

PERLAKUAN MEKANIS DAN PEMBERIAN ETILEN DALAM MENGINDUKSI PEMBENTUKAN TERPENOID PADA POHON GAHARU (*Aquilaria beccariana*)

Mechanical Treatment And Giving Etilen to Stimulate Terpenoid on Agarwood Tree (Aquilaria Beccariana)

Rawana

Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Stiper Yogyakarta

ABSTRACT

The parameters of color change zone and color darkness level are affected by the treatment of screw depthness. The parameter of fragrant level is also affected by treatment of screw depthness. The treatment of screw depthness (1,54 cm) is the best, then screw depthness 1,27 cm and screw depthness 1 cm respectively. The parameter of terpenoid content is significantly affected by interaction of treatment screw depthness and giving etepon. Treatment combination of etepon concentration 1,5% and screw depthness 1 cm is the best to give terpenoid content value (1,266).

Keywords : *Mechanical treatment, Etilen, Terpenoid*

PENDAHULUAN

Gaharu merupakan salah satu komoditas hasil hutan non kayu yang mempunyai nilai jual yang sangat tinggi (*marketable*). Gubal gaharu adalah sejenis kayu wangi dengan berbagai bentuk dan warna yang khas (Standar Nasional Indonesia 1999). Gubal gaharu ini digunakan untuk pewangi ruangan, bahan baku minyak, dupa, makmul, kosmetika dan untuk bahan obat alam (*ayurvedic*). Gubal gaharu dapat disuling untuk mendapatkan minyak gaharu, dan minyak ini dapat digunakan sebagai bahan industri minyak wangi/parfum, obat-obatan dan bahan kosmetik (Michiho *et.al*, 2005, Anonim, 2006). Negara pengimpor gubal gaharu dan minyak gaharu yaitu Uni Emirat Arab, Arab Saudi, Yaman, Singapura, Hongkong, Jepang, Malaysia, Korea, dan Amerika Serikat.

Gubal gaharu terbentuk akibat mekanisme pertahanan pohon gaharu terhadap suatu gangguan seperti akibat pelukaan maupun infeksi cendawan. Menurut Rahayu dan Situmorang (2006), resin gaharu yang dideposit pada jaringan kayu membuat serat-serat kayu lebih terikat dan mengubah warna serat dari putih menjadi kehitaman. Gubal gaharu alami dengan kualitas terbaik sulit ditemukan, disebabkan karena jumlah populasi gaharu alam mulai menurun akibat penebangan yang tidak terkendali (*overcutting*), oleh karenanya pengembangan budidaya gaharu perlu dilakukan.

Budidaya gaharu dilakukan dengan sistem silvikultur intensif (*intensive silviculture*), dengan mengoptimalkan faktor-faktor yang diperlukan untuk tanaman gaharu. Untuk mempercepat dan meningkatkan produk gubal gaharu dilakukan dengan teknik induksi buatan. Menurut Nobuchi dan Siripatanadilok (1991), gubal gaharu terbentuk akibat infeksi cendawan, pelukaan dan atau pemberian pestisida. Inokulasi cendawan *Acremonium* sp. dan pemberian metil jasmonat terbukti dapat menginduksi pembentukan senyawa gaharu (Putri, 2007). Jasmonat merupakan senyawa sekunder untuk respon pertahanan pohon, selain asam salisilat dan etilen (Yang *et al.*, 1997). Menurut Pojangaron dan Kaewark (2005), pemberian perlakuan mekanis terhadap pohon gaharu dapat merespon terbentuknya terpenoid dan aroma wangi apabila dibakar.

Menurut Shirsat *et al.*, (1999), etilen merupakan zat pengatur tumbuh yang dapat merangsang perkembangan tanaman. Pemberian etilen pada tanaman dapat menyebabkan tanaman mengalami gutasi, gumosis, atau pengeluaran lateks (Abeles, 1973). Pemberian etilen juga dapat merangsang pembentukan fitoaleksin dan sintesis atau aktiviasi beberapa enzim yang berperan dalam meningkatkan pertahanan tanaman terhadap infeksi. Etilen juga dapat meningkatkan hasil panen buah tomat. Etilen diformulasikan dengan senyawa-senyawa lain, membentuk formula misalnya etepon. Etepon adalah zat pengatur pertumbuhan tanaman yang bekerja secara sistemik. Etepon dapat terdekomposisi menjadi etilen, fosfat dan ion klorida saat dilarutkan dalam air pada pH diatas 4-5. Penggunaan etepon dengan konsentrasi 2,02 % pada tanaman karet dapat meningkatkan produksi lateks (Junaidi, *et al.*, 2007).

Senyawa gaharu seperti lateks merupakan senyawa terpenoid. Peran etilen dalam merangsang pembentukan senyawa gaharu belum diketahui, oleh sebab itu efektivitas penggunaan etilen dalam pembentukan senyawa terpenoid pada pohon gaharu perlu dipelajari. Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah (1) untuk mengetahui perlakuan mekanis dan konsentrasi optimum etilen yang paling efektif dalam menginduksi terbentuknya senyawa terpenoid pada pohon gaharu (*Aquilaria beccariana*) umur 2 tahun. (2) Untuk mengetahui kombinasi antara perlakuan mekanis dan pemberian etilen yang paling efektif dalam menginduksi terbentuknya senyawa terpenoid pada pohon gaharu umur 2 tahun.

BAHAN DAN METODE

1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan selama 3 bulan (tanggal 20 Juni 2011 sampai dengan tanggal 20 September 2011), bertempat di Laboratorium Fakultas Kehutanan Instiper Yogyakarta, di areal Research Alam Tropika Yogyakarta dan di Laboratorium Sentral Institut Pertanian Stiper Yogyakarta.

2. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan sebanyak 3 pohon *Aquilaria beccariana* umur 2 tahun, Ethrel 40 PGR (bahan aktif etepon 48%), alkohol 70%, alkohol absolut, plastik dan spidol. Bahan yang digunakan untuk analisis terpenoid yaitu: etanol absolute, aquadest, dietil eter, H₂SO₄. Peralatan lapangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah bor listrik, meteran, corong, gergaji, cutter, wax, sekrup, palu, paku, dan alat tulis. Sedangkan peralatan laboratorium yang digunakan yaitu: tabung reaksi, rak tabung reaksi, beaker glass, piper ukur 10 ml, karet isap, water bath, timbangan analitik merk AND, spectofotometer merk Stimatsu, gelas corong dan petridish.

3. Induksi Pembentukan Senyawa Terpenoid

Induksi pembentukan senyawa terpenoid dilakukan pada batang utama dengan memberikan perlakuan mekanis: dilakukan pengeboran batang dengan menggunakan sekrup dengan diameter 0,4 cm dengan variasi kedalaman 1 cm (S1), 1,27 cm (S2), 1,54 cm (S3), dan kontrol (S0). Perlakuan mekanis dilakukan pada batang utama dengan ketinggian ± 10 cm di atas permukaan tanah. Jarak antar lobang 5 cm secara spiral. Pemberian senyawa etepon dengan berbagai konsentrasi: Kontrol 0 % (E0), 0,5% (E1), 1,5% (E2), dan 2 % (E3).

Tiap lubang disuntikkan senyawa etepon sebanyak 1 ml. Semua perlakuan terdiri atas 3 ulangan. Pembentukan senyawa terpenoid dideteksi dengan metode Liebermann Burchard.

4. Perubahan Warna dan Tingkat Wangi

Pengamatan warna kayu meliputi tingkat perubahan warna, panjang dan lebar kayu yang berubah warna. Tingkat perubahan warna kayu ditetapkan berdasarkan sistem skor (0 = putih, 1 = putih kecoklatan, 2 = coklat, 3 = coklat kehitaman) dan dinyatakan dalam

rataan nilai skor dari 3 responden. Kulit batang di sekitar titik induksi dikupas dengan kedalaman ± 2 mm. Panjang dan lebar zona perubahan warna batang diukur berturut-turut ke arah vertikal dan horizontal, pada daerah yang menunjukkan perubahan warna kayu dari putih hingga coklat kehitaman. Pengamatan wangi kayu meliputi tingkat wangi dan frekuensi titik induksi yang wangi. Tingkat wangi ditetapkan melalui uji organoleptik yang dinyatakan dengan rata-rata skor dari 3 responden. Skala skor wangi terdiri atas : 0 = tidak wangi, 1 = kurang wangi, dan 3 = wangi sekali.

5. Uji Terpenoid

Bagian sampel kayu yang mengalami perubahan warna dianalisis kandungan senyawa terpenoid dengan menggunakan metode Liebermann-Burchard. Sebanyak 0,4 gram sampel dilarutkan dalam 5 ml etanol absolut panas kemudian disaring dalam cawan petri steril dan diuapkan sampai kering hingga terbentuk endapan berwarna kuning. Kemudian endapan ditambahkan 1 ml dietil eter dan dihomogenisasi. Selanjutnya dipindahkan ke dalam tabung reaksi steril lalu ditambahkan setetes asam sulfat pekat. Warna merah atau ungu menunjukkan adanya senyawa terpenoid (Harbone, 1987). Nilai absorbansi diperoleh dari sampel yang telah diuji Liebermann-Burchard kemudian diencerkan dengan etanol absolut lalu dilihat kandungan triterpenoid menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 268 nm.

6. Analisis data

Data hasil pengamatan dianalisis dengan menggunakan sidik ragam rancangan acak lengkap faktorial dengan 2 faktor (perlakuan dan masa inkubasi). Untuk mengetahui pengaruh nyata tiap faktor, maka digunakan uji F pada $\alpha = 0,01$. Bila terdapat pengaruh nyata dari tiap faktor terhadap peubah yang diamati maka setiap taraf faktor dibandingkan dengan menggunakan uji lanjut Duncan pada $\alpha = 0,01$. Data dianalisis dengan menggunakan Program statistik IBM SPSS 19.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan analisis data terhadap parameter perubahan warna, tingkat wangi, dan kandungan terenoid, disajikan sebagai berikut:

1. Perubahan Warna

a. Zona perubahan warna arah lateral

Berdasarkan analisis varian terhadap parameter persebaran warna secara lateral menunjukkan bahwa pemberian perlakuan etepon tidak memberikan pengaruh yang signifikan, demikian juga interaksi antara etepon dengan kedalaman sekrup. Adapun perlakuan kedalaman sekrup menunjukkan beda nyata dengan nilai signifikansi pada taraf uji 0,01.

Tabel 1. Uji lanjut zona perubahan warna arah lateral pada perlakuan kedalaman sekrup

Kedalaman sekrup	Subset	
	1	2
1,27 cm	5,1333 a	
1,54 cm	5,2500 a	
1 cm	5,6250 a	5,6250 b
0 cm		7,2083 b
Sig.	0,467	0,017

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang sama tidak menunjukkan beda nyata pada taraf uji 0,01

Pengeboran dengan menggunakan sekrup dengan kedalaman 1 cm memberikan pengaruh terhadap zona perubahan warna ke arah lateral sebesar 5,63 cm kemudian disusul dengan kedalaman sekrup 1,54 cm dan 1,27 cm secara berturut-turut memberikan zona arah lateral sebesar 5,25 cm dan 5,13 cm. Sedangkan zona perubahan warna yang paling besar pada kontrol (kedalaman 0 cm). Pada kedalaman 0 cm (kontrol) memberikan luas zona perubahan warna terbesar, karena ini diduga infeksi dari mikroba yang ada di alam, sehingga menyebabkan terjadinya pembusukan. Lebar zona perubahan warna yang terjadi pada kontrol tidak menunjukkan infeksi pembentukan gubal gaharu, namun justru terjadi pembusukan. Tabel 1 menunjukkan bahwa perlakuan kedalaman sekrup 1 cm, 1,27 cm, dan 1,54 cm tidak menunjukkan perbedaan nyata (non significant), sedangkan perlakuan kedalaman 0 cm memberikan pengaruh yang signifikan terhadap perlakuan kedalaman sekrup 1, 1,27 dan 1,54 cm. Rata-rata zona perubahan warna arah lateral dari semua perlakuan sebesar 5,8 mm.



Gambar 1. Persebaran zona perubahan warna pada beberapa perlakuan 1: kedalaman sekrup 1 cm, 2: kedalaman sekrup 1,27 cm dan 3: kedalaman sekrup 1,54 cm

b. Zona perubahan warna arah aksial

Berdasarkan analisis varian yang dilakukan diketahui bahwa pengaruh pemberian etepon dengan tiga aras (1 %, 1,5% dan 2%) dan perlakuan kedalaman sekrup (0 cm, 1 cm, 1,27 cm, dan 1,54 cm) tidak memberikan pengaruh yang nyata pada zona perubahan warna arah aksial. Rata-rata zona perubahan warna arah aksial dari semua perlakuan sebesar 11,8 mm.

Lebar zona perubahan warna arah lateral lebih pendek dibandingkan dengan perubahan zona perubahan warna arah aksial, hal ini diduga berkaitan dengan sel-sel pohon yang ke arah lateral yaitu sel jari-jari dan saluran pembuluh, yang jumlahnya relatif sedikit dibandingkan dengan jumlah sel yang ke arah aksial seperti sel serabut, sel pembuluh dan sel parenkim.

c. Tingkat kegelapan warna

Interaksi perlakuan etepon dan kedalaman sekrup tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap tingkat kegelapan warna pada taraf uji 0,01. Demikian juga perlakuan pemberian etepon dengan 3 aras juga tidak memberikan pengaruh yang nyata dalam parameter tingkat kegelapan warna. Adapun kedalaman sekrup memberikan pengaruh yang sangat signifikan dalam parameter tingkat kegelapan warna. Untuk melihat pengaruh parameter tingkat kegelapan dilakukan uji lanjut Duncan's sebagai berikut.

Tabel 2. Uji lanjut tingkat kegelapan warna pada perlakuan kedalaman sekrup

Kedalaman sekrup	Subset	
	1	2
0 cm	0.9167 a	
1 cm		2.1667 b
1,27 cm		2.6667 b
1,54 cm		2.6667 b
Sig.	1.000	0.089

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang sama tidak menunjukkan beda nyata pada taraf uji 0,01

Perlakuan kedalaman sekrup 0 cm berbeda nyata dengan kedalaman 1, 1,27 dan 1,54 cm, hal ini ditunjukkan pada Tabel 2 di atas dimana perlakuan kedalaman 0 cm berada pada kolom yang terpisah dengan kolom perlakuan kedalaman sekrup yang lain. Nilai rata-rata tingkat kegelapan warna paling rendah 0,9167 (pada kedalaman sekrup 0 cm), nilai rata-rata tertinggi sebesar 2,667 untuk kedalaman sekrup 1,27 dan 1,54 cm. Terdapat kecenderungan kedalaman sekrup semakin dalam akan memberikan dampak tingkat kegelapan warna semakin besar.



Gambar 2. Tingkat kegelapan warna pada beberapa perlakuan : No 16: kedalaman sekrup 0 cm, 7: kedalaman sekrup 1 cm, 8: kedalaman sekrup 1,27 cm, 9: kedalaman sekrup 1,54 cm

2. Tingkat Wangi

Berdasarkan analisis varian yang dilakukan menunjukkan bahwa pemberian perlakuan etepon dan kedalaman sekrup berbeda nyata untuk masing-masing perlakuan pada taraf uji 0,01, sedangkan interaksi perlakuan tidak memberikan pengaruh yang signifikan. Untuk melihat pengaruh masing-masing perlakuan dilakukan uji lanjut dengan menggunakan Duncan's dengan hasil sebagai berikut.

Tabel 3. Uji lanjut tingkat wangi pada perlakuan kedalaman sekrup

Kedalaman sekrup	Subset	
	1	2
0 cm	0.6667 a	
1 cm		2.0000 b
1,54 cm		2.0833 b
1,27 cm		2.1667 b
Sig.	1.000	0.606

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang sama tidak menunjukkan beda nyata pada taraf uji 0,01

Berdasarkan Tabel 3 di atas menunjukkan bahwa perlakuan kedalaman skrup 0 cm berbeda nyata dengan perlakuan kedalaman skrup 1, 1,27 dan 1,54 cm. Perlakuan kedalaman skrup 1,27 memberikan tingkat wangi yang rata-rata lebih tinggi, yaitu sebesar 2,1667, dibandingkan dengan perlakuan kedalaman skrup 1,54 dan kedalaman 1 cm berturut-turut sebesar 2,0833 dan 2.

Terdeteksinya aroma wangi gaharu merupakan salah satu indikasi mulai terbentuknya senyawa gaharu. Senyawa gaharu diduga merupakan bagian dari senyawa fitoaleksin, yaitu senyawa yang dibentuk tanaman sebagai respon terhadap adanya gangguan, baik fisik, kimia maupun biologi (Michiho *et al.* dalam Rahayu *et al.*, 2009).

3. Uji Terpenoid

Berdasarkan analisis varians terhadap parameter tingkat absorbansi, menunjukkan bahwa masing-masing perlakuan menunjukkan beda nyata pada taraf uji 0,01. Demikian juga interaksi antar perlakuan juga menunjukkan pengaruh yang beda nyata. Untuk melihat pengaruh masing-masing perlakuan dan interaksinya dilakukan uji lanjutan dengan menggunakan uji lanjut Duncan's didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 4. Uji lanjut tingkat absorbansi pada perlakuan pemberian etepon dengan berbagai konsentrasi

Konsentrasi etepon	Subset			
	1	2	3	4
1 %	0.1199 a			
2 %		0.2512 b		
0%			0.3721 c	
1,5 %				0.7969 d
Sig.	1.000	1.000	1.000	1.000

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang sama tidak menunjukkan beda nyata pada taraf uji 0,01

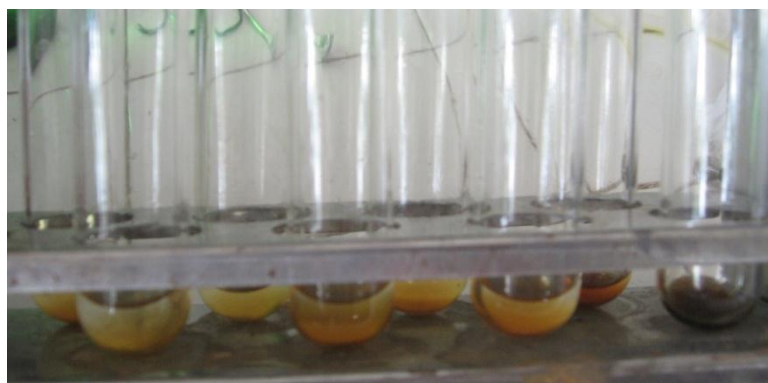
Berdasarkan Tabel 4 di atas menunjukkan bahwa perlakuan pemberian etepon dengan berbagai konsentrasi memberikan pengaruh berbeda nyata dalam tingkat absorbansinya. Pemberian etepon dengan konsentrasi 1,5 % memberikan pengaruh tingkat absorbansi yang paling tinggi yaitu sebesar 0,7969, kemudian diikuti dengan konsentrasi 2 % dengan tingkat absorbansi sebesar 0,2512.

Tabel 5. Uji lanjut tingkat absorbansi pada perlakuan kedalaman sekrup

Kedalaman sekrup	Subset		
	1	2	3
0 cm	0.2463 a		
1,54 cm		0.3228 b	
1,27 cm		0.3664 b	
1 cm			0.6047 c
Sig.	1.000	0.018	1.000

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang sama tidak menunjukkan beda nyata pada taraf uji 0,01

Berdasarkan Tabel 5 di atas menunjukkan bahwa perlakuan kedalaman sekrup berbeda nyata dengan kontrol. Kedalaman sekrup 1,54 cm dan kedalaman sekrup 1,27 cm berbeda nyata dengan kedalaman sekrup 1 cm. Perlakuan kedalaman sekrup 1 cm memberikan nilai absorbansi terbesar (0,6047) kemudian diikuti oleh perlakuan kedalaman sekrup 1,27 cm dan 1,54 cm.



Gambar 3. Uji terpenoid pada perlakuan kedalaman sekrup dan pemberian etepon dengan berbagai konsentrasi

Tabel 6. Uji lanjut tingkat absorbansi untuk interaksi perlakuan kedalaman sekrup dan pemberian etepon dengan berbagai konsentrasi

Perlakuan		Tingkat absorbansi
Konsentrasi etepon (%)	Kedalaman sekrup (cm)	
1,5	1	1,266 a
1,5	1,27	1,141 b
0	1	0,984 c
2	1,54	0,853 d
1,5	0	0,757 d
1	1,54	0,235 e
0	1,27	0,21 e
0	1,54	0,18 e
0	0	0,114 f

1	1	0,113 f
1	0	0,093 f
2	1,27	0,074 f
2	1	0,055 f
1	1,27	0,039 f
1,5	1,54	0,023 f
2	0	0,022 f

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang sama tidak menunjukkan beda nyata pada taraf uji 0,01

Berdasarkan Tabel 6 di atas menunjukkan bahwa interaksi perlakuan pemberian etepon dengan konsentrasi 1,5 % dengan kedalaman sekrap 1 cm memberikan nilai tingkat absorbansi paling tinggi yaitu sebesar 1,226, kemudian diikuti perlakuan pemberian etepon 1,5 % dengan kedalaman sekrap 1,27 cm. Menurut Gayuh (2009), nilai absorbansi 0,62 mengandung triterpenoid, sedangkan nilai absorbansi gaharu sebedar 0,813.

KESIMPULAN

1. Perlakuan kedalaman sekrap memberikan pengaruh signifikan dalam parameter zona perubahan warna ke arah lateral pada gaharu umur 2 tahun.
2. Tingkat kegelapan warna dipengaruhi oleh perlakuan kedalaman sekrap. Semakin dalam kedalaman sekrap cenderung tingkat kegelapan warna semakin besar.
3. Perlakuan kedalaman sekrap memberikan pengaruh signifikan terhadap parameter tingkat wangi. Perlakuan kedalaman sekrap 1,54 cm memberikan pengaruh tingkat wangi terbesar, kemudian diikuti perlakuan kedalaman sekrap 1,27 cm dan 1 cm.
4. Interaksi perlakuan pemberian etepon dan kedalaman sekrap memberikan pengaruh yang nyata dalam parameter nilai absorbansi. Interaksi perlakuan pemberian etepon 1,5 % dan kedalaman sekrap 1 cm memberikan nilai absorbansi terbesar (1,266).
5. Interaksi perlakuan etepon dan kedalaman sekrap memberikan pengaruh yang nyata dalam pembentukan senyawa terpenoid pada gaharu umur 2 tahun.

DAFTAR PUSTAKA

- Abeles, F.B. 1973. Ethylene in Plant Biology. Academic Press, Inc. New York.
- Isnaeni, Y. dan D. Rahmawati. 2005. Prosiding Seminar Nasional Gaharu, *Peluang dan Tantangan Pengembangan Gaharu di Indonesia*. Seameo Biotrop South East Asian Regional Centre for Tropical Biology. Bogor. Indonesia.

- Junaidi, Sumarmadji dan Karyudi, 2007. Aplikasi Stimulant Gas LET 200 untuk Meningkatkan Produktivitas Tanaman Karet. Balai Penelitian Sungai Putih (Pusat Penelitian Karet).
- Mulyaningsih, T. dan Parman, 2004. Teknologi Inokulasi Mikrobial Pada Tanaman Gaharu dan Penanganan Pasca Panen Gubal. Makalah Utama Disampaikan Pada Pelatihan Nasional Budidaya Gaharu dan Teknik Inokulasi Untuk Mempercepat Pembentukan Gubal Gaharu. Pusat Penelitian Agroekologi Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Instiper Yogyakarta. 6-7 Oktober 2004. Yogyakarta. Indonesia.
- Nobuchi T. dan Siripatanadilok. 1991. Preliminary Observation of *Aquilaria crassna* Wood Associated With the Formulation of Aloes Wood . Bull Kyoto University 63:226-235.
- Pojangaron dan Kaewark (2005) "Mechanical Methods to Stimulate Aloes Wood in *Aquilaria crassna* Pierre ex H.Lec (Kritsana) Trees". Acta Horticulturae 676, 161-166.
- Paoli Gary D., David R. Peart, Mark Leighton, Ismayadi Samsudin, -----An Ecological and Economic Assessment of the Nontimber Forest Product Gaharu Wood in Gunung Palung National Park, West Kalimantan, Indonesia. Conservation Biology. Volume 15, Issue 6 , Pages 1721 – 1732. Society for Conservation Biology. BOGOR-Indonesia.
- Putri, A. 2007. Induksi terbentuknya senyawa terpenoid pada pohon gaharu (*Aquilaria crassna*) dengan *Acremonium* sp. [Skripsi]. Bogor: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.
- Rahayu, G., Situmorang, J. 2006. Menuju Produksi Senyawa Gaharu secara Lestari. Laporan Penelitian Hibah Bersaing XI. Bogor: Lembaga Penelitian dan Pemberdayaan Masyarakat IPB.
- Ramadhani Rizki Chairiah, Juliarni, Gayuh Rahayu, 2005. Jaringan Pengkululasi Resin Gaharu pada *Aquilaria crassna*. Bogor. 1- 2 Desember 2005. Published By Seameo Biotrop Southeast Asian Regional Centre for Tropical Biology. Bogor. Indonesia.
- Shirsat, Gatehouse, Robinson, 1999. Plant biochemistry and molecular second edition. Chichester: John Wiley and Sons.
- Suwardi Dan Edriana, 2005. Gaharu Dan Prospek Peningkatan Nilai Tambah Melalui Penyulingan Tepat Guna. Prosiding Seminar Nasional Gaharu. Peluang Dan Tantangan Pengembangan Gaharu Di Indonesia. Bogor. 1- 2 Desember 2005. Published By Seameo Biotrop Southeast Asian Regional Centre for Tropical Biology. Bogor. Indonesia.
- Tamuli, Phatik, Borah, Paran, Nath, Subhan Leclereq dan Piet, 2005. Essential Oil of Eaglewood Tree: A Product of Pathogenesis. Journal of Essential Oil Research: JEOR.

- Tarigan Kelin, 2004. Profil Pengusahaan Gaharu. Departemen Kehutanan Pusat Bina Penyuluhan Kehutanan. Jakarta.
- Tran Qun Le, Qui Kim Tran, Kyoji Kouda, Nhan Trung Nguyen, Yukiko, Saiki dan Kadota, 2003. A Survey on agarwood in vietnam. *Journal Trad. Med.* 20:124-131.
- Widyastuti, 2009. Pengaruh Etilen Dalam Menginduksi Pembentukan Senyawa Terpenoid Pada Pohon Gaharu (*Aquilaria Microcarpa*).
- Yang Y, Shah, Klessig, 1997. Signal perception and transduction in plant defense response. *Gene Dev.* 11:1621-1639.
- Zinch Farnk dan James Compton. 2001. Agarwood (Gaharu) Harvest and Trade in Papua New Guinea : A Preliminary Assessment. An information document prepared by TRAFFIC Oceania for the Eleventh Meeting of The CITES Decisions 11.12 and 11.113 regarding *Aquilaria* spp. Sydney. Australia.