



Info **Hutan**

Volume VII Nomor 2 Tahun 2010



Info Hutan

Vol. VII

No. 2

Hal. 107-228

Bogor
Tahun 2010

ISSN
1410 - 0657

KEMENTERIAN KEHUTANAN
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN KEHUTANAN
PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN HUTAN DAN KONSERVASI ALAM
Bogor



Info Hutan adalah media resmi publikasi ilmiah dari Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan dan Konservasi Alam (P3HKA) yang memuat hasil penelitian, kajian, dan pemikiran, bidang-bidang Silvikultur Hutan Alam, Nilai Hutan, Pengaruh Hutan, Botani dan Ekologi Hutan, Perhutanan Sosial, Mikrobiologi Hutan, dan Konservasi Sumberdaya Alam.

(Info Hutan is an official scientific publication of the Forest and Nature Conservation Research and Development Centre (FNCRDC) publishing research findings, reviews, and ideas, of Natural Forest Silviculture, Forest Influences, Forest Valuation, Forest Botany and Ecology, Social Forestry, Forest Microbiology, and Natural Resource Conservation).

Penanggungjawab (*Responsible person*) Kepala Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan dan Konservasi Alam
(*Director of FNCRDC*)

Dewan Redaksi (*Editorial Board*)

Ketua merangkap anggota
(*Chairman and member*)

Anggota (*Members*)

Prof. Riset Dr. M. Bismark, M.S. (*Biologi Konservasi*)

1. Dr. Erdy Santoso, M.S. (*Mikologi*)
2. Dr. Ir. Murniati, M.Sc. (*Agroforestry dan Hutan Kemasyarakatan*)
3. Ir. Titiek Setyawati, M.Sc. (*Ekologi Umum*)
4. Ir. Atok Subiacto, M.Sc. (*Silvikultur*)
5. Drs. Kuntadi, M.Agr. (*Entomologi Perlebahan/Apikultur*)
6. Dr.Ir. Taulana Sukandi, M.Sc. (*Agroforestry dan Hutan Kemasyarakatan*)
7. Dr.Ir. Chairil Anwar Siregar, M.Sc. (*Hidrologi dan Konservasi Tanah*)
8. Dr. Haruni Krisnawati, S. Hut., M.Si. (*Biometrika Hutan*)
9. Dr. Irnayuli Rosaleida Sitepu, SP. MCP (*Bakteriologi*)

Sekretariat Redaksi (*Secretariat*)

Ketua merangkap anggota
(*Chairman and member*)

Ir. Sulisty A. Siran, M.Sc
Kepala Bidang Pelayanan dan Evaluasi Penelitian P3HKA
(*Head of Research Service and Evaluation Division of the FNCRDC*)

Anggota (*Members*)

1. Drs. Haryono
2. Rara Retno Kusumastuti R., SH
3. Mardiah

Isi dari Info Hutan dapat dikutip dengan menyebutkan sumbernya.
(*Citation is permitted with acknowledgement of the source.*)

Diterbitkan secara teratur satu volume tiap tahun oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan dan Konservasi Alam, Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan.

(Published regularly one volume yearly by the Forest and Nature Conservation Research and Development Centre of the Forestry Research and Development Agency).

Alamat (*Address*) : Jl. Gunung Batu P.O. Box 165
Bogor 16001 Indonesia
Telepon (*Phone*) : (0251) 8633234; 7520067
Fax (*Fax*) : (0251) 8638111
Website / home page : <http://www.forda.org>
e-mail : sim@forda.org; p3hka_pp@yahoo.co.id
Percetakan : CV. Dewi Sri Jaya, Bogor

Terakreditasi dengan nilai C
Berdasarkan SK Kepala LIPI No. 816/D/2009
(223/AU1/P2MBI/08/2009)
Accredited C by the Indonesian Institute of Sciences
No. 816/D/2009 (223/AU1/P2MBI/08/2009)



Info **Hutan**

Volume VII Nomor 2 Tahun 2010

Info Hutan	Vol. VII	No. 2	Hal. 107-228	Bogor Tahun 2010	ISSN 1410 - 0657
------------	----------	-------	--------------	---------------------	---------------------

KEMENTERIAN KEHUTANAN
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN KEHUTANAN
PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN HUTAN DAN KONSERVASI ALAM
Bogor

Info Hutan

Volume VII Nomor 2 Tahun 2010

ISI/CONTENT :

1. Irnayuli R. Sitepu, Aryanto, Yasuyuki Hashidoko, dan/and Maman Turjaman
APLIKASI RHIZOBAKTERI PENGHASIL FITOHORMON UNTUK MENINGKATKAN PERTUMBUHAN BIBIT *Aquilaria* sp. di Persemaian (*Application of Phytohormone-Producing Rhizobacteria to Improve the Growth of Aquilaria sp. Seedlings in the Nursery*) 107-116
2. Mucharromah
PENGEMBANGAN GAHARU DI BENGKULU, SUMATERA (*The Development of Agarwood in Bengkulu, Sumatra*) 117-128
3. Pratiwi, Erdy Santoso, dan/and Maman Turjaman
KARAKTERISTIK HABITAT POHON PENGHASIL GAHARU DI BEBERAPA HUTAN TANAMAN DI JAWA BARAT (*Habitat Characteristics of Gaharu Inducing Tree Species (Aquilaria spp.) in Several Forest Plantations in West Java*) 129-139
4. Sri Suharti
PROSPEK PENGUSAHAAN GAHARU MELALUI POLA PENGELOLAAN HUTAN BERBASIS MASYARAKAT (PHBM) (*Prospect of Gaharu Business Through Community Based Forest Management Model*) 141-154
5. Gayuh Rahayu, Erdy Santoso, dan/and Esti Wulandari
EFEKTIVITAS DAN INTERAKSI ANTARA *Acremonium* sp. DAN *Fusarium* sp. DALAM PEMBENTUKAN GUBAL GAHARU PADA *Aquilaria microcarpa* Baill. (*Effectivity and Interaction of Acremonium sp. and Fusarium sp. in the Formation of Agar Heartwood of Aquilaria microcarpa Baill.*) 155-164
6. Maman Turjaman, Irnayuli R. Sitepu, Ragil S.B. Irianto, Sugeng Sentosa, Aryanto, Ahmad Yani, Najmulah, dan/and Erdy Santoso
PENGUNAAN FUNGI MIKORIZA ARBUSKULA PADA EMPAT JENIS *Aquilaria* (*Utilization of Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Four Aquilaria Species*) 165-173
7. Eka Novriyanti, Erdy Santoso, Irnayuli R. Sitepu, dan/and Maman Turjaman
KAJIAN KIMIA GAHARU HASIL INOKULASI *Fusarium* sp. PADA *Aquilaria microcarpa* (*Study on Agarwood Chemical Yielded from Fusarium sp. Inoculation at Aquilaria microcarpa*) 175-188
8. Titiek Setyawati
POTENSI DAN KONDISI REGENERASI ALAM GAHARU (*Aquilaria malaccensis* Lamk.) DI PROVINSI LAMPUNG DAN BENGKULU, SUMATERA (*Potency and Condition of Gaharu (Aquilaria malaccensis Lamk.) Natural Regeneration of Lampung and Bengkulu Provinces, Sumatra*) 189-204



KEMENTERIAN KEHUTANAN
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN KEHUTANAN
PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN HUTAN DAN KONSERVASI ALAM
Bogor

Info Hutan

Volume VII Nomor 2 Tahun 2010

ISI/CONTENT :

9. Erdy Santoso, Ragil Setio Budi Irianto, Maman Turjaman, Irnayuli R. Sitepu, Sugeng Santosa, Najmulah, Ahmad Yani, dan/and Aryanto
TEKNOLOGI INDUKSI POHON PENGHASIL GAHARU (*Induction Technology of Eaglewood*) 205-217
10. Atok Subiakto, Erdy Santoso, dan/and Maman Turjaman
UJI PRODUKSI BIBIT TANAMAN PENGHASIL GAHARU SECARA GENERATIF DAN VEGETATIF (*Production Trial of Eaglewood Planting Stocks by Generative and Vegetative Propagation*) 219-224
11. Ragil SB Irianto, Erdy Santoso, Maman Turjaman, dan/and Irnayuli R Sitepu
HAMA PADA POHON PENGHASIL GAHARU DAN TEKNIK PENGENDALIANNYA (*Pest of Agarwood Producing Plants and Its Control Measures*)..... 225-228



KEMENTERIAN KEHUTANAN
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN KEHUTANAN
PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN HUTAN DAN KONSERVASI ALAM
Bogor

EFEKTIVITAS DAN INTERAKSI ANTARA *Acremonium* sp. DAN *Fusarium* sp. DALAM PEMBENTUKAN GUBAL GAHARU PADA *Aquilaria microcarpa* Baill. (*Effectivity and Interaction of *Acremonium* sp. and *Fusarium* sp. in the Formation of Agar Heartwood of *Aquilaria microcarpa* Baill.*)*

Oleh/By:

Gayuh Rahayu¹, Erdy Santoso², dan/and Esti Wulandari¹

¹Departemen Biologi, FMIPA, Institut Pertanian Bogor, Kampus Darmaga, Bogor 16680
Gedung FMIPA Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680 Telp : 0251-8328837/ Fax : 0251-8328837,
e-mail : biologifmipa@ipb.ac.id; gayuhrahayu@yahoo.com; http://biologi.fmipa.ipb.ac.id/

²Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan dan Konservasi Alam
Jl. Gunung Batu No. 5 Po Box 165; Telp. 0251-8633234, 7520067; Fax 0251-8638111 Bogor

*Diterima : 28 September 2009; Disetujui : 26 Oktober 2009

ABSTRACT

Aquilaria microcarpa Baill. is one of gaharu or agarwood-producing tree species. Gaharu is formed through fungal infection. *Acremonium* sp. and *Fusarium* sp. are two fungal genera mostly used for gaharu induction. These fungi have often been isolated together from the same heartwood. The interaction of these two fungi is not known. This study was aimed at investigating the effectivity of *Acremonium* sp. and *Fusarium* sp. as well as their interaction in forming gaharu. The stem of *A. microcarpa* was drilled to create holes for inoculation. Inoculant 1 (*A. Acremonium* sp. or *F. Fusarium* sp.) was injected into a series of holes by using a hose followed by inoculant 2 (*F. Fusarium* sp. or *A. Acremonium* sp.) one week after, into another series of holes on the same tree stem. Prior to inoculation or *Acremonium* sp., the holes were injected with 2% sugar solution. The distance between holes of inoculant 1 and 2 was about 15 cm. The inoculation treatments were single inoculation AA and FF, double inoculation of AF and FA, and two treatments of no inoculation (drilled only: B, drilled and sugar: G), and negative control (K). The distance between holes of treatment pairs was about 30 cm. Each treatment was replicated three times (three different tress). Effectivity and interaction between inoculant were observed in height, zonation width of changes in color length, color intensity, fragrance level, and percentage of induction point that gave fragrant as well as accumulation of terpenoid compound. Changes in wood color and fragrance levels were determined by scoring. Accumulation of terpenoid compound was analyzed following methods of Liebermann-Burchard. Observation was carried out monthly for four consecutive months. Generally, all treatments induced color changes and stimulated wood fragrance. Sugar liquid suppressed gaharu formation. *Acremonium* sp. and *Fusarium* sp. were relatively more effective in inducing gaharu compered with only wood drilling and/or sugar liquid, in particular the fragrance effect. Double inoculations of AF were more effective in inducing the fragrance than FA and single inoculation. Inoculation of FA, however, gave better effect on other parameters. One week different in inoculation of inoculants 1 did not show any resistance againts inoculant 2. Likewise, inoculants 2 did not affect inoculant 1. Terpenoid compound of triterpenoid group was detected on all double inoculation treatments and single inoculation of *F. Sterol* was found on other treatments. Nonetheles, concentration of these two compounds was less than those found in natural gaharu.

Keywords: Induction, terpenoid compound, sterol, color changes, wood fragrance

ABSTRAK

Aquilaria microcarpa Baill. merupakan salah satu pohon penghasil gaharu. Gaharu dibentuk sebagai akibat infeksi cendawan. *Acremonium* sp. dan *Fusarium* sp. adalah cendawan yang sering dipergunakan untuk induksi pembentukan gubal. Kedua cendawan ini seringkali diisolasi dari satu gejala gubal. Interaksi antara kedua cendawan tersebut dalam pembentukan gubal belum diketahui. Oleh sebab itu, kemampuan *Acremonium* sp. dan *Fusarium* sp. serta interaksinya dalam pembentukan gubal dipelajari. Batang pohon *A. microcarpa* dibor kemudian inokulan 1 (*A. Acremonium* sp. atau *F. Fusarium* sp.) dimasukkan ke dalam sederetan lubang dan diikuti inokulan 2 (*F. Fusarium* sp. atau *A. Acremonium* sp.) ke dalam sederetan lubang lainnya dengan selang waktu inokulasi 1 minggu pada batang pohon yang sama. Sebelum inokulan *Acremonium* sp. dimasukkan ke dalam lubang, lubang diberi larutan gula 2%. Jarak antara deretan lubang inokulan 1 dan inokulan 2 sebesar 15 cm. Seluruh perlakuan terdiri dari perlakuan dengan inokulan tunggal AA dan FF, dengan inokulan ganda AF dan FA, tanpa inokulan (dibor saja: B, dibor dan diberi gula: G) serta

kontrol negatif (K). Jarak antara lubang sepasang perlakuan sekitar 30 cm. Setiap perlakuan dibuat pada 3 pohon berbeda. Efektivitas dan interaksi antara inokulan ditetapkan berdasarkan panjang, lebar zona perubahan warna kayu, tingkat warna, tingkat wangi, dan persentase titik induksi yang wangi serta akumulasi senyawa terpenoid. Tingkat perubahan warna kayu dan tingkat wangi ditetapkan berdasarkan sistem skor. Akumulasi senyawa terpenoid dianalisis dengan metode Liebermann-Burchard. Pengamatan dilakukan setiap bulan selama 4 bulan. Secara umum semua perlakuan menyebabkan perubahan warna kayu dan merangsang munculnya perubahan aroma kayu. Larutan gula menyebabkan gejala pembentukan gubal gaharu menjadi tertekan. *Acremonium* sp. dan *Fusarium* sp. relatif lebih efektif dalam merangsang pembentukan gejala gubal gaharu dibandingkan dengan pembuatan lubang dan atau pemberian larutan gula, terutama dalam menginduksi pembentukan wangi. Efektivitas inokulan ganda terutama AF lebih efektif dalam menginduksi pembentukan wangi daripada FA dan inokulan tunggal. Sebaliknya pada parameter lain FA justru lebih baik. Dengan jarak inokulasi 1 minggu, inokulan 1 tidak menyebabkan timbulnya resistensi terhadap inokulan 2, demikian pula sebaliknya kehadiran inokulan 2 cenderung tidak mempengaruhi inokulan 1. Senyawa terpenoid yang tergolong triterpenoid terdeteksi pada semua perlakuan ganda dan perlakuan tunggal F. Pada perlakuan lainnya ditemukan senyawa sterol. Kandungan kedua senyawa ini kurang dari kandungan senyawa yang sama pada minyak gaharu alam.

Kata kunci: Induksi, senyawa terpenoid, sterol, perubahan warna, wangi kayu

I. LATAR BELAKANG

Gaharu merupakan salah satu komoditi hasil hutan bukan kayu (HHBK) yang dihasilkan oleh beberapa spesies pohon gaharu (*Aquilaria* sp., Magnoliopsida, Thymelaeaceae). Proses pembentukan gubal pada pohon gaharu, hingga saat ini masih terus diteliti. Menurut Nobuchi dan Siripatanadilok (1991), gubal gaharu diduga dapat terbentuk melalui infeksi cendawan. Beberapa spesies *Fusarium*, seperti *F. oxysporum* Schltdl., *F. bulbigenium*, dan *F. lateritium* Nees, 1817 telah berhasil diisolasi oleh Santoso (1996). Selain itu, Rahayu *et al.* (1999) menyatakan bahwa beberapa isolat *Acremonium* sp. asal gubal gaharu pada *Gyrinops versatigii* (sin. *A. filaria* (Oken) Merr.) dan *A. malaccensis* Lamk. mampu menginduksi gejala pembentukan gubal pada pohon gaharu (*A. crassna* Pierre, *A. malaccensis* Lamk., *A. microcarpa* Baill.) umur 2 tahun. Pada gubal gaharu, hasil induksi cendawan terdeteksi senyawa oleoresin (Prema dan Bhattacharyya, 1962). Rahayu *et al.* (2007) dan Rahayu (2008) juga menyatakan bahwa *Acremonium* sp. merangsang perubahan warna kayu dan pembentukan senyawa terpenoid. Oleh sebab itu, perubahan warna kayu dan adanya senyawa terpenoid dijadikan indika-

tor efektivitas dan interaksi antara inokulan dalam pembentukan gubal.

Acremonium sp. dan *Fusarium* sp. seringkali diperoleh dari satu gejala gubal. Mekanisme infeksi kedua cendawan ini pada satu lokasi infeksi belum dipelajari. Padahal menurut Sticher *et al.* (1997), pada beberapa kasus infeksi cendawan pada tumbuhan, infeksi cendawan yang pertama dapat membangkitkan resistensi yang disebut *Systemic Acquired Resistance* (SAR) terhadap infeksi cendawan kedua. Sebagai contoh, Caruso dan Kuc (1977) menyatakan bahwa infeksi *F. oxysporum* f.sp. *cucumerinum* dapat membangkitkan SAR tanaman semangka terhadap infeksi *Colletotrichum lagenarium*. Liu *et al.* (1995) juga menemukan proses SAR dari infeksi *Pseudomonas lachrymans* (Smith *et al.* Bryan) pada timun terhadap *F. oxysporum* Schltdl. Infeksi ganda *Fusarium* sp. dan *Acremonium* sp. melalui pemanfaatan kedua cendawan tersebut sebagai penginduksi ganda memerlukan informasi awal mengenai kemungkinan terbentuknya SAR yang dibangkitkan oleh *Fusarium* sp. terhadap *Acremonium* sp. dan sebaliknya. Oleh sebab itu penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas dan interaksi antara *Acremonium* sp. terhadap *Fusarium* sp. dalam pembentukan gubal

pada pohon gaharu (*A. microcarpa* Baill.).

II. BAHAN DAN METODE

A. Bahan

Bahan dan alat yang digunakan adalah pohon *A. microcarpa* umur 13 tahun di Hutan Penelitian Carita, Banten, biakan *Acremonium* sp. IPBCC 07.525 (koleksi IPBCC, Departemen Biologi FMIPA IPB) dan *Fusarium* sp. yang berasal dari *Aquilaria* sp. Padang (koleksi Laboratorium Mikrobiologi Hutan, Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan dan Konservasi Alam), larutan gula 2%, alkohol, aquades, bor, mata bor berukuran 4 mm, meteran, bahan pelet dan alat pencetaknya.

B. Metode

1. Pembuatan Inokulan

Acremonium sp. dan *Fusarium* sp. di-remajakan pada media agar-agar kentang dekstroza (Difco) dan diinkubasi pada suhu ruang selama 7 hari. Biakan ini akan digunakan sebagai sumber inokulum untuk pembuatan inokulan. *Acremonium* sp. ditumbuhkan pada media serbuk gergaji selama 2 minggu, kemudian dibentuk berupa pelet dengan ukuran 4 mm x 40 mm. *Fusarium* sp. ditumbuhkan pada 300 ml media cair dan diinkubasi selama 3 minggu menggunakan inkubator bergoyang.

2. Uji Efektivitas dan Interaksi *Acremonium* sp. dan *Fusarium* sp.

Pertama-tama, sederetan lubang dibuat di sekeliling batang utama (mulai ketinggian 0,5-1 m di atas permukaan tanah) dengan mata bor berdiameter 4 mm dengan kedalaman lubang maksimal 1/3 diameter batang. Jarak antar lubang dalam deretan sekitar 5 cm. Ke dalam deretan lubang ini dimasukkan inokulan 1 sampai lubang dipenuhi oleh inokulan. Seminggu kemudian, pohon dilubangi lagi pada jarak 15 cm secara vertikal dari

deretan lubang yang pertama. Ke dalam lubang pada deretan kedua ini dimasukkan inokulan 2. Pasangan inokulan (FA atau AF) adalah set perlakuan. Jarak antar set perlakuan dalam 1 pohon $\pm$ 30 cm. Untuk inokulan berupa pelet, lubang diberi larutan gula 2% sebelum pemberian inokulan. Batang yang tidak diberi perlakuan (K), yang dilubangi saja (B), batang yang dilubangi dan diberi larutan gula (G) serta batang dengan perlakuan tunggal (diberi *Acremonium* sp. saja (AA) atau *Fusarium* sp. saja (FF)) digunakan sebagai pembanding. Pengamatan dilakukan setiap 1 bulan selama 4 bulan.

Efektivitas dan interaksi diukur melalui perkembangan pembentukan gejala gubal di sekitar daerah induksi. Perubahan warna batang dan pembentukan wangi merupakan indikator pembentukan gubal. Batang di sekitar lubang dikupas kulitnya kemudian zona perubahan warna batang diukur secara horizontal dan vertikal. Daerah yang menunjukkan perubahan warna kayu dari putih menjadi coklat-kehitaman diambil dengan dipahat dan dibawa ke laboratorium untuk pengamatan selanjutnya. Perubahan warna diamati pada 10 titik untuk setiap pohon. Tingkat perubahan warna kayu ditetapkan berdasarkan sistem skor (0 = putih, 1 = putih-kecoklatan, 2 = coklat, 3 = coklat-kehitaman). Tingkat perubahan warna kayu dinyatakan dalam rata-rata dari hasil pengamatan 3 responden.

Wangi ditetapkan berdasarkan sistem skor (0 = tidak wangi, 1 = agak wangi, 2 = wangi). Kayu di sekitar titik inokulasi dipahat dan kemudian diamati wanginya secara organoleptik ketika kayu dibakar. Wangi dinyatakan dalam tingkat wangi dan persentase titik induksi dengan kategori agak wangi dan sangat wangi. Tingkat wangi dinyatakan dalam rata-rata skor dari 3 responden.

3. Deteksi Senyawa Terpenoid

Senyawa terpenoid dideteksi dengan metode Lieberman-Burchard (Harborne, 1987). Setelah diamati tingkat wanginya,

sampel-sampel dari kayu yang mengalami perubahan warna dipisahkan dari bagian yang sehat. Sebanyak 0,4 g kayu yang berubah warna direndam dalam 5 ml etanol absolut panas kemudian disaring pada cawan petri steril dan diuapkan sampai kering (sampai terbentuk endapan berwarna kuning). Pada endapan ditambahkan 1 ml dietil eter pekat, dihomogenisasi lalu dipindahkan ke tabung reaksi steril, ditambahkan 3 tetes asam asetat anhidrat dan 1 tetes H_2SO_4 pekat. Perubahan warna menjadi merah atau ungu menunjukkan adanya senyawa triterpenoid (Harbone, 1987). Sebanyak 5 ml etanol absolut ditambahkan ke dalam larutan kemudian absorbansinya diukur dengan spektrofotometer pada λ 268 nm.

4. Analisis Data

Data hasil pengamatan (panjang, lebar zona perubahan warna, tingkat perubahan warna, dan tingkat wangi) dianalisis dengan SAS versi 9.1 menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) satu faktor dengan waktu dan uji F pada $\alpha = 5\%$. Bila terdapat pengaruh nyata dari perlakuan yang diamati, maka setiap taraf perlakuan dibandingkan dengan menggunakan uji lanjut Duncan pada taraf 5%.

III. HASIL

A. Efektivitas Inokulan dalam Menginduksi Gejala Pembentukan Gubal Gaharu

Secara umum semua perlakuan menyebabkan perubahan warna kayu dan merangsang munculnya perubahan aroma kayu (Tabel 1). Pemberian gula menyebabkan gejala pembentukan gubal gaharu menjadi tertekan. Efektivitas inokulan tunggal maupun ganda *Acremonium* sp. dan *Fusarium* sp. relatif lebih tinggi dalam merangsang pembentukan gejala gubal gaharu dibandingkan dengan metode induksi lainnya. Sebagai inokulan tunggal A dan F memiliki efektivitas yang relatif sama. Gejala pembentukan gubal akibat

inokulan ganda juga cenderung tidak berbeda nyata dari inokulan tunggalnya. Berdasarkan persentase titik induksi pada kategori wangi, inokulan ganda lebih efektif. Di antara inokulan ganda, AF lebih efektif dalam menginduksi pembentukan wangi daripada FA dan inokulan tunggal. Sedangkan pada parameter lainnya, AF justru lebih baik.

Kayu mengalami perubahan warna dari putih menjadi coklat atau coklat-kehitaman (Gambar 1). Pemberian inokulan tidak berpengaruh pada panjang dan lebar zona perubahan warna. Namun panjang zona perubahan warna tertinggi terjadi berturut-turut pada kayu yang diberi perlakuan ganda FA dan AF. Sedangkan tingkat perubahan warna dipengaruhi oleh inokulan. Tingkat perubahan warna tertinggi pada FA dan berbeda nyata dari perlakuan lainnya.

Pemberian inokulan juga tidak berpengaruh nyata terhadap pembentukan wangi. Berbeda dengan perubahan warna kayu, tingkat wangi tertinggi terjadi pada kayu yang diberi inokulan ganda AF. Secara rata-rata nilai tingkat wangi yang terbentuk dari hasil perlakuan inokulan termasuk dalam kategori tidak wangi. Meskipun demikian, pemberian inokulan meningkatkan persentase titik induksi yang wangi. Bahkan inokulan tunggal AA dan inokulan ganda menghasilkan titik induksi pada kategori wangi (Tabel 1).

Periode induksi berpengaruh pada semua parameter pembentukan gubal, kecuali panjang zona perubahan warna (Tabel 2). Secara umum, nilai parameter pembentukan gubal tertinggi terjadi pada bulan ke-2, kecuali tingkat perubahan warna. Pada bulan ke-2 induksi, intensitas warna cenderung naik tapi intensitas warna kayu pada bulan ke-4 relatif sama dengan bulan ke-3.

B. Interaksi Inokulan 1 dan Inokulan 2

Secara umum inokulan 1 tidak membangkitkan resistensi pohon terhadap inokulan 2 (Tabel 3). Inokulasi F sebelum inokulasi A tidak mempengaruhi

Tabel (Table) 1. Pembentukan gejala gubal gaharu hasil inokulasi cendawan tunggal dan ganda (*Symptom of gaharu wood formation after inoculation of single or double inoculants*)

Perlakuan (Treatment)		Rata-rata (Average)*					
		Perubahan warna kayu (Wood color change)			Wangi (Fragrant) (Skor/Score)	Titik induksi agak wangi (Point of induction of slightly fragrant) (%)	Titik induksi wangi (Induction point of fragrant) (%)
		Panjang (Length) (cm)	Lebar (Width) (cm)	Warna (Color) (Skor/Score)			
Inokulan tunggal (Single inoculation)	AA	2,54ab	0,82a	1,90b	0,63ab	34,37	1,39
	FF	3,14a	0,94a	1,45c	0,62ab	31,07	0,00
Inokulan ganda (Double inoculation)	AF	3,20a	0,87a	1,75b	0,70a	39,55	6,24
	FA	3,30a	0,83a	2,18a	0,59ab	20,12	4,16
Kontrol positif (Positive control)	G	1,86b	0,55b	1,02d	0,38c	10,41	0,00
Kontrol negatif (Negative control)	B	2,87ab	0,73ab	1,16d	0,47bc	11,11	0,00
	K	0,00c	0,00c	0,00e	0,00d	0,00	0,00

* Rata-rata dari tiga ulangan, kecuali pada kriteria panjang dan lebar rata-rata dari lima ulangan, huruf yang berbeda pada angka pada kolom yang sama menunjukkan berbeda nyata pada uji Duncan pada = 0,05 (*Average of three replicates except for length and width of five replicates, different letter following numerics in the same column showed significant different based on Duncan test at 0.05*)

Gambar (Figure) 1. Perubahan warna kayu dengan tingkat kegelapan yang berbeda dari (a) intensitas terendah sampai (d) intensitas tertinggi (*Changes in wood color grouped into eight level of scores from the lowest (a) to the highest (d) intensity*)Tabel (Table) 2. Pengaruh periode induksi pada gejala pembentukan gubal gaharu (*Effect of induction period on symptom of gaharu wood formation*)

Bulan (Month)	Rata-rata (Average)*					
	Perubahan warna kayu (Changes in wood color)			Wangi (Fragrant) (Skor/Score)	Titik induksi agak wangi (Induction point of slightly fragrant) (%)	Titik induksi wangi (Induction point of fragrant) (%)
	Panjang (Length) (cm)	Lebar (Width) (cm)	Tingkat (Level) (Skor/Score)			
1	2,46ab	0,68a	0,83c	0,32c	8,43	0,00
2	2,58a	0,71a	1,24b	0,64a	39,47	0,00
3	2,32ab	0,65b	1,67a	0,51b	17,45	0,00
4	2,26b	0,65b	1,65a	0,36c	18,45	6,74

* Rata-rata dari tiga ulangan, kecuali pada kriteria panjang dan lebar rata-rata dari lima ulangan, huruf yang berbeda pada angka pada kolom yang sama menunjukkan berbeda nyata pada uji Duncan pada = 0,05 (*Average of three replicates except for length and width of five replicates, different letter following numerics in the same column showed significant different based on Duncan test at 0.05*)

pembentukan gejala gubal pada titik A termasuk pembentukan wangi. Kehadiran F justru cenderung meningkatkan res-

pon perubahan warna kayu akibat inokulasi A. Demikian pula inokulasi A sebelum F tidak mempengaruhi pembentukan

gejala gubal pada titik F, kecuali warna pada F menjadi lebih gelap dan persentase titik induksi yang wangi relatif lebih tinggi dibandingkan dengan inokulan tunggalnya. Inokulan ganda AF dan FA menghasilkan masing-masing 8,33% titik induksi pada kategori wangi.

Infeksi sekunder juga tidak secara konsisten mempengaruhi infeksi primer (Tabel 4). Inokulasi F sebelum inokulasi A cenderung tidak mempengaruhi pembentukan gejala gubal termasuk tingkat wangi, kecuali pada perubahan warna kayu. Intensitas warna pada titik induksi F lebih baik dibandingkan dengan perlakuan tunggalnya. Infeksi kedua oleh F juga cenderung tidak mempengaruhi gejala pembentukan gubal dan tingkat wangi.

Infeksi sekunder oleh cendawan yang sama dengan cendawan tidak berpengaruh pada pembentukan gejala gubal (Tabel 5). Meskipun demikian, secara umum nilai parameter gejala gubal pada titik infeksi sekunder lebih rendah daripada pada titik infeksi primernya. Inokulan A dan F memiliki potensi yang relatif sama dalam merangsang pembentukan wangi.

C. Pembentukan Senyawa Terpenoid

Senyawa terpenoid terdeteksi pada semua perlakuan. Pada perlakuan tunggal FF dan adanya terbentuk warna merah yang menunjukkan adanya senyawa tri-terpenoid. Warna merah pada minyak gaharu dijadikan sebagai pembanding

Tabel (Table) 3. Pengaruh inokulan 1 terhadap inokulan 2 dalam gejala pembentukan gubal gaharu (*Effect of inoculant 1 on inoculant 2 in symptom of gaharu wood*)

Perlakuan (Treatment)	Perubahan warna kayu (Wood color change)			Wangi (Fragrant) (skor/score)	Titik induksi agak wangi (Induction point of slightly fragrant) (%)	Titik induksi wangi (Induction point of fragrant) (%)
	Panjang (Length) (cm)	Lebar (Width) (cm)	Tingkat (Level) (Skor/Score)			
FAa	2,73abc	0,71bcd	2,15ab	0,60ab	26,37	8,33
AAa	1,96bc	0,66bcd	1,82bc	0,63ab	36,11	0,00
AFf	2,52abc	0,83abcd	1,57cd	0,70a	40,27	8,33
FFf	2,61abc	0,75abcd	1,36de	0,62ab	27,78	0,00
GGg	1,75c	0,53d	1,02e	0,38c	0,00	0,00
BBb	2,40abc	0,65cd	1,13e	0,47bc	0,00	0,00
KKk	0,00e	0,00e	0,00f	0,00d	0,00	0,00

* Rata-rata dari tiga ulangan, kecuali pada kriteria panjang dan lebar rata-rata dari lima ulangan, huruf yang berbeda pada angka pada kolom yang sama menunjukkan berbeda nyata pada uji Duncan pada = 0,05 (*Average of three replicates except for length and width of five replicates, different letter following numerics in the same column showed significant different based on Duncan test at 0.05*)

Tabel (Table) 4. Pengaruh infeksi sekunder dengan cendawan yang berbeda dari cendawan penginfeksi primer (*Effect of secondary infection by fungi different from primary fungal inducer*)

Perlakuan (Treatment)	Perubahan warna kayu (Wood color change)			Wangi (Fragrant) (Skor/Score)	Titik induksi agak wangi (Induction point of slightly fragrant) (%)	Titik induksi wangi (Induction point of fragrant) (%)
	Panjang (Length) (cm)	Lebar (Width) (cm)	Warna (Color) (Skor/Score)			
FFF	3,68ab	0,99ab	1,53cd	0,62ab	34,37	0,00
FAF	3,87a	0,95abc	2,22a	0,50bc	13,89	0,00
AAA	3,13abc	0,96abc	1,98ab	0,63ab	32,63	2,78
AFA	3,88a	1,06a	1,93ab	0,70a	38,86	4,15
GGG	1,98bc	0,56d	1,01e	0,38c	20,83	0,00
BBB	3,35abc	0,80abcd	1,20de	0,47bc	13,89	0,00
KKK	0,00d	0,00e	0,00f	0,00d	0,00	0,00

* Rata-rata dari tiga ulangan, kecuali pada kriteria panjang dan lebar rata-rata dari lima ulangan, huruf yang berbeda pada angka pada kolom yang sama menunjukkan berbeda nyata pada uji Duncan pada = 0,05 (*Average of three replicates except for length and width of five replicates, different letter following numerics in the same column showed significant different based on Duncan test at 0.05*)

Tabel (Table) 5. Pengaruh infeksi sekunder cendawan yang sama dengan cendawan penginfeksi primernya (Effect of the same primary and secondary fungal infection)

Perlakuan (Treatment)	Rata-rata (Average)*					
	Panjang (Length) (cm)	Lebar (Width) (cm)	Warna (Color) (Skor/Score)	Wangi (Fragrant) (Skor/ Score)	Titik induksi agak wangi (Induction point of slightly fragrant) (%)	Titik induksi wangi (Induction point of fragrant) (%)
AAA	3,13abc	0,96abc	1,98ab	0,63ab	32,63	2,78
AAa	1,96bc	0,66bcd	1,82bc	0,63ab	36,11	0,00
FFF	3,68ab	0,99ab	1,53cd	0,62ab	34,37	0,00
FFf	2,61abc	0,75abcd	1,36de	0,61ab	27,78	0,00

* Rata-rata dari tiga ulangan, kecuali pada kriteria panjang dan lebar rata-rata dari lima ulangan, huruf yang berbeda pada angka pada kolom yang sama menunjukkan berbeda nyata pada uji Duncan pada $\alpha = 0,05$ (Average of three replicates except for length and width of five replicates, different letter following numerics in the same column showed significant different based on Duncan test at 0.05)

kandungan triterpenoid perlakuan. Pada ekstrak kayu B, G, dan inokulan A terbentuk warna hijau. Warna hijau ini menunjukkan adanya senyawa sterol (Harborne, 1987), sedangkan pada K tidak terbentuk warna (bening). Hal ini menunjukkan bahwa pada K tidak terdapat senyawa triterpenoid maupun sterol.

Kandungan senyawa triterpenoid pada zona perubahan warna bervariasi pada setiap perlakuan selama 4 bsi (Tabel 6). Secara umum, nilai absorbansi ekstrak terpenoid hasil perlakuan kurang dari nilai absorbansi minyak gaharu (0,813) sebagai pembandingnya.

Tabel (Table) 6. Nilai absorpsi ekstrak kayu gaharu yang berubah warna (Absorbtion value of gaharu wood extract that changed color)

Perlakuan (Treatment)	Bulan ke- (Month -)			
	1	2	3	4
K	0	0	0	0
G	0,29*	0,24*	0,34*	0,14*
B	0,12*	0,22*	0,39*	0,45*
AF A	0,20**	0,06*	0,25*	0,12**
AF F	0,20**	0,05*	0,23**	0,11*
FA F	0,12**	0,11**	0,21*	0,06*
FA A	0,12**	0,19**	0,23**	0,23*
AA	0,15*	0,20*	0,27*	0,40*
FF	0,14**	0,06*	0,25**	0,15*

* Endapan berwarna hijau (Green color sediment); ** Endapan berwarna merah-kecoklatan (Brownish red sediment)

Selain itu, secara umum nilai absorbansi perlakuan inokulan ganda hampir sama dengan inokulan tunggal (Tabel 6). Hal ini menunjukkan bahwa inokulan ganda tidak efektif dalam meningkatkan kandungan senyawa terpenoid.

Inokulan AF maupun FA juga tidak mempengaruhi kandungan terpenoid. Hal ini menunjukkan bahwa pemberian inokulan 2 tidak mempengaruhi besarnya nilai absorbansi inokulan 1. Begitu pula dengan nilai absorbansi inokulan 1 yang tidak dipengaruhi oleh inokulan 2. Pada 3 bsi, perlakuan tunggal FF terbentuk endapan merah dan memiliki nilai absorbansi yang relatif tinggi. Hal ini menunjukkan kandungan triterpenoid yang relatif tinggi pula (Tabel 6).

IV. PEMBAHASAN

A. Efektivitas Induksi

Pohon-pohon yang diberi perlakuan menurun kebugarannya mulai 1 bsi. Penurunan kebugaran ditunjukkan oleh adanya daun-daun yang mengalami klorosis pada cabang pertama dan kedua dari daerah lubang induksi dan kemudian daun-daun ini gugur. Secara umum inokulan tunggal mengakibatkan klorosis pada daun-daun di dua cabang dekat lubang induksi, sedangkan pada pohon yang diberi inokulan ganda klorosis terjadi pada tiga cabang dekat lubang induksi. Berbeda dengan daun-daun pada pohon perlakuan, pada pohon kontrol daun-daun tidak mengalami klorosis sampai akhir pengamatan. Pada 2 bsi, jumlah daun yang mengalami klorosis tidak berbeda dengan 1 bsi, tetapi klorosis hampir memenuhi luasan helaian daun.

Klorosis mungkin berhubungan dengan ketersediaan hara. Ketersediaan hara terganggu, karena jalur distribusinya ke daun terhambat akibat pengeboran. Selain itu, adanya inokulan juga menjadi penyebab klorosis. Caruso dan Kuc (1977) menyatakan bahwa *Colletotrichum lagenarium* menyebabkan klorosis pada daun tanaman semangka dan *musk-melon*. Pohon semakin merana ketika diserang ulat. Tajuk-tajuk pohon menjadi gundul. Berkurangnya jumlah daun secara drastis dapat menghambat proses fotosintesis, karena daun merupakan tempat utama berlangsungnya fotosintesis. Fotosintesis sebagai sumber karbon dalam pembentukan metabolit sekunder antimikroba pun terganggu, karena kemungkinan sumber karbon lebih diutamakan untuk pembentukan tunas baru. Pada akhirnya, perkembangan gejala pembentukan gubal pun terganggu.

Perubahan warna kayu terjadi pada semua perlakuan. Pelukaan, larutan gula, inokulasi *Acremonium* sp. dan *Fusarium* sp. menyebabkan perubahan warna kayu dari putih menjadi gelap. Menurut Braithwaite (2007) *Acremonium* sp. dan *Fusarium* sp. berasosiasi dengan gejala perubahan warna kayu dan *dicline* pada *Quercus* sp. di New Zealand. Sebelumnya, Walker *et al.* (1997) juga menyatakan bahwa perubahan warna kayu menjadi warna coklat (*browning*) dapat disebabkan oleh serangan patogen (cendawan) dan kerusakan fisik. Perubahan warna kayu pada gaharu mungkin dapat mengindikasikan adanya senyawa gaharu. Hal ini didukung oleh pernyataan Rahayu dan Situmorang (2006), bahwa perubahan warna dari putih menjadi coklat-kehitaman merupakan gejala awal terbentuknya senyawa gaharu.

Pemberian larutan gula (G) menekan perkembangan gejala pembentukan gubal gaharu. Hal ini disebabkan karena gula tersebut segera dipergunakan pohon untuk proses penyembuhan daripada dimanfaatkan oleh cendawan. Menurut Nobuchi dan Siripatanadilok (1991), perubahan

warna kayu menjadi coklat muncul setelah sel-sel kehilangan pati akibat pelukaan.

Periode inkubasi cenderung mempengaruhi semua parameter gejala gubal gaharu. Semakin lama periode induksi semakin gelap warna kayu, sedangkan pada parameter lainnya, nilai tertinggi diperoleh pada bulan ke-2 induksi. Kemungkinan besar fenomena ini berhubungan dengan kebugaran pohon yang menurun mulai bulan ke-2.

Berdasarkan persentase titik induksi yang wangi, inokulan ganda lebih baik dari inokulan tunggal maupun cara induksi lainnya. Hal ini membuktikan bahwa wangi merupakan respon spesifik terhadap bentuk gangguan (Rahayu *et al.*, 2007).

Aroma wangi mulai terdeteksi pada bulan ke-2 dan menurun pada bulan berikutnya. Aroma wangi merupakan bagian dari senyawa gaharu (Rahayu *et al.*, 2007). Senyawa wangi merupakan senyawa yang mudah menguap, sehingga kemungkinan besar tergolong senyawa seskuiterpenoid. Namun demikian metabolisme isopentenil pirofosfat sebagai prekursor pembentukan terpenoid (McGarvey and Croteau, 1995) mungkin tidak berhenti pada produk seskuiterpenoid tetapi dapat masuk dalam jalur metabolisme selanjutnya. Pada penelitian ini senyawa triterpenoid dan sterol juga terdeteksi. Hal ini menunjukkan bahwa metabolisme terpenoid dapat berlangsung terus dan berakhir pada produk selain seskuiterpenoid ketika dipanen.

Aroma wangi dan frekuensi wangi pada pemberian inokulan ganda AF relatif lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Namun, intensitas warna kayu lebih rendah dibandingkan dengan pemberian inokulan ganda FA. Hal ini menunjukkan bahwa aroma wangi yang dihasilkan tidak selalu sebanding dengan intensitas warna kayu. Sesuai dengan pernyataan Rahayu *et al.* (1999) bahwa terjadinya pembentukan wangi gaharu tidak selalu diikuti oleh perubahan warna kayu.

Secara umum inokulan 1 tidak membangkitkan resistensi pohon terhadap inokulan 2. Hal ini berbeda dari hasil penelitian Krokene *et al.* (1999) yang membuktikan bahwa inokulasi *Heterobasidion annosum* yang diikuti oleh *Ceratocystis polonica* menekan pembentukan gejala *blue-stain* pada pohon Norway spruce (*Picea abies*). Kemungkinan besar hal ini disebabkan aktivitas patologis yang berbeda. *Acremonium* dan *Fusarium* dikenal sebagai penyebab busuk batang atau kanker batang pada pohon berkayu. *Heterobasidion* juga menyebabkan busuk batang tetapi *C. polonica* adalah penyebab *blue-stain* saja dan tidak menyebabkan busuk batang. *Heterobasidion* mungkin merangsang pohon membentuk senyawa fitoaleksin yang bersifat anti *C. polonica*. Kemungkinan lain adalah periode inokulasi antara inokulan 1 dan inokulan 2 yang hanya berselang 1 minggu. Krokene *et al.* (1999) menyatakan bahwa pada Norway spruce (*P. abies*) terhadap *C. polonica* terbentuk SAR setelah 3 minggu infeksi *H. annosum*.

B. Pembentukan Senyawa Gaharu

Acremonium sp. dan *Fusarium* sp. dalam bentuk inokulan tunggal atau inokulan ganda dapat merangsang pohon gaharu membentuk senyawa terpenoid. Paine *et al.* (1997) menyatakan bahwa serangan cendawan pada pohon pinus akan merangsang pohon untuk membentuk senyawa terpenoid sebagai pertahanan pohon. Selain itu penelitian sebelumnya, Rahayu *et al.* (2007) juga menyatakan bahwa pemberian *Acremonium* sp. pada *A. crassna* terbukti dapat merangsang pembentukan senyawa terpenoid.

Pada penelitian ini triterpenoid mulai terdeteksi pada 1 bsi. Triterpenoid terdeteksi pada pemberian inokulan tunggal FF dan inokulan ganda yang ditunjukkan dengan terbentuknya endapan berwarna merah pada pengujian *Lieberman-Burchard*. Sedangkan pada perlakuan B, G, dan inokulan tunggal AA terbentuk warna hijau. Warna hijau ini mengindi-

kasikan yang terbentuk adalah senyawa sterol. Harborne (1987) menyatakan bahwa sterol merupakan salah satu senyawa yang tergolong ke dalam senyawa terpenoid.

V. KESIMPULAN

Semua pohon yang diinokulasi menurun kebugarannya sejak 1 bulan setelah inokulasi. Inokulan ganda terutama *Acremonium* sp. atau *Fusarium* sp. lebih efektif daripada inokulan tunggal dalam merangsang pembentukan wangi. Induksi dengan inokulan 1 yang hanya berselang 1 minggu dari pemberian inokulan 2 tidak membangkitkan resistensi pohon terhadap inokulan 2. Semua inokulan, kecuali inokulan tunggal *Acremonium* sp. merangsang pohon membentuk triterpenoid.

DAFTAR PUSTAKA

- Braithwaite, M., C. Inglis, M.A. Dick, T.D. Ramsfield, N.W. Waipara, R.E. Beever, J.M. Pay and C.F. Hill. 2007. Investigation of Oak Tree Decline In The Auckland Region. New Zealand Plant Protection 60 : 297-303.
- Caruso, F.L. and J. Kuc. 1977. Protection of Water-Melon and Muskmelon Against Colletotrichum Lagenarium by Colletotrichum Lagenarium. Phytopathol. 67 : 1.285-1.289.
- Harbone, J.B. 1987. Metode Fitokimia. Padma-winata, K. dan I. Sudiro, penerjemah; Bandung : Institut Teknologi Bandung. Terjemahan dari : Phytochem Methods.
- Krokene, P., E. Christiansen, H. Solheim, V.R. Franceschi, and A.A. Berryman. 1999. Induced Resistance to Pathogenic Fungi in Norway Spruce. Plant Physiol. 121 : 565-569.
- Liu, L., J.W. Kloepper, and S. Tuzun. 1995. Induction of Systemic Resistance in Cucumber by Plant Growth-Promoting Rhizobacteria : Duration

- of Protection and Effect of Host Resistance on Protection and Root Colonization. *Phytopathol.* 85 : 1.064-1.068.
- McGarvey, D.J. and F. Croteau. 1995. Terpenoid Metabolism. *Plant Cell* 7 : 1.015-1.026.
- Nobuchi, T. and S. Siripatanadilok. 1991. Preliminary Observation of *Aquilaria crassna* Pierre Wood Associated with The Formation of Aloeswood. *Bull. Kyoto Univ. Forest* 63 : 226-235.
- Paine, T.D., K.F. Raffa, and T.C. Harrington. 1997. Interactions Among Scolytid Bark Beetles, Their Associated Fungi and Host Conifers. *Annu. Rev. Entomol.* 42 : 179-206.
- Prema, B.R. and P.K. Bhattacharyya. 1962. Microbiological transformation of terpenes. II. Transformations of α -pinene. National Chemical Laboratory. Poona, 14 Mei 1962. Poona. hal. 524-528.
- Rahayu, G., Y. Isnaini, and M.I.J. Umboh. 1999. Potensi Hifomiset dalam Menginduksi Pembentukan Gubal Gaharu. Prosiding Kongres Nasional XV dan Seminar Perhimpunan Fitopatologi Indonesia; Purwokerto, 16-18 September 1999. Purwokerto : Perhimpunan Fitopatologi Indonesia. hlm 573-581.
- Rahayu, G. dan J. Situmorang. 2006. Menuju produksi senyawa gaharu secara lestari. Laporan Penelitian Hibah Bersaing XI. Bogor: Lembaga Penelitian Masyarakat IPB.
- Rahayu, G., A.L. Putri dan Juliarni. 2007. Acremonium and Methyl-Jasmonate Induce Terpenoid Formation in Agarwood Tree (*Aquilaria crassna* Pierre). Makalah Dipresentasikan dalam 3rd Asian Conference on Crop Protection, Yogyakarta, 22-24 August 2007.
- Rahayu, G. 2008. Increasing Fragrance and Terpenoid Production in *Aquilaria crassna* Pierre by Multi-Aplication of Methyl-Jasmonate Comparing to Single Induction of *Acremonium* sp. Makalah Dipresentasikan dalam International Conference on Microbiology and Biotechnology, Jakarta, 11-12 November 2008.
- Santoso, E. 1996. Pembentukan Gaharu dengan Cara Inokulasi. Makalah Diskusi Hasil Penelitian dalam Menunjang Pemanfaatan Hutan yang Lestari; Bogor, 11-12 Maret 1996. Pusat Litbang Hutan dan Konservasi Alam. Hlm 1-3.
- Sticher, L., B. Mauch-Mani, and J.P. Métraux. 1997. Systemic Acquired Resistance. Switzerland : Institute de Biologie Végétale, Université de Fribourg, 3 route A Gockel, 1700 Fribourg.
- Walker Jr, D., R.W. Taylor, and R.P. Mulrooney. 1997. Diagnosing Field Crop Problems. <http://ag.udel.edu/extension>. [19 Desember 2008].