

Penyakit Akar *Ganoderma* sp. pada Sengon di Jawa Barat dan Jawa Timur

Root Diseases Ganoderma sp. on the Sengon in West Java and East Java

Elis Nina Herliyana^{1*}, Darmono Taniwiryono², dan Hayati Minarsih²

¹Departemen Silvikultur, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor
Jalan Lingkar Akademik, Kampus IPB Dramaga PO Box 168, Bogor 16680, Indonesia

²Balai Penelitian Bioteknologi Perkebunan Indonesia, Jalan Taman Kencana No. 1, Bogor 16151, Indonesia

Diterima 3 November 2011/Disetujui 22 Mei 2012

Abstract

Sengon tree (Paraserianthes falcataria (L.) Nielsen) currently becomes a major forest tree species widely planted by smallholders in Indonesia. The wood of this is quick growing and relatively easy to sell. However, level of plant safety sengon between crop plantations and other forestry need to be assessed considering the sengon tree is alternative host of Ganoderma spp. Studies have been conducted to know the presence and diversity of Ganoderma spp. on the sengon tree and some ways inoculation on sengon plant in the nursery. Survey of Ganoderma conducted in several locations of community forests and cacao (Theobroma cacao) plantations in West Java and East Java. Testing of genetic diversity based on RAPD technique. This conducted at the Biotechnology Research Institute of Plantation Indonesia Bogor. Inoculation testing conducted at the Faculty of Forestry, Bogor Agricultural University. The results showed that Ganoderma lucidum was found on the sengon tree and cacao plant, generally on the dead stump. The test results of genetic diversity obtained genetic similarity between G. lucidum from sengon and cacao are quite close. The results of inoculation of G. lucidum testing on seedlings sengon showed that both isolate from cacao and sengon tree able to infect a sengon tree back. The existence of sengon tree as shade plants for cacao plant need to watch out, because production cycle of sengon tree faster than production cycle of cacao plant that is protected.

Keywords: survey of Ganoderma, Paraserianthes falcataria, genetic diversity, inoculation testing

Abstrak

Pohon sengon (Paraserianthes falcataria) saat ini banyak diusahakan oleh masyarakat Indonesia. Selain karena produktifitas kayunya per satuan waktu cukup tinggi, pemasaranannya juga relatif mudah. Bagaimanapun juga tingkat keamanan pohon sengon di antara pertanaman perkebunan dan kehutanan lainnya perlu dikaji mengingat pohon sengon merupakan inang alternatif Ganoderma spp. Penelitian telah dilakukan guna mengetahui keberadaan dan keragaman Ganoderma spp. pada pohon sengon dan beberapa cara inokulasi pada bibit sengon di rumah kaca. Survey Ganoderma dilakukan di beberapa lokasi hutan rakyat dan perkebunan kakao di Jawa Barat dan Jawa Timur. Uji keragaman genetik berdasarkan teknik RAPD dilakukan di Balai Penelitian Bioteknologi Perkebunan Indonesia Bogor. Uji inokulasi dilakukan di Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Ganoderma lucidum ditemukan pada pohon sengon dan kakao, umumnya pada tunggul yang telah mati. Hasil uji keragaman genetik diperoleh kemiripan genetik yang cukup dekat antara G. lucidum asal sengon dan kakao. Hasil uji inokulasi pada bibit sengon menunjukkan bahwa G. lucidum hasil isolasi dari tanaman kakao dan sengon mampu menginfeksi kembali bibit sengon. Keberadaan sengon sebagai pohon pelindung untuk tanaman kakao perlu diwaspadai, karena siklus produksi sengon lebih cepat dibanding siklus produksi tanaman kakao yang dilindungi.

Keywords: survei Ganoderma, Paraserianthes falcataria, keragaman genetik, uji inokulasi

**Penulis untuk korespondensi, email: elisherliana@yahoo.com, telp. +62-251-8626806*

Pendahuluan

Alih guna lahan hutan menjadi lahan pertanian atau perkebunan disadari menimbulkan banyak masalah lingkungan. Agroforestri merupakan salah satu sistem pengelolaan lahan yang dapat ditawarkan untuk mengatasi masalah yang timbul akibat adanya alih guna lahan tersebut. Sebagai contoh di daerah hulu Way Besai, hutan yang semula luasnya mencapai 60% telah berubah menjadi perkebunan rakyat, persawahan di lembah bukit, dan perkampungan sehingga hutan yang tersisa hanya 12% dari total luas lahannya. Namun, karena himbauan yang dilakukan selama 15 tahun terakhir, semakin banyak budi daya perkebunan yang semula berbentuk sistem monokultur, secara bertahap berubah menjadi budi daya perkebunan campuran dengan pohon penaung (Verbist *et al.* 2004). Salah satu tanaman perkebunan yang populer dan banyak dibudidayakan petani di Indonesia adalah kakao. Pohon penaung yang digunakan dalam pengusahaan agroforestri kakao adalah tanaman leguminosa, salah satunya sengon. Dalam pola ini petani akan memperoleh penghasilan dari tanaman pertanian untuk jangka pendek dan untuk jangka panjangnya akan diperoleh penghasilan dari tanaman kehutanan. Selain itu, pohon kehutanan akan dapat menyimpan air dan mencegah longsor.

Selain sebagai pohon penaung, sengon juga bernilai ekonomi sebagai salah satu jenis pohon hutan rakyat. Jawa Tengah dan Jawa Barat dilaporkan mempunyai lebih dari 60% dari total jumlah pohon sengon yang ditanam oleh masyarakat di Indonesia (Krisnawati *et al.* 2010). Secara umum sengon di hutan rakyat di Jawa mencapai luas hampir 400.000 ha dan mampu memasok sekitar 895.000 m³ kayu per tahunnya. Jumlah ini merupakan 10% serapan kayu berbagai industri di Pulau Jawa. Produktivitas hutan rakyat di Pulau Jawa rata-rata sebesar 2,29 m³ ha⁻¹ tahun⁻¹ (Arupa 2008).

Menurut Hidayat (2002), sengon merupakan jenis pionir dengan sebaran alami di Maluku, Papua Nugini, Kepulauan Solomon, dan Bismark. Pohon ini tumbuh di hutan hujan dataran rendah sekunder atau hutan pegunungan rendah dengan ketinggian 0–1.600 mdpl dan optimum pada 0–800 mdpl. Jenis ini juga dapat beradaptasi dengan iklim monsoon dan lembap dengan curah hujan 2.000–2.700 mm tahun⁻¹ dan bulan kering hingga 4 bulan serta dapat ditanam pada tapak tidak subur tanpa pupuk. Sengon merupakan jenis cepat tumbuh (riap 2,5 m³ tahun⁻¹) yang tidak dapat tumbuh optimal pada lahan berdrainase jelek. Sengon juga bersimbiosis dengan mikoriza arbuskular sehingga pohon ini sangat baik untuk meningkatkan kesuburan tanah marjinal (Nusantara 2002).

Kayu sengon termasuk kelas awet IV–V dan kelas kuat IV–V. Kayunya lunak dan mempunyai nilai penyusutan dalam arah radial dan tangensial berturut-turut 2,5 dan 5,2% (Martawijaya & Kartasujana 1977). Kayu sengon dapat digunakan untuk berbagai keperluan seperti bahan konstruksi ringan (misalnya langit-langit, panel, interior, perabotan, dan kabinet), bahan kemasan ringan (misalnya paket, kotak, kotak cerutu dan rokok, peti kayu, peti teh, dan palet), korek api, sepatu kayu, alat musik, mainan, dan

sebagainya. Kayu sengon juga dapat digunakan untuk bahan baku tripleks dan kayu lapis, serta sangat cocok untuk bahan papan partikel dan papan blok. Kayu sengon juga banyak digunakan untuk bahan rayon dan pulp untuk membuat kertas dan mebel (Krisnawati *et al.* 2010). Namun, kayu sengon lebih diminati oleh masyarakat maupun perusahaan sebagai sumber kayu komersial untuk industri pengolahan kayu bagi kayu dengan diameter > 30 cm (Pirard & Cossalter 2006).

Salah satu kendala budi daya pohon kehutanan yang telah banyak dilaporkan berupa serangan penyakit busuk akar merah yang disebabkan oleh jamur *Ganoderma* spp. (Solomon *et al.* 1993; Lee 2000; Old *et al.* 2000; Basset & Peters 2003; Sankaran *et al.* 2005; Widyastuti 2007; Widyastuti 2010; Wingfield *et al.* 2010; Gafur *et al.* 2011). Penyakit paling serius di hutan tanaman industri *Acacia mangium* dan *Eucalyptus* sp. di Sumatera disebabkan oleh penyakit akar merah *Ganoderma philippii* (Gafur *et al.* 2011). Kejadian serangan *Ganoderma* dari tahun ke tahun dikhawatirkan akan terus meningkat. Pada generasi kedua hutan tanaman industri *A. mangium* di Sumatera dan Kalimantan, kejadian serangan *Ganoderma* pada tegakan berumur 3–5 tahun sebanyak 3–28% (Irianto *et al.* 2006). Bahkan serangan *Ganoderma* dapat terjadi pada seluruh pohon sengon yang ditanam pada generasi kedua di Jawa (Widyastuti 2008, komunikasi pribadi).

Serangan *Ganoderma* spp. pada akar pohon di lapangan sulit dideteksi karena berada di dalam tanah. Akar yang baru terinfeksi tertutup oleh rhizomorfa berwarna merah dan miselium berwarna putih. Secara umum gejala pada bagian pohon di permukaan tanah adalah adanya penurunan vigor yang cepat yang ditandai dengan perubahan warna, pelayuan daun, dan akhirnya kematian tanaman. Penguningan dan pengguguran daun biasanya mendahului kematian tanaman. Tubuh buah jamur kadang terbentuk di bagian bawah batang yang sudah mati, yang berbatasan dengan permukaan tanah. Menurut Bassett & Peters (2003), meskipun tanaman sudah menunjukkan gejala sakit, namun terkadang tubuh buah *Ganoderma* spp. belum terbentuk. Di lain pihak, pada tanaman yang tampak sehat ditemukan tubuh buah *Ganoderma* spp. di pangkal batangnya. Hasil pengamatan Gafur *et al.* (2011), menunjukkan bahwa serangan *Ganoderma* pada akar pohon eukaliptus memiliki gejala yang sama yaitu adanya rhizomorf, modifikasi miselium yang berfungsi sebagai alat untuk mempertahankan diri dan dapat menyebar ke tanaman inang di sekitarnya yang berwarna merah dan miselium berwarna putih.

Penelitian ini dilakukan sebagai salah satu upaya untuk meningkatkan teknologi perlindungan tanaman terhadap penyakit *Ganoderma* spp. Tujuan penelitian untuk mengetahui: 1) keberadaan *Ganoderma* spp pada sengon, pohon penaung kakao, dan inang pohon penaung lainnya di Jawa Barat dan Jawa Timur, 2) uji keragaman genetik *Ganoderma* spp. pada sengon dan inang pohon penaung lainnya, dan 3) untuk mendapatkan teknik inokulasi *G. lucidum* asal tanaman kakao dan *G. lucidum* asal sengon ke bibit sengon di rumah kaca.

Metode

Survei *Ganoderma* spp. pada sengon, kakao, dan pohon penaung lain Saat survei, dilakukan pemotretan dan koleksi tubuh buah jamur *Ganoderma*. Data keberadaan serangan *Ganoderma* diperoleh berdasarkan informasi dari berbagai pihak dan masyarakat setempat. Tubuh buah jamur tersebut yang masih segar dikumpulkan dari lapangan di beberapa hutan rakyat dan perkebunan kakao di Jawa Barat dan Jawa Timur. Tiap sampel dibungkus dengan kertas koran, diberi tanda, dimasukkan ke dalam kardus, kemudian kardusnya dimasukkan ke dalam kantong plastik untuk dikirim atau dibawa ke laboratorium.

Jaringan daging tubuh buah (*contex*) yang terletak ditengah -secara alami steril- diambil satu cuplikan dengan menggunakan pinset steril. Jaringan tersebut ditumbuhkan pada agar cawan PDA yang sudah disiapkan. Biakan murni yang diperoleh dipindahkan ke biakan miring untuk disimpan. Untuk penyimpanan dalam waktu yang lama, biakan pada media PDA dipotong kecil-kecil kemudian dimasukkan di dalam botol tertutup rapat berisi air steril. Jika tidak terdapat tubuh buah yang segar, bagian jaringan akar tanaman pada perbatasan antara yang sehat dan yang sakit dipotong kemudian diperlakukan dengan cara yang sama seperti di atas. Identifikasi isolat-isolat jamur dilakukan berdasarkan pengamatan tubuh buahnya (Stamets 1993, First-Nature 2011).

Analisis keragaman genetik berdasarkan teknik RAPD Isolat *Ganoderma* spp. yang akan digunakan dalam analisis ini ditumbuhkan pada kultur cair untuk kemudian diisolasi DNA totalnya. Potongan DNA total kemudian diamplifikasi secara acak menggunakan primer acak panjang 10 basa. Hasil amplifikasi acak kemudian dilewatkan melalui gel elektroforesis untuk mengetahui pola pita DNA yang dihasilkan. Pola pita yang diperoleh kemudian dibandingkan satu sama lain pada seluruh isolat yang diperoleh. Metode lengkap diuraikan dalam Minarsih *et al.* (2011).

Uji inokulasi *ganoderma* pada bibit sengon di rumah kaca Pembuatan bahan pembawa kayu berupa potongan kayu sengon berdiameter 3, 4, dan 5 cm dipotong dengan panjang masing-masing 5 cm. Pengupasan kulit kayu dilakukan untuk mempermudah infeksi jamur terhadap kayu (Sinulingga 1989). Kayu sengon mula-mula direbus selama 2 jam, kemudian direndam dalam air rebusan tersebut selama 12 jam dan ditiriskan. Contoh kayu tersebut selanjutnya disterilisasi menggunakan autoklaf selama 30 menit pada suhu 121 °C.

Isolat *G. lucidum* sp.3 asal sengon Ciamis dan isolat *G. lucidum* sp.4 asal kakao sudah disiapkan sampai berumur ± 10 hari atau sudah memenuhi permukaan media PDA pada wadah botol uji (ukuran diameter 12–15 cm dan tinggi 13–16 cm) dan media PDA pada cawan petri (diameter 9 cm). Potongan kayu steril diletakkan di atas isolat tersebut dan diinkubasi selama 1–2 bulan atau sampai miselium *G. lucidum* tumbuh menutupi seluruh permukaan kayu.

Persiapan media tanam berupa campuran media tanah, kompos kotoran sapi, dan arang sekam dengan perbandingan 2:1:1 disterilisasi menggunakan autoklaf. Media tanam steril tersebut segera mungkin digunakan untuk penyapihan agar

tidak terkontaminasi.

Penyapihan dan pemeliharaan bibit sengon yang berumur 1,5 bulan dan inokulum ditanam bersama bibit sengon tersebut. Penyapihan dilakukan pada sore hari untuk mencegah kematian bibit sengon karena stres. Setelah penyapihan biasanya dibutuhkan waktu adaptasi selama 1–2 atau dua hari sehingga bibit sengon akan sedikit layu. Seluruh bibit diletakkan ke dalam sungkup yang telah dilapisi dengan paranet 75%.

Perlakuan inokulasi berupa kombinasi dari berbagai perlakuan akar, pemberian bahan pembawa kayu/*foodbase*, dan jenis isolat *G. lucidum*. Kombinasi pemberian *foodbase* seperti pada perlakuan kontrol terbagi dua yaitu PDA dan potongan kayu sengon. Perlakuan dengan potongan kayu sengon terdapat kombinasi ukuran variasi 3, 4, dan 5 cm. Jumlah total untuk perlakuan inokulasi ini adalah 25 perlakuan. Pengamatan dilakukan tiap hari mulai pada hari pertama selama 2 bulan dengan parameter pertambahan jumlah daun dan pertambahan tinggi bibit sengon.

Pengolahan data dibantu dengan *software* SAS. Model analisis yang digunakan adalah rancangan acak kelompok (RAK) 4 blok dan 2 faktor. Model ini digunakan karena setiap amatan ditempatkan pada kondisi pembawa jamur yang berbeda. Empat blok amatan terbagi atas pembawa kayu diameter 3 cm (K_3), pembawa kayu diameter 4 cm (K_4), pembawa kayu 5 cm (K_5), dan pembawa agar (A). Kemudian 2 faktor dalam model adalah faktor pemotongan akar dan faktor isolat. Faktor pemotongan akar terdiri atas: pemotongan akar (P_1) dan tanpa pemotongan akar (P_0). Faktor inokulasi isolat terdiri dari inokulasi isolat *G. lucidum* asal sengon (Sp_3), inokulasi isolat *G. lucidum* asal kakao (Sp_4), dan tanpa inokulasi (Sp_0). Jumlah bibit sengon dalam setiap unit eksperimen (plot) adalah 3 buah.

Hasil dan Pembahasan

Koleksi isolat *Ganoderma* spp. berasal dari lokasi pohon sengon dan pohon lain yang masih sekerabat digunakan sebagai penaung tanaman kopi dan kakao. Sebanyak 45 isolat *Ganoderma* berhasil dikumpulkan dari pohon sengon, kakao, lamtoro, mahoni (*Swietenia mahagoni*), saga (*Adenantha microsperma*), kihiang (*Albizia procera*), dan rambutan (*Nephelium lappaceum*). Hal ini menunjukkan bahwa *Ganoderma* mempunyai inang yang luas dan ditemukan pada tunggul ataupun pada pohon yang masih hidup.

Ganoderma sp. merupakan jamur patogen, penyebab penyakit akar merah yang menyebabkan kerusakan tanaman perkebunan dan kehutanan. *Ganoderma* sp. mempunyai sifat yang memiliki kisaran inang yang luas dan dapat menyerang berbagai jenis tanaman kehutanan dan perkebunan, misalnya beberapa spesies akasia (*Acacia mangium*, *A. auriculiformis*, *A. oraria*, *A. crassicarpa*), sengon, flamboyan (*Delonix regia*), cemara (*Casuarina equisetifolia*), angkana (*Pterocarpus indicus*), dan kelapa sawit (Widyastuti 1998; 2010). Semangun (2000) menyatakan bahwa *Ganoderma* spp. pada hutan tanaman dan perkebunan dilaporkan menjadi patogen akar yang potensial dan telah banyak menyerang beberapa jenis tanaman.

Koleksi dari Jawa Barat Sebanyak 34 isolat *Ganoderma* diperoleh dari daerah Jawa Barat, terdiri atas 7 isolat dari Cisaga (Ciamis), 3 isolat dari Putra Pinggan (Ciamis), 20 isolat dari Tasikmalaya, dan 4 isolat dari Bogor. Materi *Ganoderma* tidak hanya dikoleksi dari pohon sengon saja tetapi juga dikoleksi dari pohon pelindung lainnya. Materi yang diperoleh dari Putra Pinggan kesemuanya berupa tubuh buah jamur, 1 dari pohon sengon dan 2 dari pohon lamtoro. Pohon lamtoro yang masih hidup ditemukan terserang *Ganoderma*. Materi *Ganoderma* dari Tasikmalaya diperoleh dari hutan sengon rakyat dan dari pohon lainnya. Dari morfologi tubuh buah jamur yang berhasil ditemukan, diperoleh indikasi adanya variasi genetik yang cukup tinggi, demikian pula pada variasi penampakan koloni miselium. Materi yang diperoleh dari Cisaga kesemuanya berupa potongan jaringan akar tanaman kakao yang telah busuk, namun demikian, setelah diisolasi koloni yang tumbuh bukan jamur *Ganoderma* sp.

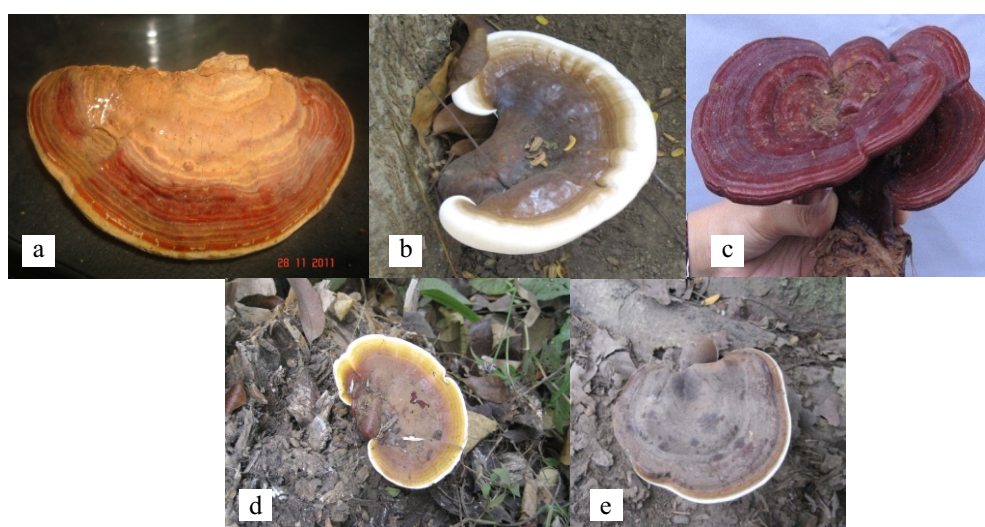
Koleksi dari Jawa Timur Sebanyak 11 materi *Ganoderma* yang umumnya terdiri atas tubuh buah jamur yang berhasil diperoleh dari kebun Ngrangkah Pawon, Kediri, Jawa Timur, milik PT Perkebunan Nusantara XII. Hampir setiap tunggul pohon pelindung di lokasi yang dikunjungi terserang jamur *Ganoderma*. Beberapa serangan pada tunggul pohon pelindung tersebut lokasinya berdekatan dengan tanaman kopi atau kakao. Di lapangan ditemukan tunggul sengon dan tunggul kakao yang saling berdekatan, kedua-duanya terserang *Ganoderma*. Dari hasil diskusi di lapang dilaporkan bahwa petugas lapang sering menemukan tubuh buah *Ganoderma* yang menempel pada pohon pelindung yang masih hidup khususnya dari jenis lamtoro. Dari hasil diskusi juga terungkap bahwa kematian tanaman kakao secara berantai dijumpai pada lokasi di mana ditemukan *Ganoderma* pada tunggul yang terserang.

Setelah diidentifikasi berdasarkan Stamets (1993) dan

First-Nature (2011), diketahui bahwa *Ganoderma* pada lamtoro asal Ciamis, *Ganoderma* pada pohon sengon laut pada tanaman sengon, *Ganoderma* dari Putra Pinggan, dan *Ganoderma* pada tanaman kakao Jember adalah berturut-turut *Ganoderma lucidum* sp.1, *G. lucidum* sp.2, *G. lucidum* sp.3, dan *G. lucidum* sp.4. *Ganoderma* pada tunggul mahoni adalah *Ganoderma applanatum* sp.1 (Gambar 1).

Beberapa jenis *Ganoderma* spp. yang hidup di daerah iklim sedang, di antaranya yaitu *G. tsugae*, *G. sessile*, *G. zonatum*, *G. ulcatum*, *G. oregonense*, *G. sequolae* dan *G. Nevadaense* (Stamets 1993; Mayzumi *et al.* 1997). Turner (1981) melaporkan bahwa paling sedikit terdapat 15 jenis *Ganoderma* di berbagai tempat di dunia yang menyebabkan penyakit busuk pangkal batang pada berbagai jenis pohon. Moncalvo *et al.* (1995) menyatakan bahwa terdapat 250 spesies *Ganoderma* di dunia yang telah diidentifikasi, sebagian besar terdapat di daerah tropika. Suriawiria (2001) melaporkan bahwa 21 spesies *Ganoderma* hidup di Indonesia.

Jamur *G. applanatum* Menurut Paterson (2006) *Ganoderma* termasuk divisi Basidiomycota, subdivisi Hymenomicotina, kelas Heterobasidiomycetes, ordo Tremellales, dan famili Tremellaceae. Menurut First-Nature (2011) dan Stamets (1993), *Ganoderma* spp. merupakan genus jamur dari filum Basidiomycota, kelas Agaricomycetes, ordo Polyporales, family Ganodermataceae (Taxonomy). Jamur *G. applanatum* merupakan salah satu contoh jamur *bracket*-jamur makro yang tidak *edible*-tahunan yang sangat umum ditemukan. Bagian bawah berwarna putih krem dan kalau dilukai akan berbekas cokelat. Pada saat melepaskan spora sebagian besar tubuh buahnya akan tertutupi warna seperti debu berwarna cokelat. Jamur yang tubuh buahnya bisa bertahan hidup beberapa tahun ini tidak bisa dimakan. Kalau dipotong akan terlihat lapisan *tube-himenium* yang terdiri dari pori-pori



Gambar 1 Keragaman morfologi tubuh buah *Ganoderma*: (a) *G. lucidum* sp.1 pada lamtoro asal Ciamis; (b) *G. lucidum* sp.2 pada pohon sengon laut; (c) *G. lucidum* sp.3 pada sengon dari Ciamis yang selama ini digunakan dalam industri obat herbal alami; (d) *G. lucidum* sp.4 pada tanaman kakao Jember; dan (e) *G. applanatum* sp.1 pada tunggul mahoni.

sporanya. Jumlah lapisan *tube* ini menunjukkan umur tubuh buah. Umum dijumpai pada dasar pohon hutan baik pada daun lebar maupun daun jarum. Seringkali dijumpai pada batang pohon yang tumbang atau yang berlubang atau pada tunggul kayu. Diameter panjang tubuh buah 15–50 cm dan 5–10 cm tebal. Pinggiran tubuh buahnya berwarna putih *off* dan permukaan atas cokelat. Kedalaman pori/*tube*-nya lebih dari 12 mm. Diameter lubang pori kecil dan khas (5 buah per mm³), berwarna putih pada tubuh buah muda kemudian menjadi cokelat seiring umur atau rusak.

Jamur *G. lucidum* Spesies *Ganoderma* sangat sulit untuk diidentifikasi secara meyakinkan karena keragamannya yang besar, demikian pula dengan *G. lucidum*. Sebelum tubuh buahnya matang dan mulai melepaskan awan sporanya yang berwarna cokelat yang akan menutupi sendiri permukaan tubuh buahnya dan juga batang kayunya tempat jamur tersebut. Hal ini akan menyebabkan tertutupnya penampilan menariknya yang seperti diberi permis. Tudung tubuh buah dapat mencapai diameter lebih 35 cm dengan ketebalan 4 cm. *Tube* berwarna cokelat dengan kedalaman 5–20 mm dan 8–10 mm. Pori-porinya kecil bulat warnanya putih saat tubuh buah muda, kemudian berubah cokelat seiring umur atau memar/rusak. Jejak spora berwarna cokelat. Bau/rasa tidak *significant*. Habitat *The Lacquered Bracket* ini umumnya pada dasar pohon kehutanan atau pada tunggul dari pohon oak yang baru ditebang, tetapi kadang-kadang ditemukan pada pohon daun lebar. Pada saat tubuh buah muda teksturnya lunak, kemudian mengeras melalui musim gugur dan meluruh pada tahun berikutnya. Tubuh buah muncul biasanya pada musim gugur, di Inggris dan Irlandia kejadiannya jarang. Mirip spesies *G. applanatum*, jamur artis ini mempunyai perbedaan yaitu warna oker cokelat putih dengan margin yang jauh lebih tipis dari *G. lucidum* (Steyaert 1972; Stalpers 1978; Stamets 1993; First-Nature 2011).

Ganoderma spp. adalah organisme luar biasa yang dapat secara eksklusif mendegradasi lignin menjadi air dan CO₂, setelah berbagai reaksi yang ada, selulosa menjadi tersedia sebagai nutrisi bagi jamur tersebut. Gejala serangan *Ganoderma* spp. tingkat ringan pada tanaman secara umum adalah layu, tidak berkembang, kehilangan helai daun sampai lodoh pada batang. Pada serangan tingkat lanjut, secara umum penyakit dapat diidentifikasi dengan kemunculan tubuh buah. Tubuh buah ini keras dan berkayu dengan ukuran yang cukup besar. Ukuran tubuh buah dapat mencapai diameter 15 cm dan ketebalan 5 cm. Warna tubuh buah dari cokelat muda hingga cokelat tua dan bahkan jingga. Bagian atas tubuh buah dapat agak mengkilat dengan bagian bawah berwarna putih (Henessy & Daly 2007). Bagian permukaan bawah berwarna putih kekuning-kuningan tersusun dari jutaan pori-pori tempat ribuan basidia tumbuh dan menghasilkan jutaan spora (Widyastuti 2007). Dari hasil pengamatan di lapangan, spora *Ganoderma* diproduksi serentak, mengepul bagaikan asap rokok dari bagian permukaan bawah tubuh buah, terutama terjadi pada pagi hari ketika suhu di lapangan mulai naik. Spora yang diproduksi secara serentak tersebut sebagian besar didisposisikan di atas permukaan tubuh buah yang diduga terjadi melalui bantuan turbulensi udara dan perbedaan muatan antara permukaan tubuh buah dan spora. Spora yang

diterbangkan oleh angin dan dibawa terbang oleh serangga diduga memiliki peran penting dalam penularan penyakit dari tanaman yang satu ke tanaman yang lain pada jarak yang melebihi jarak perkembangan sistem perakaran. Flood *et al.* (2000) menyatakan bahwa mekanisme penularan penyakit busuk akar terjadi melalui perpindahan spora *Ganoderma* dari pohon yang terinfeksi atau kontak antara akar pohon yang sakit dengan pohon yang masih sehat.

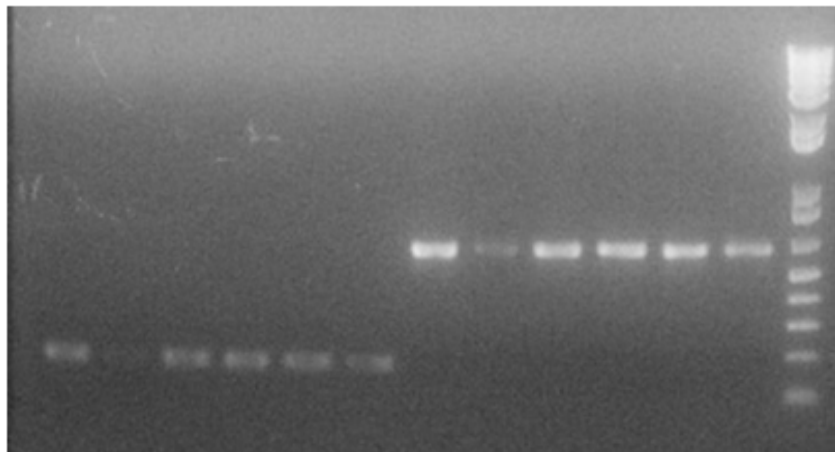
Analisis keragaman genetik *Ganoderma* berdasarkan teknik RAPD Aplikasi RAPD dalam analisis keragaman genetik dan identifikasi fungi menurut Minarsih *et al.* (2011) telah dilakukan antara lain pada *Agaricus bisporus* (Kush *et al.* 1992) dan *Phytophthora megasperma* (Liew *et al.* 1994). Akan tetapi khusus untuk *Ganoderma*, penggunaan teknik RAPD dalam penetapan keragaman maupun pengelompokan spesies belum banyak dilaporkan. Metode RAPD yang digunakan mengacu pada Williams *et al.* (1990).

Isolasi dan analisis DNA Isolasi DNA baru dilakukan dari jaringan tubuh buah *Ganoderma* dengan menggunakan dua teknik isolasi yang dibandingkan yaitu metode cepat NaOH dan metode standar Orozco-Castillo (Orozco-Castillo *et al.* 1994). Dari kedua metode yang diuji tersebut, berdasarkan analisis tingkat kemurniannya, dapat ditetapkan bahwa penggunaan teknik isolasi standar Castillo menghasilkan DNA dengan tingkat kemurnian yang lebih tinggi meskipun memerlukan waktu yang lebih lama dan bahan-bahan yang lebih kompleks. Tingkat kemurnian yang tinggi diperlukan agar dapat diperoleh hasil amplifikasi yang lebih konsisten.

Dua pasang primer yang digunakan untuk amplifikasi ribosomal DNA (rDNA) adalah Gan1/Gan2 dan Gan1/ITS4. Gan1 dan Gan2 adalah primer spesifik yang dirancang untuk *Ganoderma* dari daerah ITS1 berturut-turut pada posisi ujung 5' dan 3'. ITS4 adalah primer umum yang diperoleh dari daerah konserf 28S. Kondisi amplifikasi DNA dengan menggunakan dua pasang primer tersebut telah berhasil ditetapkan.

Potongan DNA ribosom secara spesifik dapat teramplifikasi dengan baik dari DNA yang diisolasi langsung dari tubuh buah *Ganoderma* dari lapang tanpa pengkulturan terlebih dahulu (Gambar 2). Penggunaan kedua pasang primer dapat dilakukan namun hasil amplifikasi dengan Gan1/Gan2 menghasilkan pita yang lebih tipis dari pada dengan pasangan primer Gan1/ITS4. Hal tersebut terjadi karena molekul basa DNA yang diamplifikasi dengan Gan1/Gan2 lebih kecil meskipun jumlah *copy*-nya sama. Gan1/Gan2 mengamplifikasi potongan rDNA yang relatif pendek (200 pb) pada daerah ITS1, sedangkan Gan1/ITS4 mengamplifikasi potongan rDNA yang relatif panjang (600 pb) termasuk daerah ITS1 dan ITS2. Untuk keperluan analisis dengan enzim restriksi, penggunaan primer Gan1/ITS4 akan memberikan peluang pemotongan yang lebih besar karena ukurannya yang relatif panjang tersebut.

Pemotongan produk PCR dengan menggunakan enzim restriksi AluI dan MspI telah dilakukan pada 6 isolat namun ternyata dengan dua enzim tersebut tidak ditemukan situs pemotongan AluI dan MspI. Uji pemotongan pada isolat lain menggunakan enzim restriksi lain perlu dilakukan.



Gambar 2 Produk amplifikasi rDNA dari 6 isolat *Ganoderma* dengan menggunakan pasangan primer Gan1/Gan2 (200 pb) dan Gan1/ITS4 (600 pb).

Minarsih *et al.* (2011) menyatakan bahwa penanda molekuler *random amplified polymorphic DNA* menghasilkan polimorfisme yang tinggi sehingga dapat digunakan untuk menguji keragaman genetik *Ganoderma* spp. Analisis *cluster* dengan metode UPGMA menggunakan perangkat lunak NTSYS versi 2.02 menghasilkan dendrogram dengan nilai koefisien 0,71–0,91. Pengelompokan contoh *Ganoderma* spp. yang berdekatan cenderung terjadi di antara contoh-contoh dari pohon inang dan wilayah yang sama, namun beberapa contoh menunjukkan pola yang berbeda. Analisis *bootstrap* menggunakan perangkat lunak *Winboot* menunjukkan hanya 3 kelompok sampel yang memiliki tingkat kepercayaan tinggi (>50%), yaitu T14-T20 (pohon inang sengon asal Tasikmalaya), PL1-PL2 (pohon inang sengon asal Palembang), dan KW2-KW3 (pohon inang mahoni asal Jember).

Minarsih *et al.* (2011) menyatakan bahwa hasil analisis keragaman genetik DNA dengan teknik RAPD terhadap 45 contoh *Ganoderma* spp. yang berasosiasi dengan beberapa jenis pohon (sengon, mahoni, lamtoro, dan kakao) dari berbagai wilayah di Indonesia, secara umum terlihat bahwa contoh-contoh cenderung mengelompok menurut jenis pohon inang yang diinfeksi. Pengelompokan berdasarkan pohon inang ini dapat digunakan untuk memperkirakan tingkat virulensi atau pola penularan penyakit busuk akar yang disebabkan oleh *Ganoderma* di antara tanaman perkebunan (kakao) dan pohon pelindungnya yaitu sengon dan kerabatnya. Kelompok ke-1, 2, dan 4 terdiri atas contoh-contoh *Ganoderma* spp. yang menginfeksi pohon sengon. Hal ini menunjukkan bahwa penularan penyakit busuk akar oleh *Ganoderma* lebih mudah terjadi di antara pohon-pohon yang sama. Kelompok ke-3 menunjukkan sedikit perbedaan dengan masuknya contoh *Ganoderma* spp. dari pohon kakao (KW5) ke dalam kelompok tersebut. Oleh karena itu terdapat kemiripan genetik yang cukup dekat antara *Ganoderma* asal pohon sengon dan kakao. Sehingga penularan penyakit busuk akar oleh *Ganoderma* spp. dapat terjadi di antara pohon yang berbeda. Kemungkinan ini dapat digunakan sebagai pertimbangan untuk aplikasi di lapangan dalam

penggunaan pohon sengon sebagai pelindung tanaman kakao. Kekurangan pada penelitian keanekaragaman secara genetik ini adalah belum diidentifikasinya semua isolat-isolat jamur sampai tingkat jenis.

Ganoderma spp. merupakan jamur penyebab penyakit busuk akar yang biasa menyerang akar dengan kisaran tanaman inang yang cukup luas. Serangan jamur ini biasa ditemukan pada berbagai jenis *Leguminoceae* (Henessy & Daly 2007), *Rubiaceae* (Hindayana *et al.* 2002), bahkan penulis (Herliyana) pada tahun 2010 menemukan *Ganoderma* spp. yang menyerang pohon eboni dan *Palmae* di Bogor (*Ebenaceae*).

Pentingnya informasi tingkat keragaman genetik *Ganoderma* Güzeldağ dan Çolak (2007) melaporkan identifikasi *G. lucidum* secara molekuler yang dikembangkan sebagai obat herbal di Turki. Chong *et al.* (2011) melakukan identifikasi secara molekuler pada *G. boninense* yang berasal dari Sabah. Informasi-informasi tersebut penting untuk melihat keragaman genetik pada *Ganoderma*.

Suryanto *et al.* (2005) meneliti secara morfologi dan genetik 12 isolat *Ganoderma*. Berdasarkan ciri morfologi ditemukan 5 jenis *Ganoderma* dari beberapa tempat di Sumatera Utara, yaitu 7 *G. applanatum*, 2 *G. lucidum*, 1 *G. tsugae*, 1 *G. boninense*, dan 1 *Ganoderma* sp. Analisis keragaman genetik berdasarkan amplifikasi dengan primer ITS1 dan ITS4 menunjukkan bahwa semua *Ganoderma* yang berhasil dikumpulkan termasuk *G. lucidum* komersial DXN tidak memiliki perbedaan genetik. Hasil ini boleh jadi mengindikasikan bahwa semua *Ganoderma* memiliki potensi obat yang kurang lebih sama dengan *Ganoderma* komersial.

Keragaman genetik yang tinggi pada *Ganoderma* yang berasosiasi dengan tanaman kelapa sawit telah dilaporkan (Miller *et al.* 1994, Zakaria *et al.* 2005). Keragaman genetik *Ganoderma* yang berasosiasi dengan tanaman sengon, kopi, dan kakao belum pernah dipelajari. Pengetahuan tentang keragaman genetik memiliki peranan yang penting karena pengujian ketahanan tanaman sengon, kopi, dan kakao terhadap *Ganoderma* harus dilakukan dengan menggunakan

beberapa isolat *Ganoderma* dengan latar belakang genetik yang jelas yang mewakili semua kerabat *Ganoderma* yang berasosiasi dengan sengon, kopi, dan kakao. Di samping itu, informasi tersebut juga diperlukan untuk pengujian potensi penggunaan agensia hayati untuk mengendalikan *Ganoderma* pada sengon, kopi, dan kakao. Uji ketahanan ketiga tanaman tersebut harus dilakukan dengan menggunakan cara yang baku, dapat diulangi oleh siapapun, dan dapat memberikan hasil dengan tingkat akurasi yang tinggi. Teknologi tersebut sampai saat ini belum tersedia.

Uji inokulasi pada bibit sengon di rumah kaca Dalam penelitian ini hanya terdapat 2 faktor sehingga hanya ada 1 interaksi yaitu interaksi antara faktor pemotongan akar dengan faktor jenis isolat jamur. Rata-rata pertambahan jumlah anak daun tertinggi terdapat pada perlakuan $P_0 Sp_0$ dengan nilai 14,2. Rata-rata pertambahan anak daun yang paling rendah terdapat pada perlakuan $P_1 Sp_4$ dengan nilai -0,2. Interaksi dari kedua faktor mempengaruhi pertambahan jumlah anak daun pada tanaman. Perlakuan $P_0 Sp_0$ berbeda nyata dengan perlakuan $P_1 Sp_0$. Perlakuan $P_0 Sp_0$ dan perlakuan $P_1 Sp_0$ berbeda nyata dengan perlakuan $P_1 Sp_3$, $P_0 Sp_3$, $P_1 Sp_4$, dan $P_0 Sp_4$. Perlakuan $P_1 Sp_3$, $P_0 Sp_3$, $P_1 Sp_4$, dan $P_0 Sp_4$ tidak berbeda nyata satu sama lain (Tabel 1).

Pengaruh interaksi faktor terhadap pertambahan tinggi tanaman, perlakuan $P_0 Sp_0$ dan $P_1 Sp_0$, yang nilai memiliki nilai rata-rata pertambahan tinggi masing-masing 4,5 cm dan 4,1 cm tidak berbeda nyata satu sama lain. Perlakuan $P_0 Sp_0$ dan $P_1 Sp_0$ berbeda nyata dengan perlakuan $P_0 Sp_3$, $P_1 Sp_3$, $P_0 Sp_4$, dan $P_0 Sp_4$ yang masing masing bernilai 0,3 cm, 0,3 cm, -0,07 cm, dan -0,3 cm (Tabel 2).

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa interaksi faktor jenis isolat dan pemotongan akar mempengaruhi pertumbuhan tanaman secara nyata. Hal tersebut menunjukkan adanya perbedaan antara perlakuan tanpa inokulasi dan perlakuan dengan inokulasi, sehingga terdapat gambaran bahwa metode inokulasi *G. lucidum* spp. yang dilakukan cukup efektif.

Isolat *G. lucidum*, baik yang diambil dari tanaman sengon (*G. lucidum* sp.3/Sp.₃) maupun tanaman kakao (*G. lucidum* sp.4/Sp.₄), mampu menginfeksi tanaman sengon dengan baik. Tanaman yang diberikan perlakuan isolat Sp.₃ memiliki

pertumbuhan yang lebih buruk terhadap pertambahan tinggi dan pertambahan jumlah anak daun dibandingkan dengan tanaman yang diberikan perlakuan isolat Sp.₄, namun kedua isolat yang diujikan tidak berbeda nyata pada tingkat kepercayaan 95%. Hal tersebut mengindikasikan bahwa *G. lucidum* yang menginfeksi tanaman kakao dapat menular ke pohon sengon, begitu pula sebaliknya. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa sistem agroforestri tanaman cokelat dan sengon memiliki risiko epidemi penyakit busuk akar. Hasil penelitian juga mengindikasikan bahwa sengon pada tingkat semai dapat terinfeksi *G. lucidum* apabila media tanam telah terkontaminasi dengan tingkat konsentrasi yang cukup tinggi.

Jenis pembawa yang paling efektif pada metode inokulasi ini adalah pembawa kayu dengan diameter 5 cm dengan nilai rata-rata pertambahan tinggi dan jumlah daun 0,4 cm dan 0,2 cm. Selain itu pada perlakuan kayu ditemukan tanda penyakit berupa miselium dan nekrosis atau kematian sel pada akar dan tubuh buah.

Pengamatan terhadap perlakuan inokulasi yang memiliki kecenderungan pertumbuhan tinggi negatif adalah mungkin. Nilai minus disebabkan oleh berkurangnya rata-rata pertambahan jumlah anak daun dan tinggi tanaman. Secara kasat mata, pada 3 minggu pertama setelah penanaman, tidak ada perbedaan yang mencolok dari perkembangan tanaman sengon pada setiap perlakuan. Pada minggu ke-5, pertumbuhan tanaman antara perlakuan Sp.₀, Sp.₃, dan Sp.₄ mulai terlihat perbedaannya. Perbedaan tersebut terdapat pada perkembangan pucuk tanaman yang terhambat. Pengukuran tinggi bibit adalah pengukuran tinggi bibit tanaman dari pangkal batang sampai titik tumbuh teratas dengan satuan sentimeter (Permenhut No. 3 Tahun 2004). Kecenderungan ini menunjukkan bahwa pada perlakuan inokulasi jamur *G. lucidum* sangat mempengaruhi perkembangan bibitnya. Efek ini akan segera menjalar ke sistem respirasi pada daun karena unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman menjadi sangat berkurang. Menurut Rusdiana *et al.* (2000), akar merupakan pintu masuk bagi hara dan air dari tanah yang sangat penting untuk proses fisiologi pohon. Dengan demikian, jika fungsi bagian akar terganggu maka pertumbuhan bagian pucuk akan terganggu pula.

Faktor pemotongan akar yang tidak berbeda nyata satu sama lain disebabkan oleh perbedaan reaksi dari tanaman

Tabel 1 Pengaruh interaksi antara faktor pemotongan akar dan jenis isolat terhadap pertambahan jumlah anak daun

Perlakuan interaksi 2 faktor	Rata-rata pertambahan jumlah anak daun
Pemotongan akar, tanpa inokulasi ($P_1 Sp_0$)	7,5 b
Tanpa pemotongan akar, tanpa inokulasi ($P_0 Sp_0$)	14,2 a
Tanpa Pemotongan akar, inokulasi <i>G. lucidum</i> sp.3 dari sengon ($P_0 Sp_3$)	0,7 c
Pemotongan akar, inokulasi <i>G. lucidum</i> sp.3 ($P_1 Sp_3$)	1,3 c
Pemotongan akar, inokulasi <i>G. lucidum</i> sp.4 dari kakao ($P_1 Sp_4$)	0,2 c
Tanpa pemotongan akar, inokulasi <i>G. lucidum</i> sp.4 ($P_0 Sp_4$)	2,4 c

Keterangan: huruf yang sama di belakang angka menunjukkan pengaruh yang tidak berbeda nyata pada tingkat kepercayaan 95%

Tabel 2 Pengaruh interaksi antara faktor pemotongan akar dan jenis isolat terhadap pertambahan tinggi tanaman

Perlakuan interaksi 2 faktor	Rata-rata pertambahan tinggi (cm)
Tanpa pemotongan akar, tanpa inokulasi (P_1 Sp. ₀)	4,5 a
Pemotongan akar, tanpa inokulasi (P_1 Sp. ₀)	4,1 a
Tanpa Pemotongan akar, inokulasi <i>G. lucidum</i> sp.3 sengon (P_0 Sp. ₃)	0,3 b
Pemotongan akar, inokulasi <i>G. lucidum</i> sp.3 (P_1 Sp. ₃)	0,3 b
Tanpa Pemotongan akar, inokulasi <i>G. lucidum</i> sp.3 kakao (P_0 Sp. ₄)	-0,07 b
Pemotongan akar, inokulasi <i>G. lucidum</i> sp.4 kakao (P_1 Sp. ₄)	-0,3 b

Keterangan: huruf yang sama di belakang angka menunjukkan pengaruh yang tidak berbeda nyata pada tingkat kepercayaan 95%

yang diberikan perlakuan tanpa inokulasi dan perlakuan inokulasi terhadap pemotongan akar. Tanaman yang diberikan perlakuan potong akar pada perlakuan tanpa inokulasi (Sp_0P_1) memiliki rata-rata pertambahan anak daun yang lebih tinggi (dibandingkan perlakuan tanpa inokulasi tanpa potong akar (Sp_0P_0)). Tanaman yang diberikan perlakuan inokulasi dan potong akar (Sp_3P_1 dan Sp_4P_1) memiliki rata-rata pertambahan jumlah anak daun dan tinggi yang lebih rendah dibandingkan perlakuan inokulasi tanpa pemotongan akar (Sp_3P_0 dan Sp_4P_0).

Taniwiryono dan Panji (1999) menyatakan bahwa penularan *Ganoderma* terjadi melalui kontak akar dengan cendawan luka pada akar dapat meningkatkan kemungkinan infeksi dari jamur busuk akar. Gejala yang dialami oleh tanaman yang terinfeksi jamur *Ganoderma* spp. yaitu terhambatnya perkembangan pucuk, akar, dan daun yang rontok. Pada penelitian ini perlakuan pemotongan akar dan tanpa pemotongan akar pada perlakuan inokulasi tidak berbeda nyata, sehingga dapat disimpulkan bahwa *G. lucidum* dapat menginfeksi akar tanaman muda, baik yang terluka ataupun yang tidak terluka.

Tubuh buah *Ganoderma* pada bibit sengon tidak muncul pada pangkal batang sebagaimana ditemukan pada tanaman dewasa (Basset & Peters 2003). *Ganoderma* dari kayu diduga berkembang dan merambat melalui arang sekam dan membentuk tubuh buah pada bagian *poly bag* yang berlubang. Arang sekam digunakan sebagai campuran media dalam penelitian ini karena memiliki porositas yang baik bagi perkembangan akar dan memiliki daya pegang air yang tinggi. Namun, rupanya baru-baru ini media arang sekam juga telah digunakan sebagai media bahan pembawa mikoriza arbuskula untuk aplikasinya di lapangan (Nurbaity *et al.* 2009).

Infeksi patogen lebih mudah terjadi melalui luka dan lentisel, walaupun penetrasi secara langsung mungkin terjadi. Pada tanaman karet sering ditemukan bagian leher akar pecah dan merupakan tempat yang baik bagi infeksi jamur patogen kemudian menjalar ke bagian yang lebih dalam dari akar. Tanaman akan mengadakan reaksi pertahanan seperti pembentukan kambium, gabus, dan kalus. Akan tetapi, hal ini sering tidak dapat menahan perkembangan lanjut patogen. Serangan akan lebih tinggi akan ditemukan pada tanaman okulasi dibandingkan dengan tanaman biji. Hal ini disebabkan oleh adanya bagian-bagian

luka pada tanaman okulasi, sehingga memudahkan *Ganoderma* spp. untuk menginfeksi (Sinulingga 1989).

Kesimpulan

Ganoderma dapat muncul pada tanaman sengon baik pada tunggul yang telah mati sebagai saprofit fakultatif maupun pada tanaman yang masih hidup sebagai patogen. Kemiripan genetik yang cukup dekat antara *G. lucidum* asal pohon sengon dan kakao diduga dapat menyebabkan penularan penyakit busuk akar oleh *Ganoderma* spp. di antara pohon tersebut. Pola agroforestri antara tanaman kehutanan dan tanaman pertanian memiliki risiko terkena epidemi penyakit busuk akar, sehingga diperlukan pertimbangan jenis tanaman agroforestri yang bukan merupakan inang alternatif dari penyakit pohon tertentu.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pimpinan Program KKP3T Badan Litbang Kementerian Pertanian. Penelitian ini dapat terlaksana atas dukungan pendanaan dari APBN Sekretariat Badan Litbang, Kementerian Pertanian Tahun 2010. Penghargaan juga disampaikan pada semua tim peneliti dan mahasiswa yang turut membantu terlaksananya penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Arupa. 2008. Hutan rakyat Wonosobo. http://www.arupa.or.id/index2.php?option=comcontent&do_pdf=1&id=39 [16 November 2010].
- Basset K, Peters RN. 2003. *Ganoderma*: A Significant root pathogen. <http://www.arborilogical.com/articles/ganoderma.htm>. [6 Februari 2010].
- Chong KP *et al.* 2011. First identification of *Ganoderma boninense* isolated from Sabah based on PCR and sequence homology. *African Journal of Biotechnology* 10(66): 14718–14723. <http://dx.doi.org/10.5897/AJB11.1096>.
- [Dephut] Departemen Kehutanan RI. 2004. Peraturan Menteri Kehutanan Nomor 4 tentang Petunjuk Pelaksanaan Penilaian Bibit Gerakan Nasional Rehabilitasi Hutan dan Lahan. http://www.dephut.go.id/files/l2_3_p03_04.pdf, [20 Februari 2010].

- First-Nature. 2011. Bracket and crust fungi Gallery. <http://www.first-nature.com/fungi/~brackets.php> [20 November 2011].
- Flood J, Hasan Y, Turner PD, O'Grady EB. 2000. The spread of *Ganoderma* from its infective sources in the field and its implications for management of the disease in oil palm. Di dalam: Flood J, Bridge PD, Holderness M, editor. *Ganoderma Diseases of Perennial Crops*. Wallingford, UK: CABI Publishing. hlm101–112.
- Gafur A, Tjahjono B, Golani GD. 2011. Patogen dan opsi pengendalian penyakit busuk akar *Ganoderma* di hutan tanaman industri. Di dalam: *Simposium Nasional dan Lokakarya Ganoderma: Sebagai Patogen Penyakit Tanaman dan Bahan Baku Obat Tradisional*; Bogor, 2–3 November 2011. Bogor: Balai Penelitian Bioteknologi Perkebunan Indonesia.
- Güzeldağ G, Çolak Ö. 2007. Molecular identification of *Ganoderma lucidum* from Turkey. *International Journal of Agriculture & Biology* 9(5):767–770.
- Henessy C, Daly A. 2007. *Ganoderma Diseases*. Darwin: Northern Territory Government, Plant Pathology, Diagnostic Services.
- Hidayat J. 2002. *Informasi Singkat Benih*. Bandung: Direktorat Perbenihan Tanaman Hutan dan Indonesia Forest Seed Project.
- Hindayana D, Judawi D, Prihayanto D, Luther GC, Mangan J, Untung K, Sianturi M, Warnodiharjo M, Mundy P, Riyatno 2002. *Musuh Alami, Hama dan Penyakit Tanaman Kakao*. Edisi Kedua. Jakarta: Direktorat Perlindungan Perkebunan, Direktorat Jenderal Bina Produksi Perkebunan Departemen Pertanian.
- Irianto RSB *et al.* 2006. Incidence and spatial analysis of root rot of *Acacia mangium* in Indonesia. *Journal of Tropical Forest Science* 18(3): 157–165.
- Krisnawati H, Varis E, Kallio M, Kanninen M. 2010. Panduan bertajuk, “*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen: Ekologi, Silvikultur dan Produktivitas”. Bogor: CIFOR.
- Lee SS. 2000. The Current Status of Root Diseases of *Acacia mangium* Wild. Di dalam: Flood J, Bridge PD, Holderness M, editor. *Ganoderma Diseases of Perennial Crops*. Wallingford, UK: CABI Publishing. hlm71–79.
- Martawijaya A, Kartasujana I. 1977. *Ciri Umum, Sifat dan Kegunaan Jenis-Jenis Kayu Indonesia*. Publikasi Khusus No. 41. Bogor: LPHH.
- Mayzumi F, Okamoto H, Mizuno T. 1997. Cultivation of reishi (*Ganoderma lucidum*). *Food Reviews International* 13:365–82. <http://dx.doi.org/10.1080/87559129709541118>.
- Miller RNG, Holderness M, Bridge PD, Paterson RRM, Sariah M, Hussin MZ, Hilsley EJ. 1994. A multi-disciplinary approach to the characterization of *Ganoderma* in oil-palm cropping systems. Di dalam: *Proceedings of contributed symposium 59A, B, 5th International Mycological Congress*. Vancouver, 14–21 August, 1994. hlm57–66.
- Minarsih H, Lingga DNP, Taniwiryono D, Herliyana EN. 2011. Analisis keragaman genetik *Ganoderma* spp. yang berasosiasi dengan tanaman kakao dan tanaman pelindungnya menggunakan *random amplified polymorphic DNA* (RAPD). *Jurnal Menara Perkebunan* (MP) 79(1): 6–14.
- Moncalvo JM, Wang HF, Hseu RS. 1995. Gene phylogeny of *Ganoderma lucidum* complex based on ribosomal DNA sequences comparison with traditional taxonomic characters. *Mycological Research* 99:1489–1499. [http://dx.doi.org/10.1016/S0953-7562\(09\)80798-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0953-7562(09)80798-3).
- Nurbaita A, Herdiantoro D, Mulyani O. 2009. Pemanfaatan bahan organik sebagai bahan pembawa inokulan fungi mikoriza arbuskula. *Jurnal Biologi* 13(1):7–11.
- Nusantara AD. 2002. Tanggap semai sengon (*Paraserianthes falcataria* (L) Nielsen) terhadap inokulasi ganda cendawan mikoriza arbuskular dan *Rhizobium* sp. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia* 4(4): 62–70.
- Old KM, Lee SS, Sharma JK, Yuan ZQ. 2000. *A Manual of Diseases of Tropical Acacias in Australia, South-East Asia and India*. Jakarta: Center for International Forestry Research (CIFOR).
- Orozco-Castillo, Chalmers KJ, Waugh R, Powell W. 1994. Detection of genetic diversity and selective gene in coffee using RAPD markers. *Theoretical and Applied Genetics* 87: 332–339.
- Paterson RRM. 2006. *Ganoderma Disease of Oil Palm-A White Rot Perspective Necessary for Integrated Control*. Universidade do Minho. http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/7349/1/Paterson_CropProtection2%5B1%5D.pdf [17 Mei 2010].
- Pirard R, Cossalter C. 2006. The Revival of Industrial Forest Plantations in Indonesia's Kalimantan Provinces Will they help eliminate fiber shortfalls at Sumatran pulp mills or feed the China market? Working Paper No 37. Jakarta: CIFOR.
- Rusdiana O, Fakuara Y, Kusmana C, Hidayat Y. 2000. Respon pertumbuhan akar tanaman sengon (*Paraserianthes falcataria*) terhadap kepadatan dan kandungan air tanah podsolik merah kuning. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika* 6(2):45–53.
- Sankaran KV, Bridge PD, Gokulapalan C. 2005. *Ganoderma diseases of perennial crops in India: an overview*.

- Journal Mycopathologia* 159:143–152. <http://dx.doi.org/10.1007/s11046-004-4437-1>.
- Semangun H. 2000. *Penyakit-Penyakit Tanaman Perkebunan Indonesia*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Sinulingga W. 1989. *Pengendalian Biologi Penyakit Cendawan Akar Putih pada Tanaman Karet*. Pusat Penelitian Perkebunan Sei. Putih, Galang. hlm 1–7.
- Solomon JD, Leininger TD, Wilson AD, Anderson RL, Thompson LC, McCracken FI. 1993. *Ash Pests: A Guide to Major Insect, Diseases, Air Pollution Injury and Chemical Injury*. Gen. Tech. Rep. SO-96. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station.
- Stalpers JA. 1978. Identification of wood-inhabiting fungi in pure culture. *Studies in Mycology* 16:1–248.
- Stamets P. 1993. *Growing Gourmet and Medicinal Mushrooms*. Berkeley: Ten Speed Press.
- Steyaert RL. 1972. Species of *Ganoderma* and related genera mainly of the Bogor and Leiden herbaria. *Persoonia* 7: 55–118.
- Suriawiria U. 2000. *Budidaya Ling Zhi dan Maitake Jamur Berkhasiat Obat*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Suryanto D, Andriani S, Nurtjahja K. 2005. Keragaman genetik *Ganoderma* spp. dari beberapa tempat di Sumatera Utara. *Jurnal Ilmiah Pertanian KULTURA* 40 (2):70–76.
- Suwanto A, Friska AH, Sudirman LMI. 1996. Karakteristik *Pseudomonas fluorescens* B29 dan B39: Profil DNA genom, uji hipersensitif dan asai senyawa biotik. *Jurnal Hayati* 3(1):15–20.
- Taniwiryono D, Panji T. 1999. *Ganoderma*, dari penyakit tanaman ke obat serbaguna bagi manusia. Di dalam: *Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan Teknis Bioteknologi Perkebunan untuk Praktik*; Bogor, 5–6 Mei 1999. Bogor: Perhimpunan Mikrobiologi Indonesia Cabang Bogor. hlm 31–37.
- Turner PD. 1981. *Oil Palm Disease and Disorder, first edition*. Oxford: Oxford University Press.
- Verbist B *et al.* 2004. Peranan agroforestri dalam mempertahankan fungsi hidrologi daerah aliran sungai (DAS). *Jurnal Agrivita* 26(1):1–8.
- Widyastuti SM. 1998. Pengendalian hayati penyakit akar merah pada akasia dengan *Trichoderma*. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia* 4(2):65–72.
- Widyastuti SM. 2007. *Peran Trichoderma spp. dalam Revitalisasi Kehutanan di Indonesia*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Widyastuti SM. 2010. *Laporan Akhir Program Tanoto Professorship Award. Penelitian Metode Pengendalian Ganoderma sp. Pada Tanaman Perkebunan dan Kehutanan*. Yogyakarta: Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada.
- Williams JGK, Kubelik AR, Livak KJ, Rafalski JA, Tingey SV. 1990. DNA polymorphism amplified by arbitrary primers are useful as genetic markers. *Nucleic Acids Research* 18:6531–6535. <http://dx.doi.org/10.1093/nar/18.22.6531>.
- Wingfield MJ, Slippers B, Roux J, Wingfield BD. 2010. Novel associations between pathogens, insects and tree species threaten world forest. *New Zealand Journal of Forest Science* 40 suppl.:S95–S103.
- Zakaria L, Kulaveraasingham H, Guan TS, Abdullah F, Wan HY. 2005. Random amplified polymorphic DNA (RAPD) and random amplified microsatellite (RAMS) of *ganoderma* from infected oil palm and coconut stumps in Malaysia. *Asia Pacific Journal of Molecular Biology and Biotechnology* 13 (1):23–24.