

PENGARUH FERMENTASI *Rhizopus sp.* TERHADAP SENYAWA SESKUITERPENA PADA KAYU GAHARU *Aquilaria malaccensis*

Abdul Jabbar^{1*}, Afghani Jayuska¹, Burhanuddin²

¹Program Studi Kimia, Fakultas MIPA,

²Fakultas Kehutanan Universitas Tanjungpura

Jl. Prof. Dr. H. Hadari Nawawi,

*e-mail : abduljabbarkkr@gmail.com

ABSTRAK

Gaharu (*Aquilaria malaccensis*) menghasilkan salah satu produk hutan bukan kayu yang bernilai ekonomi tinggi berupa minyak atsiri dari gubal gaharu. Usaha untuk meningkatkan produksi dan mutu minyak atsiri gaharu dengan fermentasi telah dilakukan. Penelitian ini untuk mengetahui pengaruh fermentasi terhadap senyawa seskuioterpena dari ekstrak *n*-heksana kayu Gaharu *Aquilaria malaccensis* Lam. Serbuk kayu sampel dibagi dua, satu bagian sampel difermentasi dengan jamur *Rhizopus sp.* selama 4x24 jam dan bagian lainnya tidak difermentasi. Selanjutnya setiap bagian sampel diekstrak dengan metanol, *n*-heksana, dan etil asetat. Ekstrak *n*-heksana dari setiap bagian kemudian diidentifikasi dengan menggunakan GC-MS. Hasil GC-MS menunjukkan perbedaan senyawa seskuioterpena sebelum dan setelah fermentasi dimana sebelum fermentasi ditemukan 4 senyawa seskuioterpena yaitu 4-trimethyl-3-(1-methylethenyl)-cyclohexanemethanol, β -guinena, 1,2,3,4,4a,5,6,8a-oktahydro-2-Naphthalenemethanol (*Eudesmol*), serta α -Cyperone; dan setelah fermentasi ditemukan 6 senyawa baru seskuioterpena yaitu 4,5-di-epi-aristolochene, δ -Selinen, Agarospirol, 4a-trimethyl-8-methylene-2-naphthalenemethanol, α -Guaiene, dan Selina-3,11-dien-9-ol sedangkan satu senyawa mengalami peningkatan kelimpahan dari 0,80% menjadi 4,03% yaitu 4-trimethyl-3-(1-methylethenyl)-cyclohexanemethanol.

Kata kunci: Gaharu, *Aquilaria malaccensis*, Fermentasi, Seskuioterpena

PENDAHULUAN

Pohon gaharu yang tersebar di seluruh wilayah Indonesia merupakan anggota marga *Aquilaria spp*, *Gyrinops spp*, *Aetoxylon sp* dan *Enkleia sp.*. Pohon gaharu merupakan salah satu penghasil produk hutan non kayu yang bernilai ekonomis tinggi berupa gubal gaharu. Gubal gaharu sebenarnya merupakan kayu yang mengalami pelapukan dan mengandung damar wangi (*aromatic resin*) sebagai akibat adanya serangan jamur pada luka yang ada di pohon gaharu (Wang dkk., 2010). Produksi utama dari pohon gaharu adalah gubal gaharu yang telah lama diperdagangkan sebagai komoditi elit untuk keperluan industri parfum, tasbih, membakar jenazah bagi umat Hindu, kosmetik, hio, setinggi (dupa) dan obat-obatan (Raintree, 2011).

Asosiasi Gaharu Indonesia (ASGARIN, 2010) dalam laporannya sampai dengan tahun 2010, harga gaharu di Indonesia

berkisar antara Rp. 20.000.000,- sampai dengan Rp. 50.000.000,-/kg tergantung tingkat kualitasnya. Jika setiap pohon yang sudah mencapai umur 10-12 tahun bisa menghasilkan 2-3 kg gubal gaharu, maka setiap pohon akan diperoleh pendapatan sekitar Rp. 60.000.000,- sampai dengan Rp. 150.000.000,-/pohon. Akan tetapi tidak semua pohon akan menghasilkan gubal kualitas tinggi. Gaharu kualitas rendah ini adalah kemedangan dan harganya jauh lebih murah dibandingkan gubal yaitu berkisar Rp. 5.000,- sampai dengan Rp. 1.000.000,-/kg.

Beberapa tahun terakhir muncul inisiatif pemanfaatan baru terhadap kelompok gaharu kualitas rendah, yaitu dengan cara peningkatan kualitas gaharu. Cara ini diawali dengan melakukan ekstraksi resin pada serbuk gaharu dengan pelarut metanol, kemudian resin yang diperoleh ditingkatkan konsentrasinya dan selanjutnya diimpregnasi ke dalam kayu gaharu kualitas rendah. Metode ini berhasil

untuk gaharu dari pohon *Gyrinops sp.* asal Irian, namun tidak berhasil pada *Aquilaria malaccensis* asal Kalimantan dan Sumatera. Hal ini disebabkan perbedaan struktur anatomi kedua jenis gaharu tersebut (Gusmailina, 2010).

Selain itu, untuk meningkatkan produksi minyak atsiri lainnya telah dilakukan beberapa perlakuan pendahuluan berupa pengeringan, pengecilan ukuran, pelayuan, pemotongan dan fermentasi. Khasanah dkk. (2014) melakukan fermentasi pada daun kayu manis dengan menggunakan tempe yang mengandung *Rhizopus sp.*, berpengaruh signifikan pada rendemen namun tidak berpengaruh pada mutu minyak atsiri yang dihasilkan.

Mutu gaharu sendiri dalam Standar Nasional Indonesia 7631:2011 hanya menggunakan parameter warna, bobot dan aroma saat dibakar. Namun penelitian untuk menentukan mutu gaharu telah dilakukan, misalnya Novriyanti dkk. (2011) mengungkapkan 8 komponen seskuiterpena merupakan salah satu komponen utama gaharu, yaitu α -agarofuran, (-)-10-epi- δ -eudesmol, agarospirol, jinkohol, jinkoh-eremol, kusunol, jinkohol II, dan okso-agarospirol. Selanjutnya penelitian oleh Muntaqo (2012) menunjukkan adanya korelasi antara kadar seskuiterpena dengan mutu gaharu sesuai Standar Nasional Indonesia 7631:2011. Semakin tinggi mutu suatu gaharu, semakin tinggi kadar seskuiterpena.

METODOLOGI PENELITIAN

Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi peralatan *beakerglass*, erlenmeyer, sendok, spatula, ose, timbangan, autoklaf, inkubator, gelas ukur, dan spektrofotometer GC-MS. Sampel berupa serbuk dari batang *A. malaccensis* yang sudah terinfeksi. Bahan-bahan yang digunakan adalah akuades, metanol, *n*-heksana, dan etil asetat.

Prosedur Kerja

Preparasi sampel

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah kayu batang gaharu (*A. malaccensis*) yang berasal dari Kecamatan Ambawang, Kabupaten Kubu Raya, Kalimantan Barat. Sampel telah dilakukan determinasi spesies di Herbarium

Bogoriense Pusat Penelitian Biologi-LIPI Cibinong pada bulan Desember 2014. Sampel kayu batang gaharu dibersihkan, dicacah halus dengan alat ketam kayu kemudian dikeringkan dalam ruangan. Sampel yang telah bersih kemudian diserbukkan di *Workshop of Wood* Fakultas Kehutanan Universitas Tanjungpura Pontianak.

Fermentasi dengan *Rhizopus sp.*

Selanjutnya sampel dibagi menjadi dua, satu bagian dilakukan maserasi dengan pelarut metanol, bagian yang lain difermentasi. Serbuk kayu gaharu yang akan difermentasi ditempatkan di wadah yang sudah disterilisasi dengan menggunakan autoklaf agar tidak terkontaminasi oleh bakteri atau jamur lainnya. Setelah itu sampel ditaburi dengan ragi tempe dengan perbandingan 1:10 (b/b) lalu difermentasi dalam suhu kamar selama 4 hari (Khasanah dkk., 2014).

Maserasi

Serbuk batang kayu *A. Malaccensis* sebanyak 2 Kg dimaserasi dengan menggunakan pelarut metanol yang telah didestilasi selama 3x24 jam pada suhu kamar. Ekstrak kemudian disaring untuk mendapatkan filtrat dan residu. Filtrat dikumpulkan dan selanjutnya diuapkan pelarutnya menggunakan *rotary evaporator* sehingga diperoleh maserat kental ekstrak kasar metanol sebanyak dari bagian yang difermentasi 53,254 g dan 48,365 g dari bagian yang tidak difermentasi.

Partisi

Ekstrak kasar metanol dipartisi menggunakan pelarut dengan tingkat kepolaran yang berbeda. Pertama menggunakan pelarut *n*-heksana sehingga diperoleh fraksi *n*-heksana dan fraksi metanol. Fraksi metanol kemudian dipartisi kembali dengan pelarut etil asetat dan diperoleh fraksi metanol dan etil asetat. Ekstrak *n*-heksana yang diperoleh, selanjutnya dipekatkan menggunakan *rotary evaporator* sehingga diperoleh 4,12 g fraksi *n*-heksana dari bagian yang difermentasi dan 3,87 g dari bagian yang tidak difermentasi.

GC-MS

Fraksi *n*-heksana dari bagian yang difermentasi maupun yang tidak difermentasi dianalisis lanjut menggunakan GC-MS sehingga diperoleh data senyawa seskuiterpena yang terdapat di dalam masing-masing fraksi tersebut yang disajikan dalam Tabel 1.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Fermentasi *Rhizopus sp.*

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh fermentasi oleh jamur *Rhizopus sp.* terhadap ekstrak *n*-heksana kayu batang gaharu. Oleh karena itu, sampel dipisahkan menjadi dua bagian, satu bagian difermentasi dan bagian yang lain tidak difermentasi. Kemudian ekstrak *n*-heksana dari keduanya dibandingkan perubahan dan komponen-komponen kimianya. Berdasarkan penelitian Khasanah dkk., (2014) salah satu jamur yang bisa digunakan untuk meningkatkan rendemen dan mutu minyak atsiri adalah jamur *Rhizopus sp.* yang biasa digunakan untuk membuat tempe. Berdasarkan penelitian tersebut, disimpulkan pula bahwa waktu optimum fermentasi *Rhizopus sp.* untuk menghasilkan minyak atsiri dari kayu nilam adalah 4 hari. Sehingga pada penelitian ini serbuk kayu batang gaharu difermentasi dengan menggunakan jamur *Rhizopus sp.* selama 4 hari.

Serbuk kayu gaharu yang akan difermentasi ditempatkan di wadah yang sudah disterilisasi dengan menggunakan autoklaf agar tidak terkontaminasi oleh bakteri atau jamur lainnya. Setelah itu sampel ditaburi dengan ragi tempe dengan perbandingan 1:10 (b/b) lalu difermentasi dalam suhu kamar selama 4 hari. Setelah 4 hari, sampel diamati dan terlihat adanya perubahan berupa aroma wangi gaharu yang ditimbulkan cukup kuat dibandingkan dengan sampel yang tidak difermentasi. Selain itu, sampel menjadi lembab dan pada beberapa bagian tumbuh kapang jamur berwarna putih.

Dekomposisi kayu secara alami terjadi baik oleh insekta, jamur maupun mikroba. Kandungan lignin dalam kayu menjadi tinjauan utama dalam proses dekomposisi enzim dari selulosa dan hemiselulosa. Secara umum, jamur memproduksi dua sistem enzim ekstraselular yaitu sistem

hidrolitik dan sistem oksidatif. sistem hidrolitik menghasilkan hidrolase dan berfungsi untuk degradasi selulosa dan hemiselulosa sedangkan sistem oksidatif yang bersifat ligninolitik dan berfungsi mendepolimerasi lignin. Jamur memproduksi enzim ekstraseluler untuk depolimerisasi senyawa berukuran besar menjadi kecil dan larut dalam air (substrat bagi mikroba). Pada saat itu mikroba mentransfer substrat tersebut ke dalam sel melalui membran sitoplasma untuk menyelesaikan proses dekomposisi bahan organik. Proses dekomposisi inilah yang diharapkan dapat terjadi pada proses fermentasi sebelum dilakukan maserasi pada sampel. Menurut Khasanah (2014), perlakuan pendahuluan pada produksi minyak atsiri dengan cara fermentasi dapat memecahkan sel-sel minyak sehingga ekstrak minyak atsiri yang dihasilkan lebih optimal.

Isolasi Senyawa Seskuiterpena dari Kayu Gaharu

Isolasi didefinisikan sebagai keseluruhan proses pengambilan suatu proses pengambilan suatu komponen kimia dalam suatu ekstrak. Setidaknya ada tiga tahapan proses dalam proses isolasi yaitu ekstraksi, fraksinasi dan pemurnian. Pada penelitian ini tidak dilakukan pemurnian lebih lanjut karena penelitian ini dibatasi hanya untuk mengetahui komponen-komponen seskuiterpena yang diketahui sebelumnya sebagai bagian penting dari minyak atsiri kayu gaharu.

Tahap awal dalam mengisolasi dan menentukan senyawa organik yaitu dengan ekstraksi. Metode ekstraksi yang digunakan adalah maserasi, yaitu perendaman sampel dengan pelarut metanol selama 3x24 jam pada temperatur ruang. Pelarut metanol sering digunakan dalam proses maserasi karena mampu memecah dinding dan sitoplasma sel. Selain itu metanol memiliki titik didih rendah yaitu 64,5 °C, sehingga memudahkan proses pemekatan ekstrak menggunakan *rotary evaporator* dan mengurangi resiko rusaknya senyawa yang tidak tahan terhadap panas. Proses maserasi menyebabkan pelarut akan masuk ke dalam sel melewati dinding sel dimana senyawa-senyawa kimia akan ikut larut, karena adanya perbedaan konsentrasi antara larutan di dalam dan di luar sel.

Larutan yang konsentrasinya tinggi akan keluar dan diganti oleh pelarut dengan konsentrasi rendah (proses difusi). Peristiwa tersebut berlangsung berulang-ulang sampai terjadi keseimbangan konsentrasi antara larutan di luar sel dan di dalam sel. Selama proses maserasi, dilakukan penggantian pelarut setiap hari sampai warna ekstrak mulai memudar dan diperoleh ekstrak metanol yang maksimal.

Proses maserasi ini bertujuan untuk memperoleh ekstrak kimia dari sampel. Penelitian ini menggunakan 2 kg serbuk kayu batang gaharu yang dimaserasi sebanyak 3 kali, hal ini untuk memaksimalkan proses pengambilan komponen-komponen kimia yang terdapat pada sampel kayu batang gaharu. Maserasi ini adalah salah satu dari metode ekstraksi sederhana dan paling sering digunakan serta menggunakan peralatan yang sederhana (Amborowati, 2010).

Ekstrak metanol yang diperoleh selanjutnya dievaporasi, sehingga diperoleh ekstrak metanol kental yaitu sebanyak 48,365 g untuk sampel yang tidak difermentasi dan 53,254 g untuk sampel yang difermentasi. Evaporasi adalah suatu proses pemisahan suatu sampel dari pelarut dengan cara menguapkan pelarut yang terdapat pada sampel. Prinsip evaporasi adalah pemanasan dengan temperatur rendah yang dibantu dengan vakum dengan tujuan menghindari terjadinya kerusakan sampel pada saat penguapan pelarut dengan bantuan pemanasan rendah.

Ekstrak metanol kental yang diperoleh dari sampel yang difermentasi maupun yang tidak difermentasi sebanyak 20 g selanjutnya dipartisi dengan pelarut *n*-heksana dan etil asetat. Partisi yang digunakan merupakan ekstraksi cair-cair dimana suatu pemisahan senyawa berdasarkan pada kemampuan zat terlarut untuk terdistribusi antara dua pelarut yang tidak saling campur dengan perbandingan tertentu. Partisi pertama yaitu ekstrak metanol yang kental dipartisi dengan *n*-heksana, dimana terdapat dua lapisan yaitu lapisan atas *n*-heksana yang berwarna bening kekeruhan dan lapisan bawah metanol berwarna coklat kemerahan, hal ini didasarkan pada sifat *like disolve like*, yaitu senyawa polar akan lebih mudah larut pada pelarut polar atau sebaliknya (Khopkar,

2003). Selain itu massa jenis metanol lebih besar yaitu 0,792 g/mL dibanding massa jenis *n*-heksana yaitu 0,655 g/mL yang menyebabkan fraksi metanol berada dibagian bawah (Daintith, 1994).

Fraksi metanol yang telah dipisah selanjutnya dipartisi kembali dengan menggunakan pelarut etil asetat. Hasil partisi menunjukkan pemisahan dengan terbentuknya 2 fasa yaitu fasa atas merupakan metanol (0,792 g/mL) dengan warna coklat kemerahan dan fasa bawah merupakan kloroform (0,897 g/mL) yang berwarna kuning. Fraksi *n*-heksana yang diperoleh, selanjutnya dievaporasi kembali dan diperoleh fraksi *n*-heksana pekat untuk masing-masing sampel yang difermentasi (4,12 g) maupun yang tidak difermentasi (3,87 g).

Senyawa atsiri seperti seskuiterpena diyakini banyak terdapat pada fraksi *n*-heksana dibandingkan fraksi lainnya. Hal ini karena *n*-heksana merupakan pelarut non-polar yang tingkat kepolarannya paling rendah dari pelarut-pelarut lain yang digunakan. Oleh karena itu, senyawa-senyawa atsiri yang merupakan senyawa non-polar akan lebih banyak terlarut pada fraksi *n*-heksana.

Senyawa Seskuiterpena pada Ekstrak *n*-Heksana Kayu *A. Malaccensis* Lam.

Fraksi *n*-heksana dari bagian yang difermentasi maupun yang tidak difermentasi dianalisis menggunakan GC-MS sehingga diperoleh kromatogram dan spektra massa senyawa kimia yang terdapat di dalam masing-masing fraksi tersebut. Identifikasi menggunakan GC-MS untuk mengetahui komposisi senyawa yang terkandung dalam ekstrak *n*-heksanakayu batang gaharu baik tanpa perlakuan (standar) maupun ekstrak *n*-heksanakayu batang gaharu yang telah difermentasi.

Berdasarkan data dari kromatogram yang diperoleh diketahui bahwa terdapat 40 senyawa dari Gaharu yang tidak difermentasi dan 31 senyawa dari yang telah difermentasi. Dari semua senyawa tersebut beberapa senyawa mengalami perubahan kelimpahan. Senyawa-senyawa yang mengalami peningkatan kelimpahan adalah *4-trimethyl-3-(1-methylethenyl)cyclohexanemethanol* dari 0,80 % menjadi 4,03 %; *n-Hexadecane* dari 0,15 % menjadi 0,45 %; *Octadecane* dari

0,36 % menjadi 1,09 %; *Pentadecanoic acid* dari 0,50 % menjadi 0,77 %; *11-Hexadecenoic acid* dari 0,51 % menjadi 0,54 %; *Bis(2-ethylhexyl) phthalate* dari 2,82 % menjadi 3,17 %; *Stigmasterol* dari 1,34 % menjadi 6,56 %; dan *(23S)-ethylcholest-5-en-3 β -ol* dari 2,86 % menjadi 9,19 %. Adapun senyawa-senyawa yang mengalami pengurangan kelimpahan adalah *Methyl*

palmitate dari 6,52 % menjadi 3,56 %; *Ethyl palmitate* dari 2,42 % menjadi 0,83 %; *10-Octadecenoic acid* dari 13,04 % menjadi 5,09 %; *Methyl stearate* dari 3,65 % menjadi 1,03 %; *9-Octadecenoic acid (Z)-(CAS)* dari 2,63 % menjadi 0,56 %; dan *bis(2-ethylhexyl) ester* dari 4,08 % menjadi 3,10 %.

Tabel 1 Senyawa seskuiterpena pada fraksi *n*-heksana kayu gaharu

No	Senyawa	Tr (menit)	Kelimpahan (%)	
			A	B
1	<i>4,5-di-epi-aristolochene</i>	11,35	0	0,25
2	<i>4-trimethyl-3-(1-methylethenyl)-cyclohexanemethanol</i>	11,93	0,80	4,03
3	δ - <i>Selinene</i>	12,69	0	8,84
4	β - <i>guinene</i>	12,73	0,47	0
5	<i>Agarospirol</i>	12,75	0	2,11
6	<i>1,2,3,4,4a,5,6,8a-oktahydro-2-Naphthalenemethanol</i>	12,89	5,17	0
7	<i>4a-trimethyl-8-methylene-2-naphthalenemethanol</i>	12,93	0	18,59
8	α - <i>Guaiene</i>	12,99	0	1,04
9	<i>Selina-3,11-dien-9-ol</i>	13,21	0	0,61
10	α - <i>Cyperone</i>	13,59	0,54	0

Keterangan: A = Sebelum fermentasi
B = Setelah Fermentasi

Senyawa seskuiterpena yang ditemukan pada penelitian ini sebanyak 10 senyawa seskuiterpena, yaitu 4 senyawa seskuiterpena pada gaharu sebelum fermentasi yaitu *4-trimethyl-3-(1-methylethenyl)-cyclohexanemethanol*, β -*guinene*, *1,2,3,4,4a,5,6,8a-oktahydro-2-Naphthalenemethanol (Eudesmol)*, serta α -*Cyperone*; dan 6 senyawa seskuiterpena baru pada gaharu setelah difermentasi yaitu *4,5-di-epi-aristolochene*, *4-trimethyl-3-(1-methylethenyl)-cyclohexanemethanol*, δ -*Selinene*, *Agarospirol*, *4a-trimethyl-8-methylene-2-naphthalenemethanol*, α -*Guaiene*, dan *Selina-3,11-dien-9-ol*. Dari 10 senyawa ini terdapat satu senyawa yang terdapat baik pada Gaharu yang telah difermentasi maupun pada gaharu yang belum difermentasi yaitu *4-trimethyl-3-(1-methylethenyl)-cyclohexanemethanol*.

Senyawa *4,5-di-epi-aristolochene* ditemukan pula dalam penelitian Rahman dkk. (2014) dari kayu *Aquilaria malaccensis* yang berasal dari Malaysia yaitu sebesar 2,17 % di bagian akar dan 3,07 % pada bagian kayu. Senyawa lainnya, yaitu α -*Guaiene* dan *Selina-3,11-dien-9-ol* telah

ditemukan sebelumnya pada *Aquilaria agolaccha* dari Vietnam serta *agarospirol* dari *Aquilaria agolaccha* dari India (Chen dkk., 2012).

SIMPULAN

Fermentasi oleh *Rhizopus sp.* pada kayu Gaharu berpengaruh terhadap keberadaan dan kelimpahan senyawa seskuiterpena dimana sebelum fermentasi ditemukan 4 senyawa seskuiterpena dan setelah fermentasi ditemukan 6 senyawa baru seskuiterpena.

DAFTAR PUSTAKA

- Amborowati T.H., 2010, Makalah kimia analisa dan dasar pemisahan ekstraksi, Fakultas MIPA, Universitas Riau, Pekanbaru.
- Asosiasi Gaharu Indonesia, 2010, Pengembangan teknologi produksi gaharu berbasis pemberdayaan masyarakat, Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan dan Konversi Alam, Bogor.

- Badan Standarisasi Nasional Indonesia, 2011, Gaharu, SNI 7631:2011.
- Chen, Huai-Q., Jian-He Wei, Jun-Shan Yang, Zheng Zhang, Yun Yang and Bao Gong, 2012, Chemical constituents of Agarwood originating from the endemic genus *Aquilaria* plants, *Chemistry & Biodiversity*, 9: 236-250.
- Daintith, J., 1994, Kamus Lengkap Kimia Oxford, Erlangga, Jakarta.
- Gusmailina, 2010, Peningkatan mutu pada gaharu kualitas rendah, *Jurnal Pengolahan Hasil Hutan*, 28(3): 291-303.
- Khopkar, S. M., 2003, Konsep Dasar Kimia Analitik, Saptorahardjo (Alih Bahasa), UI-Press, Jakarta.
- Khasanah, L.U, Rohula Utami, Baskara K.A, Arselia E.N., 2014, Pengaruh perlakuan pendahuluan fermentasi padat dan fermentasi cair terhadap rendemen dan karakteristik mutu minyak atsiri daun kayu manis, *Agritech*, 34:36-41.
- Muntaqo, F.A., 2012, Korelasi Kadar Seskuiterpena dengan Mutu Gaharu Standar Nasional Indonesia, Institut Pertanian Bogor, Departemen Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Bogor (Skripsi).
- Novriyanti, E., Erdy S., Bambang W., and Maman T., 2011. Chemical study of eaglewood (Gaharu) resulting from inoculation of *Fusarium sp.* on *Aquilaria microcarpa*. R and D Centre for Forest Conservation and Rehabilitation Forestry Research and Development Agency (FORDA) Ministry of Forestry Indonesia, Jakarta.
- Rahman, Siti Suhaila A., Norihan Mohd. Saleh, Norwati Muhammad, Mahani Mansor and Muhd. Fuad Yahya, 2014, Enhancement of phytochemical production through *in vitro* polyploidization of agarwood-producing species *Aquilaria malaccensis*, *International Journal Of Biotechnology Research*, 2(3): 37-43.
- Raintree, 2011, Data Base Entry For *Aquilaria agallocha*. Raintree Nutrition, Inc., Austin, Texas. Sites : <http://www.rain-tree.com/aquilaria.htm> (diakses tanggal 2 Januari 2014).
- Wang, X., Chang-He Zhang, Ling-Ling Yang, and José Gomes-Laranjo, 2010, Production of dragon's blood in *Dracaenacochinchinensis* plants by inoculation of *Fusarium proliferatum*, *Plant Science*, 180:292–299.