

Kerjasama
Institut Pertanian Bogor dan
Departemen Kehutanan RI

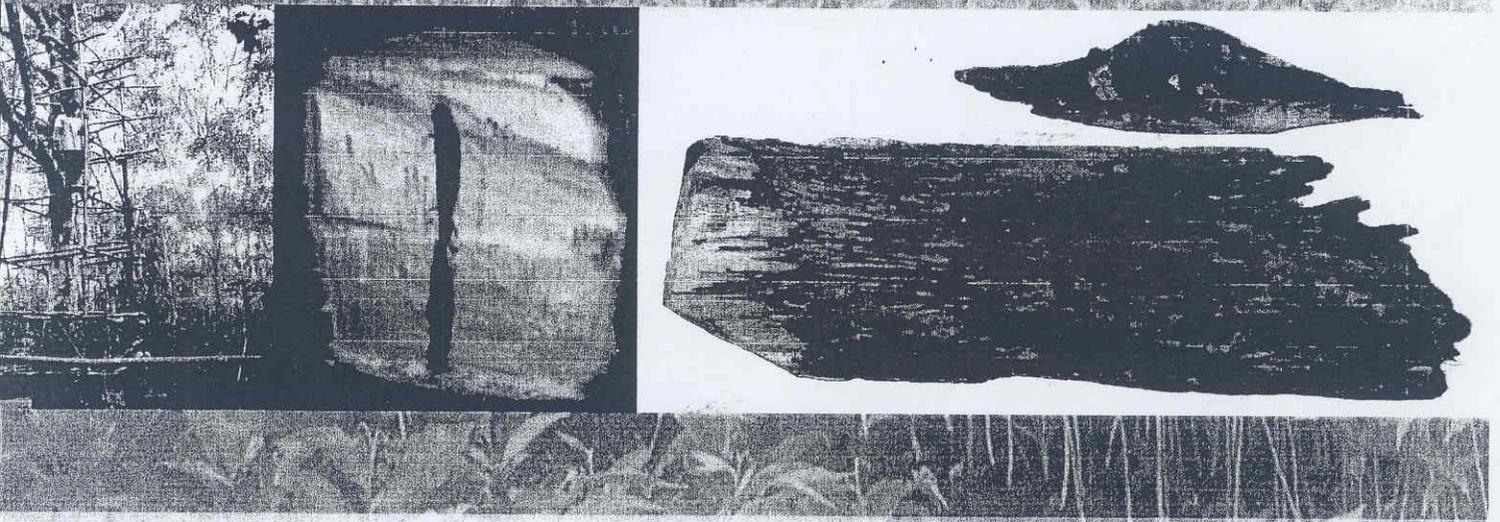
Kumpulan Makalah



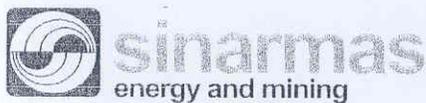
SEMINAR NASIONAL I
GAHARU

**MENUJU PRODUKSI GAHARU
SECARA LESTARI DI INDONESIA**

IPB International Convention Center
Bogor, 12 November 2009



Disponsori oleh:



DAFTAR ISI

Hlm

Makalah Utama

1. Kebijakan Pengembangan HHBK Khususnya Gaharu (Ir. Billy Hindra, MSc)..... P1
2. Konservasi dan Pemanfaatan Gaharu (Dr. Ir. Hari Santosa) P2
3. Peran Otoritas Ilmiah dalam Perdagangan Gaharu (Dr. Tukirin Partomiharjo) P3
4. Peluang Pasar Gaharu Budidaya (Mashur, MM SH) P4
5. Status Penelitian dan Pengembangan Gaharu di Indonesia (Dr. Gayuh Rahayu) P5

Makalah Penunjang Bidang Budidaya dan Teknologi Rekayasa

1. Identifikasi Tanaman Penghasil Gaharu di Kabupaten Aceh Utara Provinsi NAD berdasarkan Marka Morfologis (Lukman dan Dahlan) A1
2. Keragaman Genetik *Gyrinops verstegii* Asal Papua berdasarkan RAPD dan Mikrosatelit (R.H. Siburian, U.J. Siregar, dan I.Z. Siregar) A2
3. Kajian Struktur Morfologi dan Anatomi Daun pada *Aquilaria* sp. dan *Gyrinops* sp. (M. Chatri) A3
4. Pengujian Kecepatan Gelombang Akustik dan Kerapatan Pohon Gaharu Berdiri (*Aquilaria* spp.) (L. Karlinasari, J. Situmorang, dan R.M. Dani) A4
5. Efektivitas Pemberian Metil Jasmonat secara Berulang dalam Meningkatkan Deposit Senyawa Terpenoid pada Pohon Gaharu (*Aquilaria crassna*) (Hamim, G. Rahayu, dan R. Rosita) A5
6. Efektivitas Etilen dalam Menginduksi Pembentukan Senyawa Terpenoid pada Pohon Gaharu (*Aquilaria microcarpa*) (G. Rahayu, E. Santosa dan F.R. Widyastuti) A6
7. Potensi dan Induksi Pembentukan Gubal Gaharu (*Aquilaria malaccensis*) di Kabupaten Langkat, Sumatera Utara (E.B. Mulya Siregar) A7
8. Identifikasi Patogen Penyebab Gaharu di Provinsi Papua (D.K. Erari dan R.M.R. Ruimassa) A8
9. Isolasi dan Uji Kemampuan berbagai Isolat Jamur dalam Menginduksi Gubal Gaharu pada Tanaman *Gyrinops* sp. dan Profiling Kimiawi Hasil Inokulasi (M. Isnaini, H. Suheri, C. Cerboncini, J. Krause, dan C. Müellenborn) A9
10. Pengaruh Bulan dan Umur Inokulasi Terhadap Produksi Gaharu *Gyrinops verstegii* (T. Mulyaningsih, E.A. Widjaja, I.M. Sudarma, dan Parman) A10
11. Identifikasi Molekuler Fungi Pembentuk Gaharu dengan Sekuen Gen 28S rRNA (I.R. Sitepu, S. Bahri, M. Turjaman, dan E. Santoso) A11

Makalah Penunjang Bidang Kebijakan dan Manajemen

1. Revitalisasi Hasil Hutan non Kayu dengan Tanaman Gaharu (A. Laksono dan A. M. Lahjie) B1
2. Strategi Menghilangkan Status Pohon Gaharu dalam Daftar APPENDIX II CITES (Subarudi) B2
3. Ekonomi Meningkatkan, Hutan Lestari (I. Saleh dan D. Akbarini) B3
4. Kebijakan Pemanfaatan Gaharu di Indonesia (I. Ichwandi) B4
5. Overview Pengembangan Gaharu ITTO PD425/06 Rev. 1 (I) (M. Turjaman, E. Santoso, I. R. Sitepu, dkk.) B5

6. Pengembangan Pengelolaan Gaharu di Kabupaten Bangka Tengah (S. Trison dan Bahruni) B6
7. Sustainable Bioprospecting on Indonesian Agarwood: Innovative Biotechnological Strategies to Produce *high value* Indonesian Agarwood and Olfactory Active Compounds (C. Cerboncini, B. Muktiono, C. Müllenborn, dkk.) B7
8. Prospek Budidaya Tanaman Gaharu di Kab. Bangka Tengah, Prop. Kep. Bangka Belitung (Triadiati, G. Rahayu, I. Saleh, A. Imron, dan Suwanto) B8
9. Tumbuhan Penghasil Gaharu Koleksi Kebun Raya Indonesia (Y. Isnaini, A. S. Darmayanti, dan P.A.H. Wibawa) B9
10. Prospek dan Teknik Budidaya Tumbuhan Gaharu (*Aquilaria malaccensis*) di Kalimantan Selatan (S. Panjaitan, E. H. Kuncoro, T. Wibowo, dan E. Suryanto) B10

Efektivitas Pemberian Metil Jasmonat secara Berulang dalam Meningkatkan Deposit Senyawa Terpenoid Pohon Gaharu (*Aquilaria crassna*).

*The Effect of Repeated Application of Methyl Jasmonate on Terpenoid Accumulation in Agarwood Tree (*Aquilaria crassna*).*

Hamim, Gayuh Rahayu dan Risa Rosita

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui efektivitas pemberian metil jasmonat (MeJA) 750 mM secara berulang dalam meningkatkan deposit senyawa terpenoid pada pohon gaharu (*Aquilaria crassna*). Cabang pohon *Aquilaria crassna* yang berumur 8 tahun (berdiameter \pm 1 cm) dibuang kulit dan kambiumnya sepanjang 2 cm kemudian diolesi MeJA secara berulang dengan satu kali, dua kali, tiga kali atau empat kali pemberian dengan interval waktu tertentu. Deposit terpenoid dideteksi dengan metode histokimia (menggunakan pewarna tembaga asetat) dan Liebermann-Burchard. Adanya deposit terpenoid yang terbentuk berkaitan dengan respon kesegaran cabang, perubahan warna kayu dan pembentukan wangi. Pengamatan dilakukan pada 10, 25, 50 dan 75 hari setelah induksi. Pemberian MeJA (secara berulang) mampu meningkatkan deposit senyawa terpenoid. Deposit senyawa terpenoid ditemukan paling banyak pada parenkima jejari, *included phloem*, unsur trakea xylem dan empulur. Senyawa terpenoid yang teridentifikasi mengandung komponen triterpenoid. Akumulasi terpenoid menyebabkan adanya perubahan warna kayu. Perubahan warna kayu tidak hanya disebabkan karena perlakuan MeJA, tetapi juga pelukaan. Semakin lama waktu inkubasi, warna kayu akan semakin gelap. Perubahan warna kayu tidak berkorelasi dengan pembentukan wangi. Aroma wangi mengandung senyawa terpenoid yang mudah menguap, yaitu sesquiterpen. Aroma wangi akan meningkat kembali setelah diberi perlakuan MeJA (secara berulang) dan bertahan hanya sampai dengan 25 hari setelah aplikasi MeJA yang terakhir.

Kata Kunci: Gaharu, *Aquilaria*, metil jasmonat (MeJA), terpenoid

PENDAHULUAN

Gaharu adalah sejenis kayu dengan berbagai bentuk dan warna yang khas serta memiliki kandungan kadar damar wangi (Dewan Standarisasi Nasional Indonesia 1999). Gaharu merupakan salah satu hasil hutan bukan kayu yang dapat diandalkan, apabila ditinjau dari nilai ekonominya yang lebih tinggi dibandingkan hasil hutan bukan kayu lainnya. Gaharu digunakan sebagai bahan dasar dalam industri parfum, dupa untuk berbagai ritual keagamaan, kosmetik dan obat-obatan (Barden *et al.* 2000). Salah satu spesies *Aquilaria* yang terbukti dapat menghasilkan gubal gaharu adalah *Aquilaria crassna* (Lieu 2003).

Senyawa gaharu dibentuk sebagai respon pertahanan pohon gaharu terhadap berbagai gangguan seperti pelukaan, infeksi patogen atau perlakuan kimiawi (Nobuchi & Siripatanadilok 1991). Menurut Yuan (1995), gaharu mengandung senyawa sesquiterpen yang beraroma khas. Aroma gaharu ini diduga merupakan senyawa fitoaleksin (Michiho 2005). Fitoaleksin adalah senyawa antimikrob dengan berat molekul rendah yang terakumulasi pada tanaman sebagai reaksi terhadap infeksi dan stress (Mert-Turk 2002).

Salah satu senyawa sinyal pada tumbuhan yang diketahui dapat merangsang pembentukan fitoaleksin adalah metil jasmonat (MeJA) (Franceschi *et al.* 2002). MeJA merupakan fitohormon endogen. MeJA memiliki peran dalam regulasi beberapa proses fisiologis tanaman, misalnya, merangsang pertumbuhan akar dan transportasi karbon tanaman (Babst *et al.* 2005), induksi pematangan buah, sinyal regulasi ekspresi gen pada proses penuaan daun dan bunga (Srivastava 2002), dan sinyal transduksi respon ketahanan tanaman terhadap cekaman biotik dan abiotik (Yang *et al.* 1997).

MeJA akan menjadi komponen yang lebih aktif jika diberikan secara eksogen (Srivastava 2002). Secara *in vitro* Michiho (2005) membuktikan bahwa pemberian MeJA 0.1 mM dapat menginduksi terbentuknya senyawa terpenoid pada kultur kalus *A. sinensis*. Pada percobaan di lapang menggunakan pohon *A. crassna*, pemberian MeJA 750 mM satu kali juga mampu menginduksi pembentukan senyawa terpenoid (Putri 2007). Dari perlakuan MeJA ini, akumulasi senyawa terpenoid dapat terdeteksi mulai 5 hari setelah induksi (hsi) dan menghilang pada 75 hsi (Putri 2007). Pemberian MeJA 750 mM ini tidak cukup menyebabkan deposit senyawa terpenoid yang dapat bertahan setelah 75 hsi. Pemberian MeJA secara berulang diharapkan dapat merangsang peningkatan deposit senyawa terpenoid gaharu. Deposit senyawa terpenoid gaharu ditemukan dalam jumlah banyak pada jaringan parenkima jejari dan dalam jumlah kecil pada included phloem serta unsur trakea xilem (Ramadhani 2005). Penelitian ini bertujuan untuk melihat efektivitas pemberian MeJA pada konsentrasi 750 mM secara berulang dalam meningkatkan deposit senyawa terpenoid pada *Aquilaria crassna*.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Tempat Penelitian dilaksanakan pada bulan Februari sampai dengan Agustus 2007, di kebun gaharu Jabon-Parung (Bogor), Laboratorium Mikologi, Departemen Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, dan Laboratorium Zoologi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) Cibinong.

Bahan

Bahan yang digunakan adalah tanaman *A. crassna* umur 8 tahun (Gambar 1), alkohol 75 %, akuades, metil jasmonat 750 mM (MeJA 750 mM), Tween 80 %, formaldehid 4 %, larutan gliserin 30 %, larutan K₂HPO₄, larutan tembaga asetat 50 %, etanol absolut, dietil eter, larutan H₂SO₄ pekat, larutan asam asetat anhidrat. Gambar 1 *A. crassna* umur 8 tahun

Induksi Pembentukan Senyawa Terpenoid

Induksi pembentukan senyawa terpenoid dilakukan pada cabang pohon *A. crassna* yang mempunyai diameter 1 cm. Pertama-tama cabang dilukai dengan cara dibuang kulit dan kambiumnya sepanjang 2 cm. Kemudian MeJA 750 mM diberikan secara berulang, dengan rancangan pemberian secara berulang (Tabel 1). Sebanyak 2 ml MeJA 750 mM (dalam 0.1 % Tween 80) dioleskan pada daerah cabang yang telah dilukai, dan dibiarkan beberapa saat sampai mengering, lalu dibungkus dengan plastik dan diikat dengan tali. Semua perlakuan terdiri atas 4 ulangan dan dilakukan pada cabang yang berbeda. Cabang-cabang yang dilukai saja (tanpa induksi) sebagai kontrol positif (K+) serta cabang-cabang yang tidak dilukai sebagai kontrol negatif (K-) digunakan sebagai pembanding. Respon cabang yang diamati adalah kesegaran cabang, perubahan warna kayu, wangi kayu, dan analisis terpenoid.

Tabel 1 Rancangan pemberian MeJA 750 mM secara berulang.

Perlakuan Induksi	Waktu Induksi (Hari ke)				
	0	10	25	50	75
M1	√	*	*	*	*
M2	√	√	*	*	*
M3	√	√	√	*	*
M4	√	√	√	√	*

M1= Perlakuan MeJA 1x induksi

M2= Perlakuan MeJA 2x induksi

M3= Perlakuan MeJA 3x induksi

M4= Perlakuan MeJA 4x induksi

Pengamatan kesegaran cabang yang diinduksi

Kesegaran cabang ditetapkan berdasarkan persentase daun yang menguning atau daun gugur, dari total daun yang berada dari zona induksi ke arah pucuk. kesegaran cabang juga ditetapkan berdasarkan persentase cabang yang mati.

Pengamatan Warna dan Tingkat Wangi

Deposit terpenoid pada kayu mungkin berasosiasi dengan perubahan warna dan pembentukan wangi. Oleh sebab itu, perubahan warna dan tingkat wangi kayu diamati, dan dilakukan sebelum analisis terpenoid. Pengamatan warna cabang meliputi perubahan warna dan panjang serta kedalaman zona perubahan warna. Tingkat perubahan warna kayu ditetapkan berdasarkan system skor (0=putih, 1=kuning kecoklatan, 2=coklat, 3=coklat kehitaman). Tingkat perubahan warna diamati sebanyak 4 ulangan.

Tingkat wangi kayu ditetapkan melalui uji organoleptik yang dinyatakan dengan rata-rata skor dari 3 responden. Skala skor wangi adalah 0=tidak wangi, 1=kurang wangi, 2=wangi, 3=wangi sekali. Tingkat perubahan warna, panjang kedalaman zona perubahan warna serta tingkat wangi dinyatakan dalam nilai rata-rata \pm simpangan baku.

Analisis Terpenoid

Deposit terpenoid dideteksi dengan metode histokimia (Martin *et al.* 2002). Bagian cabang yang telah diinduksi dipotong secara melintang bagian tengahnya dengan ukuran \pm 0.5x0.5x0.3 cm. Selanjutnya potongan cabang tersebut direndam di dalam larutan formaldehid 4 % dan K₂HPO₄ 100 mM (pH 7.5) selama \pm 4 jam. Kemudian sampel dicuci dengan akuades. Potongan cabang selanjutnya dibekukan pada suhu -18 °C sebelum disayat dengan mikrotom beku (Yamato RV-240). Sayatan cabang dengan ketebalan antara 18-20 μ m diletakkan pada gelas objek. Untuk pengamatan senyawa terpenoid, sayatan tersebut ditetesi dengan larutan tembaga asetat 50 %. Supaya preparat tidak cepat mengering, pada sayatan tersebut ditambahkan larutan gliserin 30 %. Selanjutnya preparat diamati di bawah mikroskop cahaya (Nikon Afx-dx dan Nikon Obtiphot 2). Deposit terpenoid ditetapkan berdasarkan persentase (%) jaringan pengakumulasi yang mengandung senyawa tersebut pada luasan bidang pandang tertentu, dari 10 sayatan untuk masing-masing perlakuan.

Uji Terpenoid (Liebermann-Burchard)

Sebanyak \pm 0.4 gram potongan kayu yang telah diberi perlakuan dilarutkan dalam 5 ml etanol absolut panas (100 °C) kemudian disaring ke dalam cawan petri steril dan diuapkan sampai kering hingga terbentuk endapan berwarna kuning. Endapan kemudian ditambahkan 1 ml dietil eter dan dihomogenisasi. Endapan yang telah dihomogenisasikan selanjutnya dipindahkan ke dalam tabung reaksi steril lalu ditambahkan 3 tetes asam asetat anhidrat dan 1 tetes H₂SO₄ pekat. Warna merah atau ungu menunjukkan adanya senyawa triterpenoid (Harbone 1987).

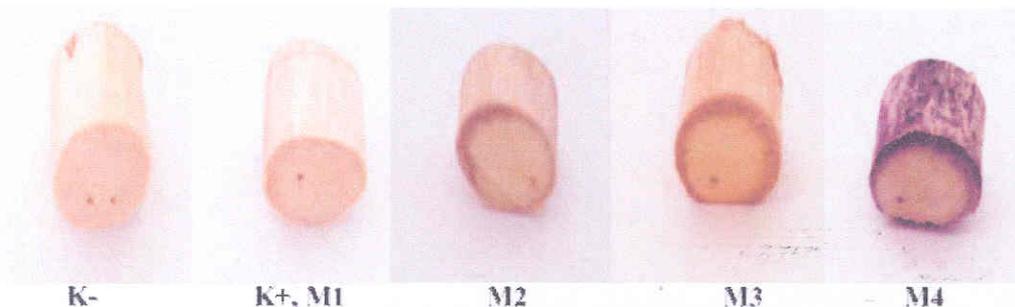
HASIL

Kesegaran Cabang.

Cabang *A. crassna* memberikan respon yang sama terhadap induksi MeJA dan pelukaan (K+). Induksi MeJA dan pelukaan menyebabkan terjadinya perubahan warna pada daun yang berada di daerah ujung cabang yang diberi perlakuan. Daun berubah warna dari hijau menjadi kuning dan gugur. Perubahan warna terjadi satu sampai dua minggu setelah perlakuan. Daun-daun pada cabang yang diinduksi dengan MeJA (secara berulang) gugur lebih awal dibandingkan dengan daun-daun pada cabang yang hanya dilukai saja. Semakin banyak pengulangan, semakin besar persentase cabang yang daunnya gugur. Berbeda dengan kedua perlakuan di atas, pada cabang yang tidak dilukai (K-) tidak ditemukan adanya perubahan warna pada daun, daun tetap segar dan hijau sampai akhir pengamatan.

Perubahan Warna.

Adanya perubahan warna kayu ditemukan baik pada cabang yang diberi perlakuan MeJA maupun cabang yang menjadi K+. Perlakuan dengan MeJA menghasilkan warna kayu yang beragam dibandingkan dengan K+ (Tabel 2). Perlakuan MeJA menghasilkan rata-rata perubahan warna kayu berkisar antara putih kecoklatan, coklat, sampai coklat kehitaman. Perlakuan K+ hanya menghasilkan rata-rata warna kayu putih kecoklatan, sedangkan pada perlakuan K- tidak terjadi perubahan warna kayu (Gambar 1).



Gambar 1. Kayu *A. crassna* setelah diberi perlakuan (K-; skor warna 0 = putih), (K+, M1; skor warna 1 = putih kecoklatan), (M2; skor warna 2 = coklat), (M3; skor warna 3 = coklat), (M4; skor warna 4 = coklat kehitaman).

Tingkat wangi.

Aroma wangi pada kayu hanya terdeteksi pada bagian cabang yang diinduksi dengan MeJA. Induksi MeJA menghasilkan aroma wangi dengan indeks tertinggi pada setiap kali panen dan wangi hanya bertahan sampai dengan 25 hari setelah aplikasi MeJA yang terakhir. Induksi

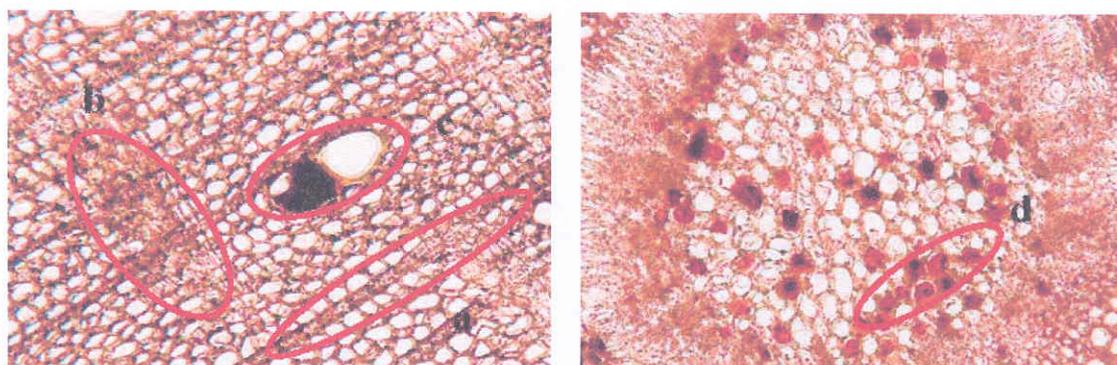
MeJA secara berulang pada setiap kali panen mampu meningkatkan aroma wangi kayu yang hilang pada saat induksi sebelumnya. Pada 1 kali induksi dengan pemberian MeJA di hari ke 0, aroma wangi teramati pada panen 10 hsi dan menurun pada 25 hsi. Aroma wangi kemudian akan hilang pada 50 hsi (Tabel 2). Setelah diinduksi ulang (dengan 2 kali pemberian MeJA pada hari ke 0 dan dan hari ke 10) aroma wangi yang turun pada 1 kali induksi saat 25 hsi dapat meningkat kembali. Pada induksi 2 kali, aroma wangi juga terdeteksi pada 50 dan 75 hsi. Induksi ulang (dengan 3 kali pemberian MeJA pada hari ke 0, 10 dan 25) dapat meningkatkan aroma wangi yang turun pada 50 dan 75 hsi saat induksi 2 kali. Aroma wangi yang turun saat induksi 3 kali pada 75 hsi dapat ditingkatkan kembali dengan perlakuan induksi MeJA sebanyak 4 kali.

Tabel 2. Tingkat wangi kayu *A. crassna* setelah diberi perlakuan didasarkan pada sistem skor 0-3 (0=tidak wangi, 1=kurang wangi, 2=wangi, 3=wangi sekali).

Waktu Pengamatan (hsi)	Skor wangi masing-masing perlakuan					
	K(-)	K(+)	M1	M2	M3	M4
10	0	0	2.25 ± 0.75			
25	0	0	0.75 ± 0.50	2.5 ± 0.58		
50	0	0	0	1.5 ± 0.73	2.25 ± 0.75	
75	0	0	0	1.25 ± 0.50	1.75 ± 0.66	2.75 ± 0.50

Analisis Terpenoid

Setelah diamati secara mikroskopis dengan menggunakan pewarna tembaga asetat pada uji histokimia, adanya akumulasi senyawa terpenoid ditemukan pada jaringan parenkima jejari, included phloem, unsur trakea xilem dan empulur. Senyawa terpenoid terdeteksi pada cabang yang diberi perlakuan MeJA dan kontrol positif mulai 10 hsi (Gambar 2), sedangkan pada tanaman yang menjadi kontrol negatif tidak ditemukan adanya senyawa terpenoid. Cabang yang diinduksi dengan MeJA secara berulang memiliki persentase luasan jaringan pendeposit senyawa terpenoid terbesar setiap kali panen. Deposit senyawa terpenoid, terakumulasi paling banyak pada jaringan parenkima jejari dan paling sedikit pada included phloem, unsur trakea xilem dan empulur.



Gambar 2. Senyawa terpenoid (kuning kecoklatan) yang terakumulasi pada jaringan parenkim jejari (a), included floem (b), unsur trakea (c), dan empulur (d) pada panen 10 hsi.

Berdasarkan uji Lieberman-Burchard, warna merah atau ungu mengidentifikasi adanya senyawa triterpenoid (Harbone 1987). Senyawa triterpenoid terdeteksi pada kayu yang diberi MeJA mulai 25 hsi (M25). Senyawa ini tidak terdeteksi pada kontrol negatif (K-) pada 10 hsi. Pada control positif (K), mulai 50 hsi.

PEMBAHASAN

Induksi MeJA dan Pengaruhnya terhadap Cabang yang Diinduksi

Induksi pohon *A. crassna* dengan MeJA 750 mM dan pelukaan menyebabkan timbulnya gejala stress pada tanaman. Hal ini ditandai dengan adanya perubahan warna daun dari hijau menjadi kuning dan terjadinya gugur daun pada cabang-cabang yang telah diberi perlakuan. Hal yang sama juga dilaporkan oleh Janoudi dan Flore (2003), yang menyatakan bahwa perlakuan MeJA 10 mM pada tanaman persik (*Prunus persica*) mengakibatkan terjadinya penurunan kadar klorofil daun, penghambatan pembentukan cabang baru, penurunan jumlah daun sebanyak 31% dan penurunan berat daun muda setelah 3 minggu perlakuan. Satu kali perlakuan MeJA 750 mM tidak menyebabkan terjadinya klorosis daun, tetapi menyebabkan cabang yang diberi perlakuan MeJA mengalami gugur daun sebanyak 20% (Putri 2007).

Cabang yang diinduksi dengan MeJA (secara berulang) mengalami gugur daun lebih banyak dibandingkan dengan cabang yang diberi pelukaan. Meskipun perlakuan MeJA (secara berulang) mampu menyebabkan gugur daun hingga mencapai 50 %, tetapi tidak ditemukan adanya cabang yang mati karena perlakuan tersebut. Menurut Fillela (2005), pemberian MeJA secara eksogen dapat menyebabkan tanaman menjadi resisten tanpa mengakibatkan kerusakan pada tanaman itu sendiri.

Pohon *A. crassna* yang merata akibat gangguan perlakuan kimiawi dan pelukaan menunjukkan proses awal pembentukan senyawa gaharu itu sendiri. Perubahan warna kayu terjadi pada cabang yang diberi perlakuan MeJA dan pelukaan (kontrol positif). Hal tersebut menunjukkan bahwa perubahan warna merupakan respon non-spesifik tanaman terhadap gangguan, karena respon dapat ditemukan baik pada cabang yang diberi perlakuan MeJA maupun cabang yang diberi pelukaan.

Perlakuan MeJA (secara berulang) menghasilkan rata-rata perubahan warna kayu berkisar antara putih kecoklatan, coklat, sampai coklat kehitaman. Pada 75 hsi, induksi MeJA (secara berulang) dengan satu kali, dua kali, tiga kali dan empat kali pengulangan menghasilkan rata-rata warna kayu coklat kehitaman (Gambar 1). Semakin lama periode induksi (sampai dengan 75 hsi) warna kayu semakin gelap.

Terjadinya perubahan warna kayu pada cabang yang diberi pelukaan mungkin disebabkan juga oleh mikroorganisme udara sebagai akibat adanya kontak langsung antara kayu dengan lingkungan luar. Menurut Anonim (1999), terbentuknya warna coklat pada kayu dapat disebabkan oleh cendawan mikroskopik penyebab blue stain. Cendawan penyebab blue stain tidak menyebabkan kebusukan dan efek tertentu pada kayu, selain perubahan warna kayu (Anonim 1999).

Aroma wangi hanya terdeteksi pada bagian cabang yang diberi perlakuan MeJA. Hal ini membuktikan bahwa respon wangi merupakan respon spesifik terhadap bentuk gangguan tertentu, yaitu induksi MeJA. MeJA merupakan senyawa sinyal bagi pembentukan komponen fitoaleksin (Michiho 2005). Pada pohon gaharu, salah satu senyawa fitoaleksin mengeluarkan aroma yang khas. Aroma wangi yang dihasilkan dari induksi MeJA seperti wangi bunga melati dan berbeda dengan aroma wangi gaharu alam.

Aroma wangi yang dihasilkan tidak selalu sebanding dengan kepekatan warna kayu. Hal ini didukung oleh pernyataan Rahayu *et al.* (1999), yang menyatakan bahwa terjadinya

pembentukan wangi gaharu tidak selalu diikuti oleh perubahan warna kayu. Induksi MeJA (secara berulang) pada setiap kali panen mampu meningkatkan aroma wangi kayu yang hilang pada saat induksi sebelumnya. Adanya pemberian MeJA (secara berulang) hanya meningkatkan tingkat wangi tetapi tidak pada perubahan warna. Warna kayu akan semakin gelap meskipun tidak diberi perlakuan berulang. Peningkatan aroma wangi kayu diduga disebabkan oleh bertambahnya akumulasi senyawa sesquiterpen, sedangkan penurunan atau hilangnya aroma wangi diduga disebabkan karena hilangnya senyawa sesquiterpen. Menurut Michiho (2005), aroma wangi yang muncul pada kayu gaharu diduga adalah senyawa sesquiterpen yang memiliki sifat mudah menguap. Selain itu, peningkatan dan hilangnya aroma wangi ini kemungkinan berhubungan dengan sifat MeJA yang mudah menguap (Srivastava 2002). Menurut Franceschi *et al.* (2002), penggunaan MeJA pada *P. abies* yang dilukai dan diinokulasi dengan *Ceratocystis polonica* dapat meningkatkan produksi fitoaleksin.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa induksi MeJA dan pelukaan dapat merangsang pembentukan senyawa terpenoid. Menurut Srivastava (2002), pelukaan atau perlakuan dengan menggunakan protein sistemin pada jaringan tanaman atau sel mampu menginduksi pembentukan MeJA. MeJA akan merangsang ekspresi gen penyandi respon ketahanan tanaman (Yang 1997). Meskipun MeJA merupakan fitohormon endogen, MeJA akan jauh lebih aktif jika diaplikasikan secara eksogen. Aplikasi MeJA pada kultur sel *A. sinensis* dapat merangsang pembentukan senyawa terpenoid (Michiho 2005).

Adanya senyawa terpenoid yang dihasilkan dari induksi MeJA dan pelukaan ini dibuktikan pada uji histokimia dan analisis terpenoid. Pada uji histokimia, deposit senyawa terpenoid ditunjukkan dengan butiran terpenoid yang terakumulasi dalam jumlah banyak pada jaringan parenkima jejari, dan dalam jumlah relatif lebih kecil pada included phloem, unsur trakea xilem dan empulur (Gambar 2). Menurut Blanchette (2003), included phloem merupakan jaringan pada *Aquilaria* yang mampu mensekresikan resin.

Berbeda dengan parenkima jejari dan included phloem yang tersusun oleh sel-sel hidup, unsur trakea xilem dan empulur tersusun dari sel-sel yang mati, sehingga unsur trakea dan empulur hanya berperan sebagai jaringan pendeposit saja. Analisis terpenoid hanya ditujukan untuk mendeteksi kelompok triterpenoid. Hal tersebut dibuktikan dengan munculnya warna merah pada endapan setelah direaksikan dengan pereaksi Liebermann-Burchard. Pada kayu yang diberi perlakuan MeJA, senyawa triterpenoid mulai terdeteksi pada 25 hsi (Gambar 7), dan tidak terdeteksi pada 10 hsi. Senyawa triterpenoid tidak terdeteksi pada 10 hsi mungkin disebabkan oleh jumlah deposit senyawa terpenoid yang masih sedikit.

Dibandingkan dengan MeJA, pelukaan lebih lambat merangsang pembentukan senyawa triterpenoid pada kayu. Triterpenoid pada kontrol positif terdeteksi mulai 50 hsi. Hal ini mungkin disebabkan juga karena masih terlalu sedikitnya jumlah senyawa terpenoid yang terakumulasi sehingga belum cukup untuk membentuk senyawa triterpenoid. Triterpenoid terdapat dalam damar dan getah (Harbone 1987). Triterpenoid berfungsi sebagai pelindung untuk menolak serangan dan serangan mikroba (Harbone 1987).

Peluang Pemanfaatan Metode Induksi dengan MeJA

Induksi gaharu dengan MeJA sejauh ini mempunyai peluang hasil yang cukup baik dibandingkan dengan metode inokulasi mikroorganisme, seperti cendawan *Acremonium sp.* (Putri 2007). Induksi MeJA 750 mM (secara berulang) mampu menghasilkan deposit senyawa terpenoid gaharu lebih banyak dibandingkan dengan satu kali pemberian saja. Adapun keuntungan dari aplikasi induksi MeJA diantaranya adalah aplikasinya lebih sederhana dibandingkan dengan metode inokulasi cendawan dan bentuk formulasinya sudah komersial.

Adapun kerugian dari aplikasi ini ialah pembentukan aroma wangi berfluktuasi. Tingkat wanginya meningkat ketika diinduksi MeJA dan menurun beberapa hari setelah induksi.

KESIMPULAN

Perlakuan *Aquilaria* dengan pelukaan memiliki respon yang berbeda dengan perlakuan MeJA. MeJA 750 mM dapat menginduksi pembentukan warna kayu lebih gelap dibandingkan dengan pelukaan. MeJA menginduksi pembentukan aroma wangi khas melati. Pada cabang yang diberi pelukaan ditemukan adanya perubahan warna kayu, namun tidak tercium aroma wangi khas gaharu.

Pemberian MeJA (secara berulang) tidak dapat menyebabkan indeks warna memiliki korelasi dengan indeks wangi. Pemberian MeJA (secara berulang) mampu meningkatkan deposit senyawa terpenoid gaharu lebih banyak dibandingkan hanya satu kali pemberian saja tetapi wangi kayu dapat bertahan sampai dengan 25 hari setelah aplikasi terakhir. Akumulasi senyawa terpenoid ditemukan paling banyak pada jaringan parenkima jejari, dan menurun berturut-turut pada included phloem, unsur trakea xilem dan empulur.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2002. Blue Stain. Forest Product Laboratory. Madison, WI: US. Departemen of Agriculture.
- Babst BA, Ferrier RA, Gray DW. 2005. Jasmonic acid induces rapid change transport and partitioning in *Populus*. *Amer J Phytol* 167: 63-72.
- Barden A, Anak NA, Mulliken T, Song M. 2000. Heart of the Matter: Agarwood Use and Trade and CITIES Implementation for *Aquilaria malacensis*. Cambridge:Traffict Int.
- Blanchette RA. 2003. Agarwood formation in *Aquilaria* trees: resin production in nature and how it can be induced in plantation grown trees [Abstrak]. *Di dalam*: First International Agarwood Conference; Vietnam, 10-15 2003. Vietnam: European Comission.2003. hlm 10. Abstr no 1.
- Dewan Standarisasi Nasional. 1999. SNI 01/5009.1-1999 Gaharu. Jakarta : Dewan Standarisasi Nasional.
- Filella I, Joseph P. 2005. Dynamics of the enhanced emissions of monoterpenes and methyl salicylate, and decreased uptake of formaldehyde, by *Quercus ilex* leaves after application of jasmonic acid. *New Phytol* 169 : 135-144.
- Franceschi VR, Trygve K, Erik C. 2002. Application of Methyl Jasmonate on *Picea Abies* (Pinaceae) stem induces defense related in phloem and xylem. *Amer J Bot* 89: 578-586.
- Harbone JB. 1987. Metode Fitokimia. Padmawinata K dan I Sudiro, penerjemah. Bandung: Institut Teknologi Bandung. Terjemahan dari: Phytochemical Methods.
- Janoudi A, Flore JA. 2003. Methyl jasmonate on fruit ripening leaf gas exchange and vegetative growth in fruit trees [Abstrak]. *J Hort Sci Biotech* 78: 793-797.
- Lieu N X. 2003. Seed Leaflet. Central Forest Seed Company. [http : // www. google. com / searc? Q = cache : CblancRItgkj:sl.dk/upload/Aquilaria rassna_100_Html](http://www.google.com/search?Q=cache:CblancRItgkj:sl.dk/upload/Aquilaria_rassna_100_Html) [20 Januari 2006].
- Martin D, Tholl D, Gershenzon J. 2002. Methyl jasmonate induces traumatic resin ducts, terpenoid resin biosynthesis, and terpenoid resin accumulation in developing xylem of Norway Spruce stems. *Plant Physiol* 129: 1003-1008.
- Mert-Turk F. 2002. Phytoaleksin : defence or just respon to stress?. *J Cell Mol Biol* 1:1-6.

- Michiho I. 2005. Induction of sesquiterpenoid production by Methyl Jasmonate in *Aquilaria sinensis* cell suspension culture. *Essential Oil Research*. <http://www.findarticles.com> [12 Februari 2006].
- Nobuchi T, Siripatanadilok S. 1991. Preliminary observation of *Aquilaria crassna* wood associated with the formation of aloewood. *Bulletin of the Kyoto University Forest* 63: 226-235.
- Putri A. 2007. Induksi terbentuknya senyawa terpenoid pada pohon gaharu (*Aquilaria crassna*) dengan Acremonium dan MeJA [Skripsi]. Bogor : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor.
- Rahayu G, Isnaeni Y, Umboh MIJ. 1999. Potensi beberapa hifomiset dalam induksi gejala pembentukan gubal gaharu. Makalah Seminar Kongres Nasional Ke XV dan Seminar Ilmiah PFI: Purwokerto, 16-18 September 1999. Purwokerto : Perhimpunan Fitopatologi Indonesia. Hlm:1-6.
- Ramadhani CH. 2005. Pengamatan included phloem dan jaringan pengakumulasi gaharu pada *Aquilaria crassna* [Skripsi]. Bogor: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor.
- Srivastava LM. 2002. *Plant Growth and development*. USA : Academic Press.
- Yang Y, Shah J, Klessig DF. 1997. Signal perception and transduction in plant defense response. *Review* 11:1621-1639.
- Yuan QS. 1995. *Aquilaria* species: In vitro culture and production of eaglewood (agarwood). Di dalam : Bajaj YPS, editor. *Biotechnol Agric Forest* 33. Volume ke- 15. New York: Springer. Hlm: 36-46.