

Identifikasi Jenis-jenis Fungi yang Potensial terhadap Pembentukan Gaharu dari Batang *Aquilaria* spp.

Identification the Potential Types of Fungi on Establishment Agarwood Stem of Aquilaria spp.

Sri Wilarso Budi R¹., Erdy Santoso² & Akhmad Wahyudi¹

¹Departemen Silviculture, Fakultas Kehutanan IPB

²Laboratorium Mikrobiologi Hutan Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan dan Konservasi Alam (P3HKA)

ABSTRACT

One of tree genus that becomes the main source of agarwood producer is *Aquilaria*. The formation of agarwood was believed as response of agarwood trees to many factors, likes plant physiological and pathogenic fungi infection. A number of isolates that have the potential to induce agarwood has been isolated from wood samples from different areas such as Bangka, Bogor, Bohorok, Gorontalo, East Kalimantan, Lampung, Mentawai, Papua, and Sukabumi. This study aimed to obtain information on the types of fungi isolated from stem-forming agarwood *Aquilaria* spp that successful collection of Microbiology Laboratory of Forestry Research in Bogor. Identification was done by observing morphological features from cultured isolates on PDA and BLA. The results of identification of isolates collection include species of *Fusarium solani* (Mart.), *Appell and Walenw*, *F. tricinctum* (corda) Sacc, *F sambucinum* Fuckel, and *F. Moniliformae*

Key words : Identification, fungi, fusarium, *Aquilaria* spp.

PENDAHULUAN

Gaharu merupakan salah satu komoditi Hasil Hutan Bukan Kayu (HHBK) yang harganya lebih tinggi dibandingkan HHBK lainnya (Wiyono dan Sumarkani 1998). Gaharu digunakan sebagai bahan dasar dalam industri parfum, dupa, kosmetik, dan obat-obatan (Sumarna 2002). Sehingga gaharu bisa dikatakan sebagai salah satu jenis komoditi HHBK yang memiliki nilai multiguna. Genus *Aquilaria* merupakan tanaman yang menjadi sumber utama penghasil gaharu, selain *Gyrynops* sp, *Gonystylus* sp, dan *Aetoxylon sympetallum*. Bentuk produk yang diperdagangkan dapat berupa kayu bulatan, potongan, serutan, cacahan, bubuk dan minyak (hasil penyulingan). Saat ini *Aquilaria* dikategorikan sebagai tumbuhan langka yang harus dilindungi, yang termasuk *Appendix II* CITES (*Convention on International Trade in Endangered Species*), yang perdagangannya harus dikendalikan dan kuota ekspor dibatasi (Barden *et al.* 2000). Berdasarkan fakta ini pengembangan teknik khusus untuk produksi gubal gaharu berkualitas tinggi dan teknik pemungutan yang selektif (tanpa harus menebang seluruh pohon gaharu) sangat dibutuhkan untuk melindungi keberadaan pohon penghasil gaharu di alam. Menurut Raffa *et al.* (1985) gaharu terbentuk karena adanya produksi dan akumulasi senyawa resin di dalam jaringan batang tanaman penghasil gaharu. Produksi resin ini merupakan bagian dari mekanisme pertahanan tanaman terhadap serangan hama dan fungsi patogen. Laboratorium Mikrobiologi Hutan Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan dan Konservasi Alam (P3HKA) memiliki koleksi isolat fungi dari batang *Aquilaria* dari

berbagai lokasi di Indonesia yang belum teridentifikasi. Mengingat beragamnya jenis fungi yang berpotensi menginduksi gaharu, maka perlu dilakukan identifikasi terhadap isolat-isolat koleksi yang ada. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan informasi tentang jenis-jenis isolat fungi pembentuk gaharu dari batang *Aquilaria* spp. yang menunjukkan gejala pembentukan gaharu.

BAHAN DAN METODE

Tempat dan Waktu. Penelitian identifikasi koleksi isolat fungi dari beberapa batang *Aquilaria* spp. dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi Hutan kantor Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan dan Konservasi Alam (P3HKA) Bogor. Penelitian ini dilaksanakan mulai bulan Juli 2009 sampai dengan Oktober 2009.

Alat dan Bahan. Alat yang digunakan seperti laminar, autoklaf, open, mikroskop cahaya kamera digital, cawan petri dsb. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah isolat fungi yang diperoleh dari batang *Aquilaria* yang telah menunjukkan pembentukan gaharu secara alami di lapangan. Batang *Aquilaria* diambil dari beberapa tanaman gaharu yang tersebar di beberapa daerah di Indonesia (Tabel 1). Media yang digunakan untuk perbanyakan dan memacu pembentukan struktur reproduksi/ morfologi fungi yang diperoleh adalah media agar air (*Water Agar*, 2% agar), media agar kentang dekstroza (PDA/*Potato Dextrose Agar*) dan media BLA (*Banana Leaf Agar*). Larutan pewarna *lactophenol cotton blue* digunakan untuk memperjelas ciri morfologi fungi saat diamati di bawah mikroskop.

Tahap persiapan. Tahap awal yang perlu diperhatikan adalah sterilisasi, baik bahan maupun alat yang digunakan. Sterilisasi cawan petri dilakukan dengan dua tahap, pertama cawan petri direbus dalam air hingga mendidih kemudian ditiriskan di bawah sinar matahari hingga kering, selanjutnya cawan petri dibungkus dengan koran. Tahap kedua cawan petri dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 180 °C selama tiga jam. Sterilisasi media untuk peremajaan cendawan dilakukan dengan cara sterilisasi panas-lembab yaitu menggunakan autoklaf dengan uap air jenuh bertekanan 1 atm selama 15 menit pada suhu 121 °C. Sterilisasi alat-alat seperti jarum inokulasi dilakukan dengan cara pembakaran atau bisa juga dengan merendam terlebih dahulu dalam alkohol 70%.

Peremajaan isolat. Tujuan peremajaan isolat yaitu untuk memacu pembentukan struktur reproduksi/morfologi fungi. Beberapa media yang digunakan untuk proses peremajaan isolat diantaranya: media PDA (*Potato Dextrose Agar*), komposisi satu liter PDA terdiri atas kentang 200 gram, agar/gel 20 gram dan 15 gram Dextrose, kemudian media agar air (*Water Agar*, 2% agar) terbuat dari 1 liter air steril/*miliqeu* dan 20 gram agar (1 liter larutan *Water Agar*). Media tersebut disterilkan dalam autoclaf dengan suhu 121 °C dengan tekanan 1 atm selama 20 menit. Media yang sudah disterilisasi dituangkan ke dalam cawan petri, tunggu hingga media dingin dan membeku, selanjutnya isolat fungi dimasukkan ke dalam media yang telah disiapkan dengan menggunakan jarum *ose* di dalam *laminar air flow cabinet*. Kemudian kultur diinkubasi pada suhu kamar selama waktu yang ditentukan.

Pengamatan morfologi fungi. Morfologi fungi yang diamati harus dilakukan melalui peremajaan pada cawan petri terlebih dahulu. Bahan induk untuk peremajaan menggunakan isolat yang sudah ada di laboratorium mikrobiologi Puslitbang Bogor dan sudah dimurnikan. Pengamatan morfologi fungi dilakukan dengan beberapa tahapan kerja yang berbeda di antaranya :

1. Mengukur dan mengamati laju pertumbuhan koloni fungi dan warna. Cara yang dilakukan yaitu dengan menumbuhkan masing-masing isolat pada media PDA di cawan petri, yang diinkubasi pada suhu kamar dan diletakkan di ruangan dengan pencahayaan yang cukup. Diameter koloni yang terjadi diukur secara vertikal, diagonal dan horizontal

selama tujuh hari. Warna dan ada tidaknya *aerial hifa* ditentukan pada hari ke tujuh.

2. Mengamati bentuk karakteristik konidofor (*phyalide*). Bentuk karakteristik konidofor dapat diamati dengan *slide culture*, yang dibuat dengan cara mengambil sejumlah kecil koloni jamur pada medium PDA (ukuran kurang lebih 0,3 cm²), lalu diletakkan pada *object glass* dan ditutup dengan *cover glass*. *Slide culture* diletakkan pada cawan petri steril yang dipertahankan kelembapannya, dengan meletakkan *tissue/kertas saring* yang telah dibasahi dengan aquades steril. Setelah *diinkubasi* selama 24-72 jam pada suhu kamar, *slide culture* dilihat di bawah mikroskop.
3. Mengukur dan mengamati bentuk ukuran makro dan mikrokonidia. Bentuk ukuran makro dan mikrokonidia diamati berdasarkan isolat yang di tumbuhkan pada BLA. Pada media alami ini struktur sporodokia, juga makrokonidia yang dibentuknya dapat diamati. BLA dibuat sesuai metode Nelson *et al.* (1983) dengan cara meletakkan potongan daun pisang berukuran ± 1 cm² yang telah disterilisasi pada temperatur 121°C pada cawan petri yang berisi media WA (*Water Agar*, 2 % agar). Cuplikan koloni isolat jamur diletakkan di antara potongan daun pisang tersebut. Kemudian kultur diinkubasi selama 10-14 hari pada suhu kamar dengan pencahayaan 100-130 lux. Koloni jamur yang tumbuh pada permukaan daun pisang diamati di bawah mikroskop.

Tahap identifikasi. Identifikasi isolat berdasarkan pada kunci identifikasi Nelson *et al.* (1983), John F. leslie & Brett A. Summerell (2006) dengan ditunjang kunci identifikasi yang diusulkan oleh Booth (1971). Penentuan warna koloni mengacu pada *A Mycological Colour Chart* (Rayner, 1970).

Tabel 1. Daftar isolat yang diamati

No	Kode isolat	Asal lokasi
1	BGK	Bangka
2	BHRK	Bahorok (Medan)
3	BGR	Bogor
4	GRTL	Gorontalo
5	KALTIM	Kalimantan Timur
6	LPG	Lampung
7	MTW	Mentawai
8	NTB	Nusa tenggara Barat
9	PAPUA 1	Papua 1
10	SKBM	Sukabumi

Sumber: Lab mikrobiologi Pusat Penelitian Dan Pengembangan Hutan dan Konservasi Alam (P3HKA) Bogor

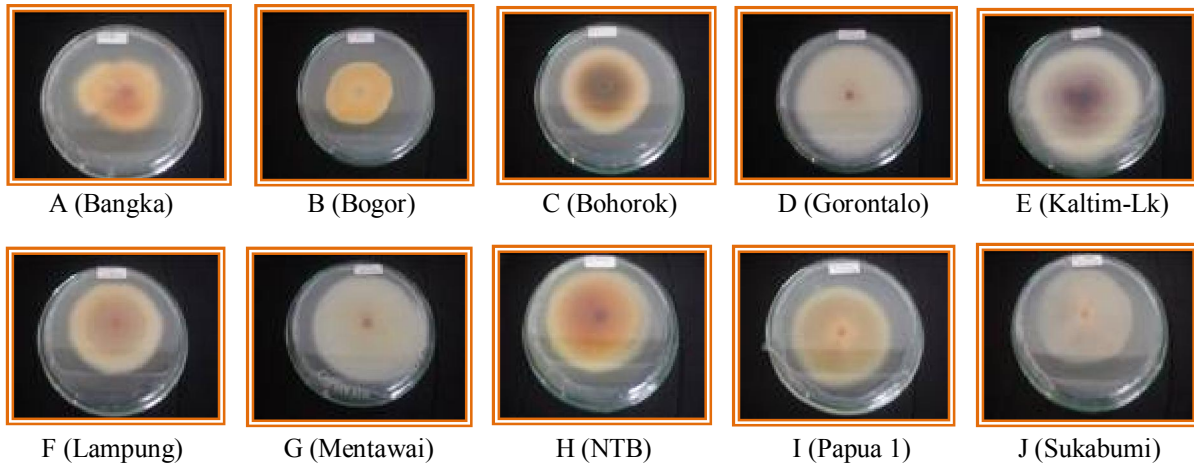
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil. Hasil pengukuran pertumbuhan radial berbagai isolat (Tabel 2)

Tabel 2. Pertumbuhan isolat pada cawan petri yang diukur secara vertical, horizontal dan diagonal selama tujuh hari

No	Isolat	Rata-rata Diameter (cm) Pertumbuhan Isolat per Hari						
		1	2	3	4	5	6	7
1	Bangka	0.9	1.8	3.1	4.1	3.8	4.3	4.4
2	Bogor	0.8	1.8	2.8	3.3	3.8	4.1	4.2
3	Bohorok	1.2	2.1	2.4	4.6	5.8	7	7.6
4	Gorontalo	0.8	2.3	2.6	4.5	5.1	5.9	6.6
5	Kaltim-Lk	1.2	2.4	3.5	4.9	5.9	6.8	7.5
6	Lampung	1	1.9	2.6	3.7	4.6	5.7	6.2
7	Mentawai	1	1.9	3	3.9	4.6	5	5.3
8	NTB	1.2	2	3.1	3.7	5.2	6.9	7.5
9	Papua	0.9	1.6	2.7	3.5	4.5	5.5	6.3
10	Sukabumi	0.9	1.8	2.6	3.5	4.4	5.4	6.2

Warna bawah koloni berdasarkan *A Mycological Colour Chart* (Rayner 1970) dari masing-masing isolat disajikan pada Gambar 1 A-J.



Gambar 1. A-J. Warna koloni isolat fungi

Keterangan warna:

Bangka: *Apricot*, Bogor: *Peach*, Bohorok: *Putih/Buff*, Gorontalo: *Bay/Scarlet*, Kaltim Lk: *Pale violet/Lavender*, Lampung: *Salmon*, Mentawai: *Apricot*, NTB: *Putih/Buff*, Papua1: *Saffron/Salmon*, Sukabumi: *Putih/Buff*.

Berbagai ciri morfologi fungi (Gambar 2-6).



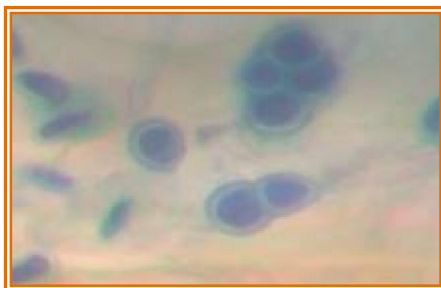
Gambar 2. Contoh Sporodokia yang ditemukan



Gambar 3. Makrokonidia dari sporodokia



Gambar 4. Klamidospora tunggal berpasangan dan bergerombol



Gambar 5. Klamidospora tunggal, berpasangan dan bergerombol



Gambar 6. Konidiofor monophialid

Hasil pengukuran dimensi makro dan mikrokonidia (Tabel 3)

Tabel 3. Hasil pengukuran dimensi pada makrokonidia & mikrokonidia

No	Asal	Dimensi (μm)	
		Mikrokonidia	Makrokonidia
1	Bangka	(7,5-15) x (2,5-3,8)	(27,5-47,5) x (5-10)
2	Bogor	(2,5-17,5) x (1,3-3,8)	(32,5-55) x (3,8-6,3)
3	Bohorok	(5-15) x (3,8-6,3)	(20-32,5) x (2,5-5,0)
4	Gorontalo	(6,3-16,3) x (1,3-3,8)	(32,5-55) x (3,75-6,3)
5	Kaltim Lk	(5-17,5) x (2,5-3,8)	(27,5-45) x (2,5-3,8)
6	Lampung	(5-17,5) x (2,5-3,8)	(25-12,5) x (35-40)
7	Mentawai	(2,5-11,3) x (1,3-3,8)	(42,5-55) x (2,5-3,8)
8	NTB	(2,5-11,3) x (2,5-3,8)	(45-62,5) x (2,5-3,8)
9	Papua	(2,5-17,5) x (1,3-5,0)	(25-40) x (2,5-5,0)
10	Sukabumi	(3,8-11,3) x (2,5-3,8)	-

Pembahasan

Karakteristik morfologi. Karakteristik morfologi *Fusarium* bisa diketahui secara lengkap dengan menggunakan beberapa metode yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya. Ciri utama untuk identifikasi *Fusarium* yang benar, yaitu adanya makrokonidia yang dibentuk dari sporodokia, diperoleh pada biakan fungi pada media BLA (*Banana Leaf Agar*) yang diekspos terhadap cahaya. Adanya cahaya berpengaruh terhadap pertumbuhan sporulasi fungi. Hawker (1971) melaporkan beberapa spesies yang dibiakkan dalam cawan petri menunjukkan zona produksi makrokonidia sebagai respon terhadap cahaya. Cahaya ini menginduksi pertambahan panjang dan jumlah septa makrokonidia pada beberapa spesies *Fusarium*. Adapun media PDA hanya dapat menginduksi morfogenesis dari aerial miselia. Seifert (1996) menyatakan bahwa makrokonidia harus diamati dari koloni yang tumbuh pada media SNA (*Synthetic Nutrient Agar*), CLA (*Carnation Leaf Agar*), atau BLA. Makrokonidia yang dibentuk koloni pada media PDA dipergunakan sebagai alternatif terakhir, karena makrokonidia yang terbentuk cenderung bervariasi. Karakteristik morfologi fungi yang diamati meliputi karakteristik koloni fungi pada media PDA meliputi warna, aerial miselium, rata-rata pertumbuhan diameter fungi pada cawan petri, kemudian karakteristik makro dan mikrokonidia, sporodokia dan klamidospora. Hasil pengamatan sepuluh isolat secara umum menunjukkan hampir semuanya ditemukan ciri morfologi yang lengkap, namun ada beberapa karakteristik yang menjadi catatan diantaranya belum semua makrokonidia yang diukur berasal dari sporodokia. Hal ini terjadi karena tidak semua media biakan berhasil ditemukan adanya sporodokia, dari sepuluh isolat hanya ada enam yang diketahui sporodokianya. Ada beberapa kemungkinan yang menjadi penyebab hal tersebut. Pertama, diduga spesies tersebut memang tidak mempunyai sporodokia, karena beberapa jenis *Fusarium* diketahui tidak menghasilkan sporodokia. Kedua, diduga pembentukan sporodokia terhambat karena kurang meratanya proses pencahayaan pada saat inkubasi di bawah lampu. Adapun isolat yang tidak ditemukan adanya sporodokia yaitu dari daerah Bogor, Kaltim, Mentawai dan Sukabumi. Untuk klamidospora yang berhasil diamati secara umum mempunyai empat bentuk, yaitu tunggal, berpasangan, berantai dan bergerombol. Hasil pengamatan sepuluh isolat yang dilakukan hanya isolat

dari Mentawai yang tidak ditemukan adanya klamidospora.

Jenis fungi yang ditemukan. Penelitian mengenai isolasi dan identifikasi terhadap fungi yang menginduksi gaharu pada pohon *Aquilaria* spp. yang diperoleh dari berbagai lokasi di Indonesia telah dilakukan sebelumnya oleh para peneliti dari Mikrobiologi Puslibang Kehutanan Bogor. Hasil penelitian tersebut menyatakan bahwa kelompok *Fusarium* merupakan jenis yang relatif sering ditemukan pada batang *Aquilaria* spp. Hasil dari penelitian identifikasi terhadap koleksi isolat kali ini tidak jauh berbeda dari penelitian sebelumnya. Sepuluh isolat yang diteliti enam diantaranya adalah jenis *F. solani* (Mart) Appel & Wollenw diperoleh dari gaharu yang ditanam di Bangka, Bohorok, Gorontalo, Lampung, NTB dan Papua1, kemudian *F. Lateritium* Ness diperoleh dari Kaltim Lk, selanjutnya *F. tricinctum* (Corda) Sacc diperoleh dari Bogor, dan *F. moniliformae* Sheldon diperoleh dari Mentawai. Untuk isolat yang berasal dari Sukabumi belum berhasil diidentifikasi, karena dari beberapa metode yang digunakan belum ditemukan makrokonidia baik yang bersal dari aerial miselia maupun sporodokia. Dari media PDA dan BLA baru menemukan mikrokonidia dan klamidospora. Diduga isolat tersebut bukan jenis *Fusarium* karena dari klamidospora dan mikrokonidia yang ditemukan berbeda dengan sembilan isolat lainnya. Untuk membedakan genus *Fusarium* dengan genus lain yang mempunyai kemiripan secara morfologi seperti *Cylindrocarpon*, Booth (1966) dapat memisahkannya dengan cara melihat ciri khusus *Fusarium* yang mempunyai bentuk makrokonidia seperti bulan sabit (*fusoid*) dan pangkal konidia dengan bentuk sel kaki (*huck/foot cell*) sedangkan *Cylindrocarpon* memiliki pangkal konidia yang relatif tumpul.

Fusarium spp merupakan salah satu fungi yang mempunyai sebaran yang sangat luas dengan jenis yang beragam. Backhouse *et al.* (2001) menyatakan bahwa kelimpahan *Fusarium* ada pada setiap bagian dunia kecuali tempat yang ekstrim, sehingga satu *strain* dengan *strain* lain relatif sulit untuk dibedakan. Ada empat spesies yang berhasil diidentifikasi dari *Aquilaria* spp yaitu *F. solani*, *F. lateritium*, *F. tricinctum* dan *F. moniliformae*. Di antara keempat spesies tersebut *F. solani* yang paling banyak ditemukan. *F. solani* dibedakan dengan *F. tricinctum* berdasarkan karakteristik bentuk makrokonidia juga bentuk mikrokonidia yang relatif lebih besar untuk *F. solani*

dan mikrokonidia umumnya berbentuk elips, kemudian *F. solani* dapat dibedakan dengan *F. lateritium* berdasarkan karakter makrokonidianya lebih ramping untuk *F. lateritium*. Sedangkan *F. moniliformae* mempunyai ciri khusus tidak mempunyai klamidospora. Menurut Agustini *et al.* (2006), kebanyakan spesies dari *Fusarium* merupakan fungi yang bersifat kosmopolitan, sehingga untuk membedakan spesies *Fusarium* merupakan hal yang kompleks, karena variasi yang ditemukan dalam satu spesies sangat besar. Tanaman yang menjadi inang *Fusarium* bisa membantu dalam identifikasi terutama untuk *Fusarium* yang potogenik, tetapi untuk yang saprofit atau patogen yang lemah memerlukan pengamatan yang menyeluruh.

Jenis *F. solani* bisa dikatakan patogen penting pada tanaman salah satunya pada *Aquilaria* spp. *Strain* ini banyak ditemukan di berbagai tempat karena sifatnya yang kosmopolit. Booth (1971); Nelson *et al.* (1983) melaporkan *F. solani*, *F. tricinctum*, dan *F. sambucinum* merupakan spesies yang kosmopolit, walaupun tidak sedikit spesies dari kelompok ini yang bersifat saprofit. Beberapa penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya melaporkan keberadaan *F. solani* pada tanaman penghasil gaharu. Penelitian Sidiyasa dan Suharti (1987) menyatakan bahwa berbagai jenis jamur seperti *Diplodia* sp., *Pythium* sp. dan *F. solani* berperan dalam pembentukan resin gaharu. Umboh *et al.* (2000) menggunakan jamur *F. oxysporum*, *F. solani*, *Scytallidium* sp., *Libertella* sp., dan *Trichoderma* sp. Untuk memacu terbentuknya gubal pada *Aquilaria malaccensis* dan *A. crassna* pierre ex Laconte. Kemudian *F. solani* juga mempunyai karakteristik morfologi yang cukup beragam, dari beberapa pengarang/ penulis buku menginterpretasikan *F. solani* dengan karakteristik yang sedikit berbeda, sehingga terkadang sama-sama *F. solani* namun ada perbedaan pada sifat morfologinya. Sedangkan adanya perbedaan di antara *strain Fusarium* yang ditemukan diduga adanya keterkaitan dengan lokasi, saat pengambilan sampel, dan juga kondisi ekologi masing-masing lokasi. Hal ini berkaitan dengan habitat *Fusarium* yang sangat luas.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil identifikasi koleksi fungi hasil isolasi pada lokasi penanaman *Aquilaria* spp. yang tersebar di beberapa daerah, diperoleh empat spesies *Fusarium* yaitu *F. solani* (Mart) Appel & Wollenw, *F.*

Lateritium Ness, *F. tricinctum* (Corda) Sacc dan *F. moniliformae* Sheldon.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustini L, Wahyuno D & Santoso E. 2006. Keanekaragaman Jenis Jamur yang Potensial Terhadap Pembentukan Gaharu dari Batang *Aquilaria* spp. *J Penelitian Hutan dan Konservasi Alam* 3 (5): 555-564.
- Backhouse D. 2001. *Biogeography of Fusarium*. Di dalam; Breet A. Summerell, John F Leslie, David Backhouse, Wayne L. Bryden, Lester W. Burgess, editor. *Fusarium, Paul E. Nelson Memorial Symposium. Minnesota: APS Press.* Hlm 122-137.
- Booth C. 1966. The Genus *Cylindrocarpon*. England: Commonwealth Mycological Institute.
- Booth C. 1971. The Genus *Fusarium*. England: Commonwealth Mycological Institute.
- Gandjar I, Sjamsuridzal W. & Oetari A. 2006. *Mikologi Dasar dan Terapan*. Jakarta: Yayasan Obor Indonesia.
- Hawker, L. E. 1971. *The Physiology of Reproduction in Fungi*. New York: Hafner Publishing Company.
- John F. leslie & Brett A. Summerell. 2006. *The Fusarium Laboratory Manual*. USA: Blackwell Publishing Professional.
- Nelson P.E., T.A. Tousson, & W.F.O. Marasas. 1983. *Fusarium spesies an Illustrated Manual for Identification*. University Park & London: The Pennsylvania State University Press.
- Raffa, K.F, A.A. Berryman, J. Simasko, W. Teal, dan B.L. Wong. 1985. Effect of grand fir monoterpenes on the firegraver, *Scolytus ventralis*, and its symbiotic fungus. *Environ Entomol* 14: 552-556.
- Rayner, R.W. 1970. *A mycological colour chart*. Commonwealth England: Mycological institute & British Mycological Society.
- Seifert K. 1996. Fuskey – *Fusarium Interactive Key*. Agriculture & Agri-Food Canada. <http://www.ctu.edu.vn/colleges/agri/gtrinh/fuskey.pdf>. [diakses: 07 September 2009].
- Sidiyasa K, dan M. Suharti. 1987. Jenis-Jenis Tumbuhan Penghasil Gaharu. Makalah Utama Diskusi Pemanfaatan Kayu Kurang dikenal. Cisarua, Bogor, 13-14 Januari 1987.
- Sumarna Y. 2002. *Budidaya Gaharu*. Seri Agribisnis. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Umboh M.I.J, G Rahayu, & H Affandi. 2002. Upaya peningkatan produksi gubal gaharu: mikropropogasi *Aquilaria* sp. dan upaya peningkatan bioproses gubal gaharu. laporan Riset Unggulan Terpadu v Bidang Teknologi Perlindungan lingkungan. Jakarta: Kantor Menteri Negara Riset dan Teknologi.
- Wiyono B, Sumarliani N. 1998. *Penyusunan Standar Mutu Gaharu*. Bogor: Pusat Penelitian Pengembangan Hasil Hutan dan Sosial Ekonomi Kehutanan.