dan bersih. Tahap awal kegiatan isolasi dilakukan dengan sterilisasi permukaan potongan-potongan kecil (0,5x0,5 cm)

tubuh buah fungi dengan *chlorox* sekitar 2–3 menit, dan sampel dibersihkan oleh air steril untuk menghilangkan *chlorox* yang menempel pada sampel. Sampel kemudian dikeringkan pada kertas saring di dalam cawan petri steril. Setelah kering sampel dimasukkan secara aseptik pada beberapa media agar selektif Pachlewski. Cawan petri ditutup rapat, diberi kode dan tanggal. Semua tahapan kegiatan isolasi dilakukan secara steril di dalam LAFB. Sampel lain berupa spora terlebih dahulu diperangkap dengan bantuan kertas karbon, dan kemudian, sedikit bagian (5–100 spora) diletakan pada cawan petri yang mengandung media selektif yang sama. Pengamatan pertumbuhan dilakukan setiap hari, hifa yang tumbuh pada media selektif dengan pertumbuhan yang lambat (≥ 4 hari) ditumbuhkan kembali pada cawan petri yang lain, sementara yang cepat (< 4 hari) diabaikan. Fungi yang telah dimurnikan kemudian diseleksi kembali berdasarkan penampakan morfologi. Fungi yang tidak memiliki spora selama tumbuh pada media agar dipilih sebagai fungi terseleksi. Fungi yang terseleksi dipelihara secara rutin, ditumbuhkan pada media *potato dextrose broth* (PDB) pada suhu ruangan selama tujuh hari sebelum dijadikan sampel untuk kepentingan identifikasi secara molekuler, dan disimpan pada larutan *glycerol* (20%) pada suhu $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ di INTROF-CC (*Indonesia Tropical Forest Culture-Collection*).

D. Identifikasi secara molekuler

Fungi terseleksi terlebih dahulu dibiakkan pada media cair PDB selama 7 hari. Fungi yang tumbuh pada media cair diekstraksi dengan menggunakan Wizard Genomic DNA Purification Kit (Promega, USA) sesuai dengan protokol yang disarankan. DNA ribosom (rDNA) pada lokus *internal transcribed spacer* (ITS) diamplifikasi melalui *polymerase chain reaction* (PCR) menggunakan primer *forward* ITS1 (5'-TCCGTAGGTGAA CCTGCGG-3') dan *reverse* ITS4 (5'-

TCCTCCGCTTATTGATATGC-3') (Ali et al., 2015; White et al., 1990) dengan komposisi reaksi 25 μL Go Taq Green Master Mix (Promega, USA), 5 μL DNA *template* hasil ekstraksi DNA, primer *forward* dan *reverse* masing-masing 2 μL dan H_2O sampai mencapai volume akhir 50 μL . PCR diawali dengan denaturasi pada $94\text{ }^{\circ}\text{C}$ selama 5 menit, dilanjutkan dengan 24 siklus yang terdiri dari 1 menit pada $94\text{ }^{\circ}\text{C}$, 1 menit pada $55\text{ }^{\circ}\text{C}$, dan 2 menit pada $72\text{ }^{\circ}\text{C}$, diikuti dengan elongasi akhir pada $72\text{ }^{\circ}\text{C}$ selama 7 menit dan diakhiri pada suhu $4\text{ }^{\circ}\text{C}$. DNA di visualisasi dengan elektroforesis pada gel agarosa 1,5% dengan *buffer* TAE 1X (Tris-Asetat-EDTA) pada 100 V selama 32 menit. Sekuensing DNA dilakukan dengan metode *single pass* Sanger (Garay et al., 2017), masing-masing dengan menggunakan primer-primer yang sama dengan PCR (*Applied Biosystems* melalui *First Base Sequencing Service*, Singapura). Sekuen yang dihasilkan kemudian dibandingkan dengan database *GenBank* pada *National Center for Biotechnology Information* (NCBI) dengan metode BLAST (www.ncbi.nlm.nih.gov). Pohon filogeni *neighbor joining* dibuat menggunakan software *Multi Alignment using Fast Fourier Transform* (MAFFT 7) (<http://mafft.cbrc.jp/alignment/software/>) dengan *bootstrap* sebanyak 1000.

E. Persiapan bahan anakan

1. Anakan Alam

Anakan alam berupa hasil cabutan dengan tinggi 5–15 cm dikumpulkan dari hutan kerangas di Desa Kacung, Kecamatan Kelapa, Kabupaten Bangka Barat. Anakan hasil anakan alam kemudian ditanam pada media tanah dan sekam (9:1) dan diaklimatisasi dengan cara disungkup selama 3 bulan. Tanaman yang dapat hidup kembali dipilih dan dipindahkan ke media tanam yang berbeda (tanah yang ditambah inokulan ekto-mikoriza).

2. Stek Pucuk

Media tanam yang digunakan terdiri dari serbuk sabut kelapa dan sekam padi (2:1, media A) dan sekam padi bakar (media B). Media ditambahkan air dan dimasukkan ke dalam *pottray* berukuran 4,5 x 4,5 x 12 cm. *Pottray* berisi media disusun dalam rak dan disimpan ke dalam *box propagator* yang dilapisi batu zeolite setebal 3–5 cm. *Box propagator* diinkubasi dalam rumah kaca yang dilengkapi dengan sistem pengkabutan KOFFCO. Bahan stek disiapkan langsung dari hutan kerangas yang berasal dari anakan alam di hutan yang terletak di Desa Kacung, Kecamatan Kelapa, Kabupaten Bangka Barat. Batang tunas (*orthotrop*) dipotong minimal berukuran dua ruas 7–15 cm dengan tetap menyertakan minimal 1/3–1/2 bagian dari dua helai daun. Untuk memudahkan penanaman, media tanam terlebih dahulu dilubang sedalam 3–5 cm. Pada bagian ujung bawah bahan stek dioleskan *rootone-F* sebelum ditanam pada lubang yang telah disediakan. Setelah kegiatan penanaman selesai, tanaman disiram, dan *box propagator* ditutup rapat. Penyiraman dilakukan secara periodik selama 2–3 hari sekali tergantung kondisi media. Penyapihan dilakukan pada tanaman yang telah berumur 16 minggu setelah tanam dengan terlebih dahulu membuka tutup *box propagator*, dan dibiarkan tetap dalam rumah kaca selama 4 minggu sebelum dipindahkan ke media tanam yang berbeda (tanah yang ditambah inokulan ektomikoriza). Hasil stek pucuk memiliki rata-rata panjang tunas 3 cm. Parameter yang diamati selama di rumah kaca adalah kemampuan stek untuk hidup, bertunas, dan berakar. Penelitian persiapan bahan anakan dilakukan dengan menggunakan rancangan acak lengkap.

F. Persiapan Inokulan dan Teknik Inokulasi

Dari hasil isolasi yang dilakukan, tiga isolat biakan murni, yaitu 4PK1, 17BK2, dan 24PK4 yang diduga

ektomikoriza yang berasal tubuh buah fungi pelawan diperbanyak dengan menggunakan media cair Pachlewski pada gelas erlemeyer 250 mL. Produksi biakan isolat terpilih diperoleh setelah masa inkubasi selama 45 hari, dan dibuat menjadi butiran-butiran kalsium-alginat. Media tanaman berupa tanah dan pasir (3:1) disaring dan disterilkan pada *autoclave* suhu 121°C, tekanan 1 atm, selama 60 menit. Campuran media dimasukan ke dalam *pottray* berukuran 4,5 x 4,5 x 12 cm. *Pottray* berisi media disusun dalam rak dan disimpan ke dalam *box propagator* yang dilapisi batu zeolite setebal 3–5 cm. Percobaan dengan lima perlakuan, yaitu kontrol (K), diinokulasi dengan tanah habitat asli (P-0) dan isolat 4PK1 (P-1), isolat 17BK2 (P-2), dan isolat 24PK4 (P-3) dengan dua sumber tanaman, asal stek dan anakan alam. Jumlah inokulan yang diberikan adalah 7–8 butiran alginat tiap isolat yang diuji cobakan. Butiran alginat berdiameter rata-rata 0,5 cm. Sementara inokulasi dengan tanah yang mengandung propagul ektomikoriza dari tegakan pelawan diberikan sebanyak 5 gram. Setiap perlakuan terdiri dari lima ulangan dan setiap ulangan terdiri atas empat tanaman. Sumber tanaman yang diperlukan untuk kegiatan penelitian ini adalah sebanyak 100 bibit masing-masing asal stek dan anakan alam. Penelitian dilakukan dengan menggunakan rancangan acak lengkap.

G. Parameter yang diukur

Parameter pengamatan diamati setiap bulan sampai tujuh bulan adalah pertumbuhan bibit (tinggi, berat kering (akhir bulan pengamatan), dan persentase kolonisasi ektomikoriza (akhir bulan pengamatan). Perhitungan persentase kolonisasi ektomikoriza dilakukan dengan menghitung manual semua total struktur ektomikoriza yang terbentuk dan menghitung ujung akar (*root tips*) pada setiap sampel akar, dan memverifikasi keberadaan struktur *hartig net* dan mantel dibawah mikroskop binokuler (Brundrett

et al., 1996). Hasil pengukuran berupa berat kering tanaman (batang dan akar) digunakan sebagai data untuk mengkuantifikasi salah satu kualitas fisik bibit yaitu rasio pucuk akar (RPA). Analisis jaringan tanaman N dan P konsentrasi ditentukan dengan metode *Semi-Micro Kjeldahl* dan *Vanadomolybdate yellow* (Olsen & Sommers, 1982). N dan P yang diserap jaringan tanaman dihitung dengan cara mengalikan persentase konsentrasi yang diperoleh dengan berat kering jaringan tanaman setiap perlakuan.

H. Analisis Data

Data yang diperoleh selanjutnya dianalisis dengan mencari rata-rata dan standar deviasi setiap perlakuan yang dicobakan. Perbedaan setiap perlakuan dilakukan dengan uji lanjutan Duncan. Data ditampilkan dalam bentuk grafik dan atau tabel.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Identifikasi isolat fungi

Sebanyak 350 cawan petri yang berisi potongan biakan fungi pelawan dari bagian tangkai dan payung (300 cawan petri), dan spora (50 cawan petri) berhasil dikulturkan. Fungi biakan murni yang memiliki pertumbuhan yang lambat (≥ 4 hari) berhasil diisolasi sebanyak 57 isolat, dan hasil pengamatan lanjutan (penampakan spora pada media agar) hanya terpilih sebanyak 23 fungi. Dari 23 fungi terpilih memiliki beragam karakteristik secara morfologi, seperti: bentuk dan pola hifa, warna hifa dan perubahan warna media, padahal fungi tersebut diisolasi dari tubuh buah dan spora yang sama, yaitu fungi pelawan. Hasil ini menunjukkan terjadinya keragaman mikroba dan membantu mengklarifikasi atas respon mikroba dan perubahan secara biologi yang berhubungan dengan perubahan lingkungan. Identifikasi molekuler dengan menggunakan primer ITS berhasil mengidentifikasi 23 isolat terpilih dan

masuk ke dalam 8 divisi *Ascomycota* dan 15 divisi *Basidiomycota*. Meskipun yang menjadi fungi target terisolasi adalah fungi yang lambat tumbuh, namun divisi *Ascomycota* masih teridentifikasi. Hal ini menunjukkan bahwa terjadinya keragaman mikoba yang dapat dibiakan secara konvensional dan dapat digunakan sebagai bahan acuan penelitian ke depan.

Dari hasil identifikasi secara molekuler diperoleh bahwa genus *Rigidoporus* tercatat menjadi isolat paling banyak (13%) dari 23 isolat terpilih. Selain *Rigidoporus*, genera (atau famili bila genus belum tersedia) fungi lain yang berhasil diisolasi adalah *Corticaceae* (9%), *Lentendreaa* (9%), *Psathyrella* (9%), *Cortinarius* (4%) diikuti oleh 13 genera lainnya (Tabel 1). Pohon filogeni dari 23 isolat terpilih ditampilkan pada Gambar 1. Keadaan ini mempertegas bahwa terjadi asosiasi fungi menempel pada tubuh buah fungi pelawan. Namun demikian tidak ada satupun isolat murni masuk ke dalam genus *Heimioporus*. Genus *Hemioprus* ini identik dengan ciri-ciri morfologi tubuh buah fungi pelawan (Tasuruni, 2012) yang memiliki ciri tudung cembung sampai mendatar atau agak berbentuk payung, berwarna merah tua-merah kecoklatan, halus atau pecah-retak, berpori dengan bentuk bersiku atau agak bulat, merah atau kuning muda pucat, sampai kuning kehijauan, tangkainya merah sama dengan tudung atau lebih tua, berjala merah tua, jejak spora kuning zaitun kecoklatan, spora berbentuk agak seperti telur sampai lonjong dan berornamen berwarna kuning madu. (Gambar 2 A–D). Hasil identifikasi secara molekuler pada tubuh buah fungi pelawan menghasilkan wilayah yang teramplifikasi oleh primer ITS masih pendek sehingga indek kesamaannya tidak bisa spesifik, dan berkumpul pada *clade* *Boletaceae*. Penelitian sebelumnya menjelaskan bahwa melalui *phylogenetic tree* terjadi perbedaan posisi antara *Boletus* dan *Heimioporus* meski keduanya termasuk ke dalam satu famili *Boletaceae* (Halling et

al., 2015). Penelitian yang dilakukan oleh (Tasuruni, 2012) mengidentifikasi fungi pelawan dari inang pohon *T. merguerensis* (pelawan batu) dari kabupaten Bangka Tengah adalah *Heimioporus retisporus* synonym dengan *Strobilomyces retisporus*. Genus *Strobilomyces* termasuk juga *Heimioporus* adalah fungi ektomikoriza yang sulit diisolasi secara konvensional menggunakan media sintetik (Brundrett et al., 1996).

Identifikasi secara molekuler dari sembilan isolat biakan murni yang diperoleh dari spora fungi pelawan masuk ke dalam divisi Basidiomycota, namun tidak ditemukan yang masuk ke dalam famili Boletaceae. Hasil ini mengindikasikan dan sejalan dengan hasil penelitian sebelumnya bahwa fungi pelawan sangat sulit diisolasi dan dibiakan pada media sintetik biasa (Tasuruni, 2012). Bentuk spora fungi pelawan adalah retikulat atau berjala, mirip dengan *Strobilomyces* (Halling et al., 2015), dan berkesesuaian dengan bentuk spora yang diperoleh dari hasil *trapping* dari tubuh buah langsung di lapangan. Spora yang berbentuk retikulat sangat hidropobik, dan pada kondisi lembap akan terbang dan mencari habitat yang lebih cocok (Hoppe & Schwippert, 2014). Kebanyakan spora akan berkecambah membentuk hifa pada kondisi lingkungan yang cocok, terutama kelembaban.

Heimioporus retisporus (synonym: *S. retisporus*) termasuk salah satu jenis fungi pembentuk ektomikoriza dari keluarga Boletaceae yang dapat bersimbiosis dengan keluarga Dipterocarpaceae, Myrtaceae, Pinaceae, dan Fagaceae (Tasuruni, 2012; Turjaman et al., 2011). Perbedaan genera *Strobilomyces* dengan *Heimioporus* adalah *Heimioporus* mempunyai warna daging tubuh buah fungi tidak berubah menjadi kemerahan atau kehitaman saat berada tempat udara terbuka, tudung yang bersifat rata dan mengkilat (tidak pecah-pecah) dan struktur trama tabung yang bersifat boletoid sejati (Gambar 2). Biakan

murni fungi yang terisolasi memiliki kegunaan dan beberapa fungsi ekologi yang berbeda seperti: saprofit, parasit atau patogen, pembusuk batang dan serasah serta simbiosis ektomikoriza (Tabel 1). Hasil penelitian ini diperoleh 2 famili yang berfungsi sebagai fungi ektomikoriza, yaitu famili Corticiaceae dan Cortinariaceae (Tabel 1.). Famili Corticiaceae terdiri dari isolat 4PK1 (Corticiaceae 1) dan isolat 17BK2 (Corticiaceae 2), sementara famili Cortinariaceae diwakili oleh isolat 24PK4 (*Cortinarius* sp.). Ketiga isolat tersebut kemudian dipilih dan diuji pemanfatannya dalam memacu pertumbuhan anakan *T. obovata*.

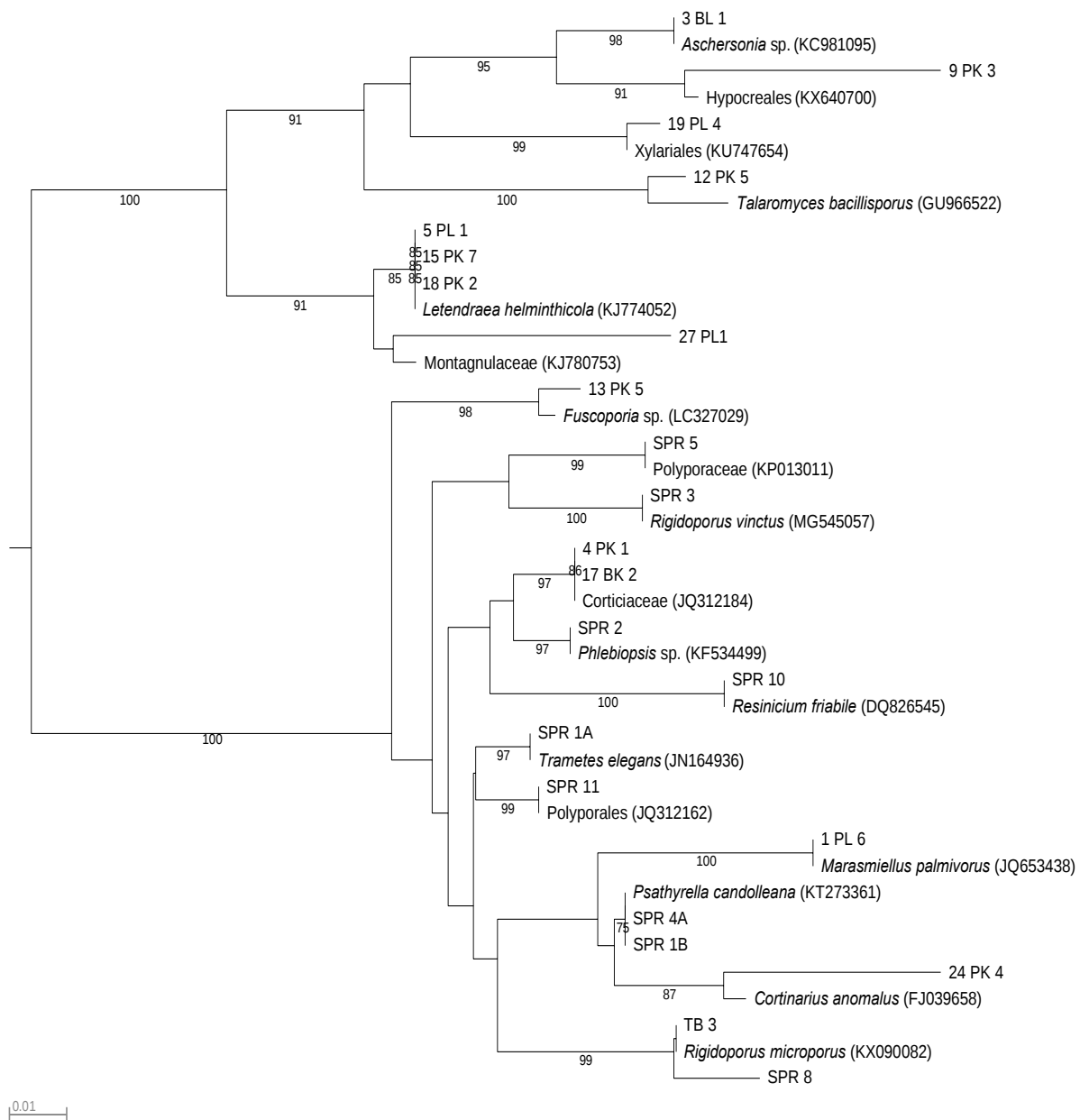
B. Perbanyakan secara vegetatif, stek pucuk dan anakan alam alam, *T. obovata*

Salah satu teknik perbanyakan anakan pelawan (*T. obovata*) dilakukan dengan cara stek pucuk. Bahan stek pucuk berasal dari anakan alam dan trubusan. Parameter yang diamati adalah kemampuan hidup, bertunas dan berakar setelah 12 minggu penanaman. Persentase hidup, bertunas dan berakar sangat bervariasi dengan nilai secara berturut-turut 30–57%, 12–37%, dan 4–28% (Tabel 2). Bahan stek pucuk yang berasal dari anakan alam yang ditanam menggunakan media A menunjukkan hasil yang paling baik dengan presentase hidup 57,2%, bertunas 37% dan berakar 28%. Sementara bahan stek pucuk yang berasal dari trubusan menghasilkan presentase semua parameter yang diamati paling kecil. Keberhasilan persentase hidup yang hampir sama dengan teknik perbanyakan stek pucuk pada jenis tanaman hutan dari rawa gambut, yaitu pada jenis *Ploiarium alternifolium* dan *Calophyllum hosei* pada kondisi di rumah kaca (Turjaman et al., 2008).

Selain perbanyakan bibit melalui stek pucuk, perbanyakan bibit pelawan dilakukan melalui cabutan anakan alam. Tingkat keberhasilan hidup anakan alam

hasil cabutan yang diaklimatisasi melalui teknik penyungkupan sederhana menghasilkan presentase hidup > 95% (data tidak diperlihatkan). Dua teknik perbanyakan anakan, stek dan cabutan, menjadi solusi yang tepat untuk dilakukan dimana perbanyakan secara generatif

menunjukkan tingkat keberhasilan yang kurang memuaskan, persentase berkecambah < 0.5% dari 1.000 benih yang ditaburkan (data tidak diperlihatkan). Ketidakpastian sumber benih pelawan juga menjadi faktor pembatas perbanyakan bibit secara generatif.



Gambar (Figure) 1. Pohon filogeni dari sekuen 23 isolat dan sekuen referensi (*Phylogenetic tree based on sequences of 23 isolates and sequences references*)

Tabel (Table) 1. Identitas nukleotida maksimum yang cocok dengan 23 isolat fungi berdasarkan sekuen ITS dengan menggunakan analisis BLAST (*Maximum nucleotide identity match for 23 fungal isolates based on ITS sequences using BLAST analysis*)

No	Kode Isolat (Isolate code)	Kemiripan (Similarity, %)	Jenis (Species)*	No. Akses (Accession number)	Fungsi ekologi (Ecological function)	Divisi, kelas, keluarga (Division, class, family)
1	1 PL 6	99	<i>Marasmiellus palmivorus</i>	JQ653438	1,2	Basidiomycota; Agaricomycetes; Marasmiaceae
2	3 BL 1	98	<i>Aschersonia</i> sp.	KC981095	1,2	Ascomycota; Sordariomycetes; Clavicipitaceae
3	4 PK 1	99	Corticaceae	JQ312184	3	Basidiomycota; Agaricomycetes; Corticiaceae
4	5 PL 1	100	<i>Lophiostoma helminthicola</i>	JN116664	4	Ascomycota; Dothideomycetes; Lophiostomataceae
5	9 PK 3	91	<i>Hypocreales</i> sp.	KX640700	2,5	Ascomycota; Sordariomycetes; Hypocreomycetidae
6	12 PK 5	94	<i>Talaromyces bacillisporus</i>	GU966522	1	Ascomycota; Eurotiomycetes; Trichocomaceae
7	13 PK 5	99	<i>Fuscoporia</i> sp.	LC327029	1,2	Basidiomycota; Agaricomycetes; Hymenochaetaceae
8	15 PK 7	99	<i>Letendreaa helminthicola</i>	KJ774052	4,2	Ascomycota; Dothideomycetes; Letendreaa
9	17 BK 2	99	Corticaceae	JQ312184	3	Basidiomycota; Agaricomycetes; Corticiaceae
10	18 PK 2	100	<i>Letendreaa helminthicola</i>	KJ774052	4,5	Ascomycota; Dothideomycetes; Letendreaa
11	19 PL 4	98	Xylariales	KU747654	2	Ascomycota; Sordariomycetes; Xylariomycetidae
12	24 PK 4	90	<i>Cortinarius</i> sp.	FJ039658	3	Basidiomycota; Agaricomycetes; Cortinariaceae
13	27 PL 1	97	Montagnulaceae	KJ780753	1	Ascomycota; Dothideomycetes; Pleosporomycetidae
14	TB 3	99	<i>Rigidoporus microporus</i>	KX090082	5	Basidiomycota; Agaricomycetes; Meripilaceae
15	SPR 1.A	99	<i>Trametes elegans</i>	JN164936	4	Basidiomycota; Agaricomycetes; Polyporaceae
16	SPR 1.B	97	<i>Psathyrella candolleana</i>	KT273361	4	Basidiomycota; Agaricomycetes; Psathyrellaceae
17	SPR 2	99	<i>Phlebiopsis</i> sp.	KF534499	2	Basidiomycota; Agaricomycetes; Phanerochaetaceae
18	SPR 3	99	<i>Rigidoporus vinctus</i>	MG545057	5	Basidiomycota; Agaricomycetes; Meripilaceae
19	SPR 4.A	97	<i>Psathyrella cacao</i>	NR148106	4	Basidiomycota; Agaricomycetes; Psathyrellaceae
20	SPR 5	99	Polyporaceae	KP013011	2,4	Basidiomycota; Agaricomycetes; Polyporaceae
21	SPR 8	99	<i>Rigidoporus microporus</i>	KX090082	5	Basidiomycota; Agaricomycetes; Meripilaceae
22	SPR10	100	<i>Resinicium friabile</i>	DQ826545	2	Basidiomycota; Agaricomycetes; Incertae sedis
23	SPR 11	99	Polyporales	JQ312162	3	Basidiomycota; Agaricomycetes; Polyporaceae

Keterangan (Remarks): 1 = saprofit (*saprophyte*), 2 = parasit (*parasitic*), 3 = ektomikoriza (*ectomycorrhiza*), 4 = pelapuk (*decomposer*), 5 = patogen (*pathogenic*). *) Ketika taksa genus belum didapatkan, maka nama ordo atau famili yang akan ditampilkan (*When genus was not identified, Ordo or Family are shown as the result of identification*)



Gambar (Figure) 2. Tubuh buah (A,B,C) dan spora fungi (D) pelawan yang hidup bersimbiosis dengan *T. obovata* (Fruit body (A,B,C) and spores (D) of pelawan fungi symbiosis with *T. obovata*)

Tabel (Table) 2. Persentase hidup, bertunas, dan berakar untuk sumber bahan stek dan media tanam berbeda (Survival rate, shooting, and rooting percentage for differences of cutting sources and planting medium)

Sumber Stek (Cutting sources)	Media (Medium)	Persentase (Percentage, %)					
		H		Bt		Br	
Anakan alam (Wild seedling)	A	57,2	± 11,7 (a)	32,2	± 7,4 (a)	28,3	± 12,7 (a)
	B	52,5	± 11,1 (a)	37,8	± 9,4 (a)	25,8	± 8,2 (a)
Trubusan (Shoots)	A	30,4	± 12,1 (b)	12,7	± 6,4 (b)	4,0	± 2,6 (b)

Keterangan (Remarks): H = kemampuan hidup (survival rate), Bt = kemampuan bertunas (shooting ability), Br = kemampuan berakar (rooting ability), B = arang sekam padi (rice husks charcoal), A = sekam padi (rice husks) dan sabut kelapa (coconut husks), angka pada kolom yang sama dan diikuti oleh satu atau lebih huruf yang tanda kurung menunjukkan respon yang tidak berbeda (the number into same coloum followed by one or more same latters are not significantly difference)

C. Inokulasi dengan isolat fungi terpilih pada bibit *T. obovata*

Hasil inokulasi fungi ektomikoriza pada stek pucuk *T. obovata* setelah tujuh bulan inokulasi menunjukkan bahwa perlakuan inokulasi dari isolat fungi

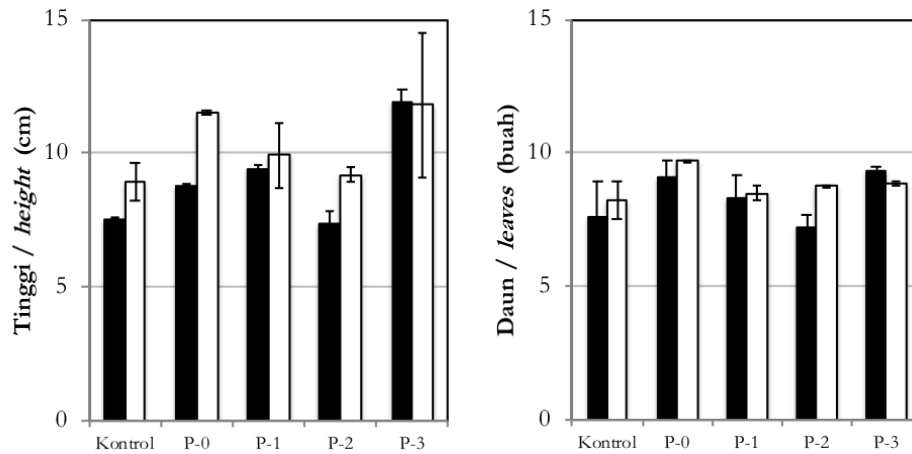
ektomikoriza P-3, P-1, dan P-0 mampu meningkatkan pertumbuhan tinggi dibandingkan dengan kontrol (Gambar 2). *Cortinarius* sp. (P-3) adalah fungi ektomikoriza yang dapat bersimbiosis pada banyak inang dan sering men-

dominasi dalam komunitas ekosistem hutan pinus, namun untuk mengisolasi fungi ini sangat sulit, dan apabila berhasil ditumbuhkan, pertumbuhan fungi *Cortinari* di media sintetik sangat lambat (Bödeker et al., 2014; Brundrett et al., 1996). Pertumbuhan tinggi setelah tujuh bulan inokulasi pada bibit asal anakan alam menunjukkan peningkatan pertumbuhan dengan nilai tertinggi dihasilkan oleh perlakuan P-3, diikuti perlakuan P-0, P-1, dan P-2 (Gambar 3). Bibit yang diperoleh dari anakan alam pada prinsipnya merupakan bibit yang dihasilkan secara generatif, benih pelawan jatuh ke tanah dan secara alami anakan tumbuh di sekitar pohon induk. Sementara itu, pertumbuhan tinggi pada bibit asal stek menunjukkan pola peningkatan yang serupa dengan bibit asal anakan alam, dimana perlakuan P-3 menghasilkan nilai pertumbuhan tertinggi (Gambar 3). Hasil penelitian ini mengindikasikan bahwa bibit pelawan sangat memerlukan keberadaan fungi ektomikoriza yang dapat menstimulasi dan mempercepat pertumbuhan tinggi tanaman. Secara alami, habitat pohon pelawan berada pada hutan kerangas yang memiliki lapisan humus yang sangat tipis dan ber-pH asam, sistem perakaran pelawan membutuhkan keberadaan fungi ektomikoriza untuk membantu penyerap nutrisi dan beradaptasi pada kondisi lingkungan yang sangat marginal.

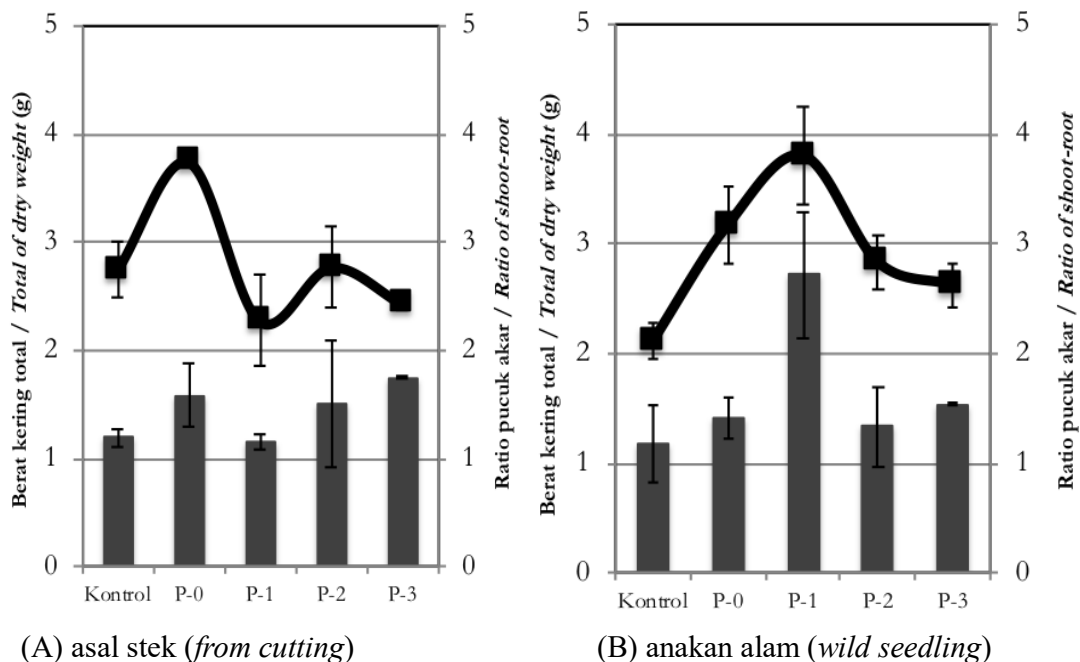
Penambahan jumlah daun (Gambar 3) pada stek pucuk pelawan yang diinokulasi oleh isolat ektomikoriza P-3 dan P-0 memperlihatkan bahwa makin banyak jumlah daun dan luas permukaan menyerap cahaya matahari, maka kapasitas fotosintesis makin besar untuk dapat menghasilkan energi berupa karbohidrat cair. Peranan fungi ektomikoriza yang menyiapkan senyawa fosfat tersedia

sangat membantu dalam proses fotosintesis pada inangnya. (Smits, 2006), sehingga bibit pelawan akan mempunyai kualitas bibit yang baik dan sehat. Hasil inokulasi fungi ektomikoriza pada bibit pelawan asal anakan alam terutama pada inokulan P-0 memberikan penambahan jumlah daun yang lebih banyak (Gambar 3). Inokulan dengan tanah yang berasal dari habitat asli pohon pelawan tumbuh sebenarnya sudah mengandung konsorsium fungi ektomikoriza, namun jenisnya belum teridentifikasi. Inokulan tanah cukup efektif untuk menginokulasi bibit pelawan secara massal, namun harus dipertimbangkan akan potensi fungi lain sebagai sumber penyakit agar proses inokulasi tidak mengalami kegagalan atau berdampak negatif dari proses inokulasi ektomikoriza. Dampak negatif yang sering terjadi adalah serangan penyakit yang dapat menyebabkan kematian pada bibit.

Hasil inokulasi fungi ektomikoriza memberikan respons rasio pucuk akar yang lebih baik pada bibit *T. obovata* asal anakan alam dibandingkan dengan *T. obovata* asal stek pucuk (Gambar 4). Pada bibit *T. obovata* asal dari anakan alam menunjukkan parameter rasio pucuk akar lebih tinggi pada perlakuan fungi ektomikoriza Corticiaceae 1 (P-1) hampir 4:1, sedangkan bibit *T. obovata* asal stek pucuk menunjukkan rasio pucuk akar lebih tinggi pada perlakuan inokulan tanah (P-0) hampir 4:1. Pohon normal di daerah *temperate* memiliki rasio pucuk akar antara 5:1 sampai 6:1, artinya rasio pucuk akar bibit *T. obovata* yang diinokulasi ektomikoriza mendekati ideal di tingkat lapang (Unger et al., 2017). Berdasarkan parameter rasio pucuk akar tersebut, bibit *T. obovata* yang dihasilkan dari semua perlakuan memiliki nilai di atas 2 (dua) yang menyatakan bahwa bibit sudah siap dan layak untuk dipindahkan ke lapangan.



Gambar (Figure) 3. Pertumbuhan bibit pelawan (*T. obovata*) setelah 7 bulan pemberian perlakuan, anakan hasil stek (batang warna hitam), anakan hasil anakan alam (batang warna putih) Kontrol = tanpa inokulasi; P-0 = inokulan tanah; P-1 = Corticiaceae 1; P-2 = Corticiaceae 2; P-3 = *Cortinarius* sp. (Growth of pelawan seedlings (*T. obovata*) after 7 months treated, seedling form cutting (black bar), wild seedling (white bars) Control = without inoculation; P-0 = soil inoculant; P-1= Corticiaceae 1; P-2 = Corticiaceae 2; P-3 = *Cortinarius* sp.)

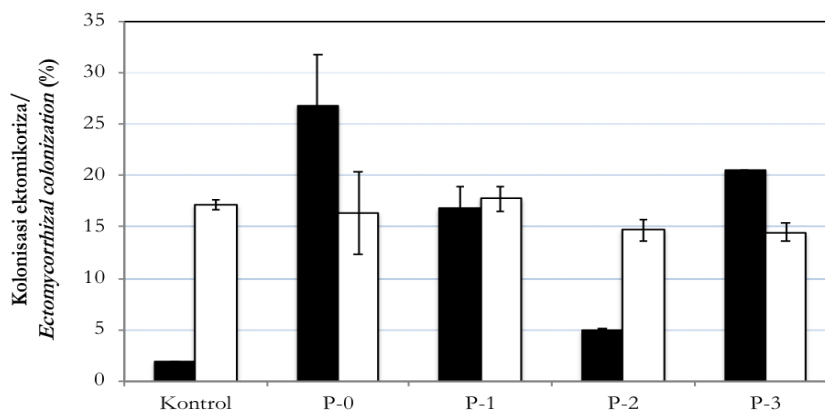


Gambar (Figure) 4. Parameter kualitas bibit pelawan (*T. obovata*) setelah 7 bulan pemberian perlakuan, berat kering total (batang), rasio pucuk akar (garis) Kontrol = tanpa inokulasi; P-0 = inokulan tanah; P-1 = Corticiaceae 1; P-2 = Corticiaceae 2; P-3 = *Cortinarius* sp. (Quality parameter of pelawan seedling (*T. obovata*) after 7 months treated, total of dry weight (bar), Ratio of shoot-root (line) Control = without inoculation; P-0 = soil inoculant; P-1= Corticiaceae 1; P-2 = Corticiaceae 2; P-3 = *Cortinarius* sp.)

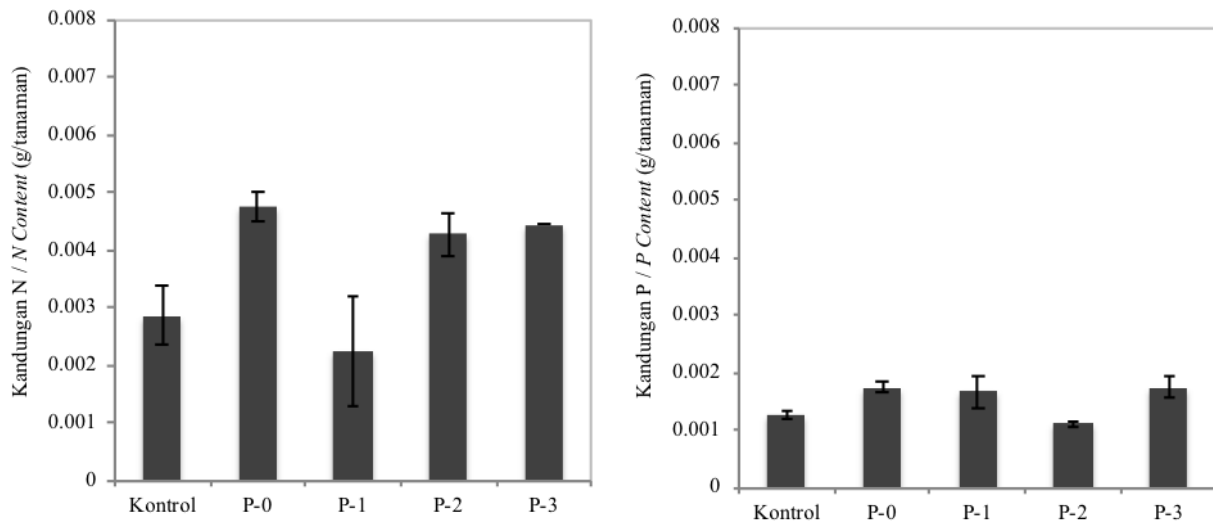
Pembentukan kolonisasi ektomikoriza lebih efektif pada bibit *T. obovata* asal stek pucuk dibandingkan dengan bibit *T. obovata* asal anakan alam (Gambar 5). Ada indikasi bahwa bibit *T. obovata* asal anakan alam telah terkolonisasi ektomikoriza lokal sehingga menghambat efektivitas inokulasi ektomikoriza (P-1, P-2, dan P-3) pada tingkat semai, termasuk di dalamnya asosiasi fungi endofit pada sistem perakaran anak alam (Hakim et al., 2017; Maulana et al., 2018). Hal ini terbukti pada bibit *T. obovata* yang tidak diinokulasi (kontrol) dari asal anakan alam membentuk kolonisasi ektomikoriza secara alami (Gambar 5). Perlakuan inokulan tanah pada bibit *T. obovata* asal stek pucuk menghasilkan pembentukan kolonisasi ektomikoriza lebih efektif dibandingkan perlakuan fungi ektomikoriza lainnya dan kontrol. Inokulan tanah yang diambil dari tegakan pohon pelawan dewasa kemungkinan berisi konsorsium berbagai macam jenis fungi ektomikoriza termasuk endofit yang bermanfaat bagi pertumbuhan bibit *T. obovata* di tingkat semai, demikian halnya

pada pemberian inokulan tanah pada bibit dari keluarga dipterokarpa (Brearley, 2012).

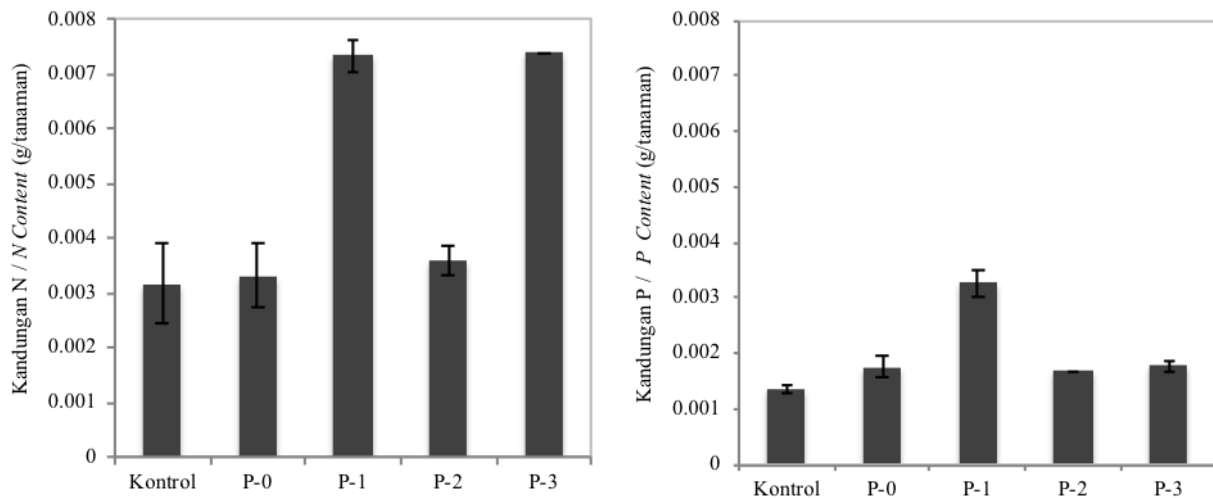
Hasil inokulasi fungi ektomikoriza setelah umur 7 bulan mampu meningkatkan kandungan N dan P pada bibit *T. obovata*. Bibit *T. obovata* asal stek yang diinokulasi fungi ektomikoriza (P-2) dan (P-3) mampu meningkatkan kandungan N, sedangkan bibit *T. obovata* asal anakan alam yang diinokulasi fungi ektomikoriza (P-1) dan (P-3) mampu meningkatkan kandungan N dan P (Gambar 6). Hasil ini didukung oleh hasil penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa pemberian perlakuan fungi ektomikoriza pada bibit *Shorea balangeran* dapat memberikan pengaruh peningkatkan kandungan N dan P pada jaringan tanaman dibandingkan dengan kontrol (Turjaman et al., 2011). Penanaman *S. balangeran* dan *D. polyphylla* yang diinokulasi fungi ektomikoriza di areal Taman Nasional Sebangau (Kalimantan Tengah) memberikan respons positif peningkatan nutrisi pada jaringan tanaman kedua jenis tersebut (Graham et al., 2013).



Gambar (Figure) 5. Persentase kolonisasi akar bibit pelawan (*T. obovata*) setelah 7 bulan pemberian perlakuan, anakan hasil stek (batang warna hitam), anakan hasil anakan alam alam (batang warna putih) Kontrol = tanpa inokulasi; P-0 = inokulan tanah; P-1 = Corticiaceae 1; P-2 = Corticiaceae 2; P-3 = *Cortinarius* sp. (Root infected percentage of pelawan seedling (*T. obovata*) after 7 months treated, seedling form cutting (black bar), wild seedling (white bars) Control = without inoculation; P-0 = soil inoculant; P-1 = Corticiaceae 1; P-2 = Corticiaceae 2; P-3 = *Cortinarius* sp.)



(A) asal stek pucuk (*shoot cutting*)



(B) asal anakan alam (*wild seedling*)

Gambar (Figure) 6. Kandungan Nitrogen (N, kiri) dan fosfor (P, kanan) pada anakan pelawan (*T. obovata*) setelah 7 bulan pemberian perlakuan. Kontrol = tanpa inokulasi; P-0 = inokulan tanah; P-1 = Corticiaceae 1; P-2 = Corticiaceae 2; P-3 = *Cortinarius* sp. (Nitrogen (left) and phosphor (right) content of pelawan seedling (*T. obovata*) after 7 months treated). Control = without inoculation; P-0 = soil inoculant; P-1 = Corticiaceae 1; P-2 = Corticiaceae 2; P-3 = *Cortinarius* sp.)

Dengan melakukan penanaman menggunakan bibit *T. obovata* yang diinokulasi oleh fungi ektomikoriza secara terencana pada banyak tempat di lahan yang terdegradasi maka usaha pelestarian hutan kerangas diharapkan dapat dipulihkan. Melalui pengamatan langsung lapangan di hutan pelawan Bangka

Belitung, ada indikasi bahwa fungi ektomikoriza pelawan lebih banyak dihasilkan pada areal-areal hutan pelawan dengan dominasi tegakan pohon *T. obovata* berdiameter batang kecil (5–10 cm) dan masih muda. Pengamatan pada tegakan pelawan berbatang besar (>15 cm), tubuh buah fungi ektomikoriza mulai

sulit ditemukan. Klarifikasi dan monitoring eksistensi fungi ektomikoriza bersimbiosis dengan pohon pelawan harus dilakukan untuk beberapa tipe hutan kerangas dan hutan rawa gambut, agar dapat dilakukan diagnosis dengan benar dan disimpulkan bahwa fungi pelawan mempunyai keeratan hubungan simbiosis di ekosistem hutan tersebut (Brundrett & Tedersoo, 2018). Fungi pelawan sangat dipengaruhi kondisi iklim mikro, dan dengan perubahan iklim tidak menentu menyebabkan panen fungi pelawan tidak dapat dipastikan. Pengamatan di tahun 2017 panen fungi pelawan hanya sebanyak dua kali, itupun tidak merata di semua lokasi tegakan pelawan di Bangka Barat.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Isolasi pada tubuh buah fungi tanah yang berasosiasi pada jenis pohon pelawan (*edible mushroom*) di media selektif Pachlewski diperoleh 23 isolat murni, 8 divisi *Ascomycota* dan 15 divisi *Basidiomycota*. Diperoleh 3 isolat yang berfungsi sebagai fungi ektomikoriza, yaitu 4PK1 (*Corticaceae* 1), 17BK2 (*Corticaceae* 2), dan 24PK4 (*Cortinari* sp.). Namun tidak ada satupun isolat yang memiliki kemiripan dengan fungi pelawan. Pada kondisi ketersediaan benih pelawan tidak ada kepastian (jumlah, waktu, dan kualitas) maka perbanyak bibit pelawan dapat dilakukan dengan teknologi stek pucuk dan cabutan anakan alam. Berdasarkan hasil uji pemanfaatan, ketiga fungi ektomikoriza memberi pengaruh terhadap pertumbuhan tinggi dan penambahan daun, berat kering, rasio pucuk akar, dan kandungan N dan P pada stek pucuk *T. obovata* setelah tujuh bulan aplikasi inokulasi di persemaian. Keberhasilan penyediaan bibit pelawan bermikoriza akan menjadi modal dasar untuk menyelamatkan ekosistem hutan kerangas dan hutan rawa-gambut yang selama ini mengalami penurunan baik dari

luasan maupun produktivitasnya.

B. Saran

Pembibitan *T. obovata* asal anakan alam melalui cabutan dapat dilakukan dengan terlebih dahulu diaklimatisasi selama 3–4 bulan di persemaian dengan teknologi sungkup plastik di bawah naungan. Dari sisi kepraktisan untuk perbanyak bibit pelawan di tingkat petani, inokulan ektomikoriza berupa tanah yang berasal dari tegakan pelawan dewasa dapat diinokulasikan mulai di persemaian untuk mendapatkan kualitas bibit yang lebih baik. Perlu dilakukan identifikasi molekuler terhadap tubuh buah fungi pelawan melalui optimasi teknik ekstraksi agar lokus target dapat teramplifikasi dengan baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan, Badan Litbang dan Inovasi, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, yang telah membiayai sebagian besar penelitian ini melalui dana DIPA tahun anggaran 2016-2017. Kepada semua pihak yang telah membantu pelaksanaan penelitian, pengolahan data dan penyempurnaan isi tulisan ilmiah ini, penulis menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan yang tinggi-tingginya.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, H. H., Al-Obaidi, R. M., & Fattah, C. H. (2015). Molecular Identification of *Candida* Species Isolated from Ears of Dogs Infected with *Otitis externa* by Detecting Internal Transcript Spacer (ITS1 and ITS4) in Sulaimania, Iraq. *Advances in Animal and Veterinary Sciences*, 3(9), 491–499. <http://doi.org/10.14737/journal.aavs/2015/3.9.491.499>.
- Bödeker, I. T. M., Clemmensen, K. E., de Boer, W., Martin, F., Olson, Å., &

- Lindahl, B. D. (2014). Ectomycorrhizal *Cortinarius* species participate in enzymatic oxidation of humus in northern forest ecosystems. *New Phytologist*, 203(1), 245–256. <http://doi.org/10.1111/nph.12791>.
- Brearley, F. Q. (2012). Ectomycorrhizal Associations of the Dipterocarpaceae. *Biotropica*, 44(5), 637–648. <http://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2012.00862.x>.
- Brundrett, M., Bougher, N., Dell, B., & Grove, T. (1996). Working Ylith Mycorrhizas in Forestry and Agriculture. *Australian Centre for International Agricultural Research*, 135(4), 347. <http://doi.org/10.13140/2.1.4880.5444>.
- Brundrett, M., & Tedersoo, L. (2018). Misdiagnosis of mycorrhizas and inappropriate recycling of data can lead to false conclusions. *New Phytologist*, 18–24. <http://doi.org/10.1111/nph.15440>.
- Garay, L. A., Sitepu, I. R., Cajka, T., Fiehn, O., Cathcart, E., Fry, R. W., ... Boundy-Mills, K. L. (2017). Discovery of synthesis and secretion of polyol esters of fatty acids by four basidiomycetous yeast species in the order Sporidiobolales. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 44(6), 923–936. <http://doi.org/10.1007/s10295-017-1919-y>.
- Gardin, P., Freire, C. G., Jose, A., Baratto, M., Werner, S. S., Rodrigues, C., & Vieira, R. L. (2018). First record of in vitro formation of ectomycorrhizae in *Psidium cattleianum* Sabine, a native Myrtaceae of the Brazilian Atlantic Forest. *Plos One*, 13(5), 1–15. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0196984>.
- Graham, L. L. B., Turjaman, M., & Page, S. E. (2013). *Shorea balangeran* and *Dyera polyphylla* (syn. *Dyera lowii*) as tropical peat swamp forest restoration transplant species: Effects of mycorrhizae and level of disturbance. *Wetlands Ecology and Management*, 21(5), 307–321. <http://doi.org/10.1007/s11273-013-9302-x>.
- Hakim, S. S., Yuwati, T. W., & Nurulita, S. (2017). Isolation of Peat Swamp Forest Foliar Endophyte Fungi as Biofertilizer. *Journal of Wetland Environmental Management*, 5(1), 10–17.
- Halling, R. E., Fechner, N., Nuhn, M., Osmundson, T., Soyong, K., Arora, D., ... Hibbett, D. (2015). Evolutionary relationships of *Heimioporus* and *Boletellus* (Boletales), with an emphasis on Australian taxa including new species and new combinations in *Aureoboletus*, *Hemileccinum* and *Xerocomus*. *Australian Systematic Botany*, 28(1), 1–22. <http://doi.org/10.1071/SB14049>.
- Hoppe, T., & Schwippert, W. W. (2014). Hydrophobicity of myxomycete spores: An undescribed aspect of spore ornamentation. *Mycosphere*, 5(4), 601–606. <http://doi.org/10.5943/mycosphere/5/4/12>.
- Kozarski, M., Klaus, A., Vunduk, J., Zizak, Z., Niksic, M., Jakovljevic, D., ... Van Griensven, L. J. L. D. (2015). Nutraceutical properties of the methanolic extract of edible mushroom *Cantharellus cibarius* (Fries): Primary mechanisms. *Food and Function*, 6(6), 1875–1886. <http://doi.org/10.1039/c5fo00312a>.
- Le Tacon, F., Rubini, A., Murat, C., Riccioni, C., Robin, C., Belfiori, B., ... Paolocci, F. (2016). Certainties and uncertainties about the life cycle of the Périgord black truffle (*Tuber melanosporum* Vittad.). *Annals of Forest Science*, 73(1), 105–117. <http://doi.org/10.1007/s13595-015-0461-1>.
- Maulana, A. F., Turjaman, M., Sato, T., Hashimoto, Y., Cheng, W., &

- Tawaraya, K. (2018). Isolation of endophytic fungi from tropical forest in Indonesia. *Symbiosis*, 76(2), 151–162. <http://doi.org/10.1007/s13199-018-0542-7>.
- Olsen, S. R., & Sommers, L. E. (1982). Phosphorus. In A. L. Page (Ed.), *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Agron. Monogr. 9.* (pp. 403–430). Madison, Wisconsin USA: American Society of Agronomy, Inc. <http://doi.org/10.2134/agronmonogr9.2.2ed>.
- Salma, S. (2013). *Perancang primer spesifik untuk mendeteksi dini fungi pangan ektomikoriza pelawan*. Institut Pertanian Bogor.
- Sihombing, V. S., & Rianti, A. (2016). Potensi komoditas jamur dan madu pelawan di Kabupaten Bangka Tengah dan Bangka Barat Provinsi Bangka Belitung. In M. Bismark & E. Santoso (Eds.), *Membangun Hasil Hutan yang Tersisa*. Bogor, Indonesia: FORDA Press.
- Smits, M. (2006). *Ectomycorrhizal fungi and biogeochemical cycles of boreal forests*. Wageningen University.
- Soesf, M. S., Hong, L., & Prawirohatmodjo, S. (1998). *Plant resources of South-East Asia No. 5(3). Timber trees: lesser-known timbers*. Leiden: Backhuys Publishers.
- Tasuruni, D. (2012). *Analisis morfologi dan sekuens ITS rDNA fungi edibel ektomikoriza pelawan dan struktur ektomikorizanya*. Institut Pertanian Bogor.
- Turjaman, M. (2018a). Bio-restorasi fungi ektomikoriza pada keluarga dipterokarpa. In S. Budi, A. Hidayat, & M. Turjaman (Eds.), *Bioprospek Mikroba Hutan Tropis Indonesia*. Bogor, Indonesia: IPB Press.
- Turjaman, M. (2018b). Potensi kekuatan mikroba hutan tropis. In S. . Budi, A. Hidayat, & M. Turjaman (Eds.), *Bioprospek Mikroba Hutan Tropis Indonesia*. Bogor, Indonesia: IPB Press.
- Turjaman, M., Santoso, E., Susanto, A., Gaman, S., Limin, S. H., Tamai, Y., ... Tawaraya, K. (2011). Ectomycorrhizal fungi promote growth of *Shorea balangeran* in degraded peat swamp forests. *Wetlands Ecology and Management*, 19(4), 331–339. <http://doi.org/10.1007/s11273-011-9219-1>.
- Turjaman, M., Tamai, Y., Sitepu, I. R., Santoso, E., Osaki, M., & Tawaraya, K. (2008). Improvement of early growth of two tropical peat-swamp forest tree species *Ploiarium alternifolium* and *Calophyllum hosei* by two arbuscular mycorrhizal fungi under greenhouse conditions. *New Forests*, 36(1), 1–12. <http://doi.org/10.1007/s11056-008-9084-9>.
- Unger, S., Friede, M., Volkmar, K., Hundacker, J., & Beyschlag, W. (2017). Relationship between mycorrhizal responsiveness and root traits in European sand dune species. *Rhizosphere*, 3(April), 160–169. <http://doi.org/10.1016/j.rhisph.2017.04.008>.
- Wang, Y., Yu, F., Zhang, C., & Li, S. (2017). *Tricholoma matsutake*: an edible mycorrhizal mushroom of high socioeconomic relevance in China *Tricholoma matsutake*: un hongo comestible micorrícico de gran importancia socioeconómica en China. *Scientia Fungorum*, 46, 55–61. Retrieved from <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmm/v46/0187-3180-rmm-46-55.pdf>.
- Waseem, M., Ducousso, M., Prin, Y., Domergue, O., Hannibal, L., Majorel, C., ... Galiana, A. (2017). Ectomycorrhizal fungal diversity associated with endemic *Tristaniopsis* spp. (Myrtaceae) in ultramafic and volcano-sedimentary soils in New Caledonia. *Mycorrhiza*, 27(4), 407–

413. <http://doi.org/10.1007/s00572-017-0761-4>.
- White, T. J., Bruns, T., Lee, S., & Taylor, J. (1990). Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. In M. A. Innis, D. H. Gelfand, J. J. Sninsky, & T. . White (Eds.), *A guide to methods and applications* (pp. 315–322). New York: Academic Press, Inc. <http://doi.org/10.1016/B978-0-12-372180-8.50042-1>.