

Pembentukan Gaharu *Gyrinops versteegii* oleh Bioinduksi *Fusarium solani* dengan Teknik Simpori

(Formation of *Gyrinops versteegii* Agarwood by *Fusarium solani* Bioinduction with Simpori Technique)

Resti Wahyuni^{1*}, Amalia Indah Prihantini², Lutfi Anggadhanita²

(Diterima Januari 2019/Disetujui Oktober 2019)

ABSTRAK

Gaharu merupakan komoditas hasil hutan bukan kayu yang bernilai ekonomi tinggi, namun keberadaannya di alam semakin berkurang. Salah satu upaya yang bisa dilakukan untuk mengurangi perburuan gaharu di alam adalah dengan budi daya gaharu. Salah satu usaha budi daya adalah teknik inokulasi menggunakan teknik simpori, yaitu metode inokulasi modifikasi menggunakan *Fusarium solani* dan paku berpori. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dosis inokulan *F. solani* pada kuantitas dan kualitas gaharu *Gyrinops versteegii* hasil inokulasi dengan teknik simpori. Penelitian ini menggunakan teknik inokulasi simpori dengan rancangan acak lengkap dengan 3 perlakuan dan 10 ulangan. Perlakuan yang dicobakan adalah dosis inokulan *F. solani* 3 mL/paku simpori (P0), dosis inokulan 9 mL/paku simpori (P1), dan dosis inokulan 6 mL/paku simpori (P2). Gaharu dipanen pada saat 7 bulan setelah inokulasi awal, diukur dimensi pembentukan dan rendemen produksi gaharu serta dianalisis kandungan kimianya menggunakan GCMS. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dimensi pembentukan dan rendemen produksi gaharu tidak berbeda nyata pada semua perlakuan. Panjang pembentukan gaharu tertinggi dicapai oleh perlakuan P1, yaitu mencapai 5,1 cm. Kedalaman pembentukan gaharu tertinggi dihasilkan oleh perlakuan P0, yaitu sebesar 7 cm. Rendemen produksi gaharu tertinggi mencapai 0,032% dihasilkan oleh perlakuan P1 dan P2. Kualitas gaharu pada semua perlakuan secara visual (SNI 7631:2011) adalah sama, yaitu kemedangan TG.C. Kualitas gaharu dilihat dari kandungan *sesquiterpene* dan *chromone derivative* pada ketiga perlakuan berbeda. Kandungan tertinggi dihasilkan oleh perlakuan P2 sebesar 17,5%. Pemberian dosis inokulan *F. solani* yang berbeda menghasilkan gaharu dengan kuantitas sama namun kualitasnya berbeda pada saat 7 bulan setelah inokulasi awal.

Kata kunci: gaharu, *phenylethyl chromone derivatif*, seskuioterpen, simpori

ABSTRACT

Agarwood is a non-timber forest product having high economic value. However, its population in nature is getting decrease. An effort to reduce the agarwood hunting in the nature is agarwood cultivation. One of agarwood inoculation methods is simpori as a modification of inoculation method using *Fusarium solani* and porous nails. The present study aimed to determine the effect of *F. solani* dosage to the quantity and quality of *Gyrinops versteegii* agarwood using simpori. The simpori technique used completely randomized design with 3 treatments and 10 replications. The treatments were *F. solani* at a dosage of 3 mL/porous nail (P0), *F. solani* at a dosage of 9 mL/porous nail (P1), and *F. solani* at a dosage of 6 mL/porous nail (P2). The result showed that both dimensions of agarwood formation and the agarwood produced at 7 months after the first inoculation in all treatments were not significant. The highest length and the highest depth of agarwood formation were shown by P1 (5.1 cm) and P0 (7 cm) treatments, respectively. The highest agarwood production was observed in P1 and P2 treatments (0.032%). The visual quality of agarwood based on SNI 7631:2011 equal to kemedangan TG.C. The agarwood quality based on sesquiterpenes and chromone derivatives contents was different in all treatments. P2 treatment showed the highest content of sesquiterpenes and chromone derivatives (17.5%). The difference of *F. solani* dosages produce agarwood with the same quantity but different in quality when harvest 7 month after the first inoculation.

Keywords: agarwood, phenylethyl chromone derivatives, sesquiterpenes, simpori

¹ Pusat Penelitian dan Pengembangan Kualitas dan Laboratorium Lingkungan, Kawasan Puspiptek Serpong Gd.210, Jl. Raya Puspiptek Serpong, Tangerang, Banten 15314

² Balai Penelitian dan Pengembangan Teknologi HHBK, Jl. Dharma Bhakti No.7, Ds. Langko, Lingsar, Lombok Barat, 83371

* Penulis Korespondensi: Email: resti_bio@yahoo.com

PENDAHULUAN

Gaharu adalah komoditas hasil hutan bukan kayu yang bernilai ekonomi tinggi karena bermanfaat dalam pembuatan parfum dan bahan obat-obatan (Kakino *et al.* 2010). Gaharu merupakan suatu resin yang dihasilkan oleh spesies dari famili *Thymelaeaceae* yang

mengalami pelukaan dan atau terinfeksi oleh cendawan (Zhang *et al.* 2014). Famili *Thymelaeaceae* terdiri atas 58 genus, dua genus di antaranya adalah *Aquilaria* dan *Gyrinops* dipercaya sebagai penghasil gaharu yang utama (Compton & Ishihara 2004). Semua spesies dalam genus *Gyrinops* masuk ke dalam Appendix II CITES yang artinya bahwa perdagangan jenis ini dan turunannya dibatasi (CITES 2017). *Gyrinops versteegii* merupakan salah satu spesies penghasil gaharu yang terdapat di Indonesia, khususnya di wilayah Nusa Tenggara Barat, Nusa Tenggara Timur, dan Papua (Roemantyo & Partomiharjo 2010).

Budi daya gaharu diperlukan untuk mengurangi perburuan di alam. Keberhasilan budi daya gaharu dipengaruhi oleh metode inokulasi yang tepat. Berbagai teknik inokulasi telah diujicobakan pada gaharu, baik genus *Aquilaria* maupun *Gyrinops*. Metode inokulasi dibagi ke dalam dua kelompok, yaitu konvensional dan modifikasi. Metode konvensional dilakukan dengan memaku dan melukai batang pohon. Metode ini mudah diaplikasikan oleh masyarakat dengan biaya yang relatif rendah, namun produktivitas gaharu yang dihasilkan masih rendah serta membutuhkan waktu yang lebih lama dibandingkan dengan inokulasi modifikasi (Mohamed *et al.* 2014; Li *et al.* 2015). Metode modifikasi dilakukan dengan menggunakan bahan kimia, mikroorganisme yang sudah diisolasi, dan perlengkapan pembantu. Metode modifikasi dengan bahan kimia menggunakan asam salisilat dan metil jasmonat (Okudera & Ito 2009). Metode modifikasi dengan mikroorganisme menggunakan cendawan *Deuteromycetes*, *Ascomycetes*, *Fusarium solani*, *F. oxysporum*, dan *F. ambrosium* yang sudah diisolasi (Mohamed *et al.* 2014; Nurbaya *et al.* 2014). Metode modifikasi dengan mikroorganisme dilengkapi pula dengan alat pembantu, misalnya bor. Penelitian teknik induksi gaharu dengan *Fusarium solani* dan bor telah dilakukan oleh Faisal *et al.* (2017). Metode modifikasi dipercaya dapat meningkatkan produktivitas gaharu yang dihasilkan dibandingkan dengan metode konvensional. Hal ini juga dilaporkan oleh Liu *et al.* (2013) bahwa inokulasi gaharu menggunakan metode modifikasi *whole-tree agarwood-inducing technique (Agar-Wit)* mampu menghasilkan gaharu dengan kualitas yang lebih baik dibandingkan dengan metode konvensional.

Teknik simpori merupakan salah satu metode inokulasi modifikasi menggunakan *Fusarium solani* dan paku berpori. Metode inokulasi gaharu menggunakan teknik simpori 100% berhasil menginduksi pembentukan gaharu pada titik inokulasi dan menghasilkan rendemen produksi gaharu (produksi gaharu kelas kemedangan) sebesar 3% pada saat 6 bulan setelah inokulasi (Sasmuko & Kurnaidi 2013). Kualitas dan kuantitas gaharu yang dihasilkan dengan teknik simpori ini masih tergolong rendah sehingga memerlukan penelitian lanjutan, salah satunya berkaitan dengan dosis inokulan *F. solani* yang digunakan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dosis inokulan *Fusarium solani* yang diberikan secara

bertahap pada kuantitas dan kualitas gaharu *Gyrinops versteegii* hasil inokulasi dengan teknik simpori.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei–Desember 2017 di Genggelang, Gangga, Lombok Utara, Nusa Tenggara Barat. Ekstraksi kayu gaharu dilakukan di Laboratorium Pengujian Hasil Hutan, Balai Penelitian dan Pengembangan Teknologi Hasil Hutan Bukan Kayu, Mataram (BPPTHHBK). Analisis *Gas Chromatography Mass Spectrometry* (GCMS) dilakukan di Laboratorium Pusat Penelitian Kimia, LIPI, Serpong.

Bahan

Bahan penelitian yang digunakan adalah pohon *G. versteegii*, isolat *Fusarium solani* (kode LT) yang berasal dari Laboratorium Mikrobiologi BPPTHHBK Mataram, dan paku simpori yang dibuat di bengkel teknik Insan Kamil di Bogor. Pohon *G. versteegii* yang digunakan berumur 20 tahun, tinggi rata-rata 7 m, memiliki diameter batang 18–22 cm. Sebanyak 30 pohon *G. versteegii* yang digunakan dalam penelitian ini tumbuh pada satu hamparan dan memiliki kondisi lingkungan yang sama. Isolat *F. solani* yang digunakan ditumbuhkan dalam media cair *Potato Dextrose Broth* (PDB) dan diinkubasi selama 2 minggu di atas *shaker* dengan kecepatan 57 rpm. Paku simpori adalah paku yang berlubang pada bagian kepala dan memiliki pori pada bagian tubuh paku, dibuat berukuran panjang 7 cm dan diameter 0,5 cm.

Rancangan Percobaan Induksi Gaharu

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Perlakuan yang dicobakan adalah dosis inokulan *F. solani* 3 mL/paku simpori (P0), dosis inokulan 9 mL/paku simpori (P1), dan dosis inokulan 6 mL/paku simpori (P2). Pada P1, pemberian inokulan *F. solani* dilakukan secara bertahap pada 0,3 dan 6 bulan sebanyak 3 mL/paku simpori. Sementara itu, pada P2, pemberian inokulan *F. solani* dilakukan secara bertahap pada 0 dan 6 bulan sebanyak 3 mL/paku simpori. Setiap perlakuan diulang 10 kali (10 pohon) sehingga jumlah keseluruhan pohon *G. versteegii* adalah 30.

Metode Inokulasi Teknik Simpori

Teknik inokulasi dilakukan pada semua batang pohon *G. versteegii* (30 pohon, Gambar 1) dengan ketentuan sebagai berikut:

- Pohon *G. versteegii* yang terpilih diberi tanda yang mencakup nomor pohon dan kode perlakuan.
- Desain pola inokulasi dibuat pada pohon yang telah terpilih dan mulai dilakukan pada ketinggian batang 20 cm di atas permukaan tanah. Paku simpori ditancapkan ke dalam batang pohon *G. versteegii* dengan kedalaman 1/3 diameter batang dan polanya mengikuti pola sistem ring, jarak antar-paku secara

vertikal sebesar 30 cm dan jarak horizontal sebesar 1/3 keliling batang. (Gambar 2). Pada satu pohon *G. versteegii* dipasang 36 buah paku simpori sehingga tinggi batang pohon yang diinokulasi mencapai 3,5 m c. Isolat *F. solani* dalam media cair dimasukkan ke dalam masing-masing paku simpori dengan dosis 3 mL/paku simpori menggunakan pipet plastik.

- Pengulangan inokulasi dengan dosis 3 mL/paku simpori setiap 3 dan 6 bulan dilakukan pada pohon yang bertanda P1 dan P2.

Pemanenan Gaharu

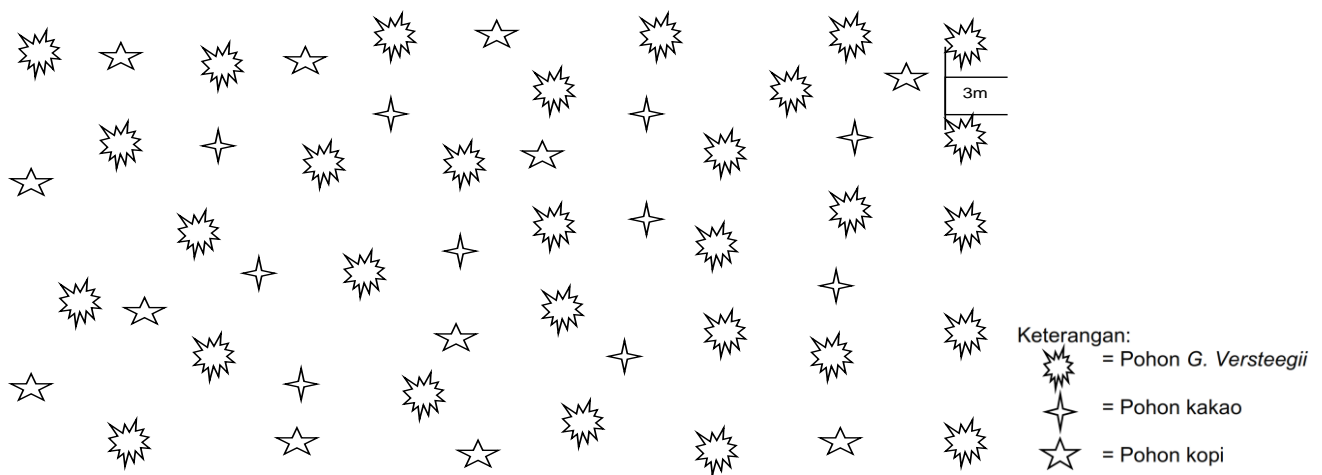
Gaharu pada semua perlakuan dipanen pada saat 7 bulan setelah inokulasi awal. Pada masing-masing perlakuan dipanen 3 pohon gaharu sehingga total pohon yang dipanen adalah 9. Pemanenan dilakukan dengan cara menebang pohon gaharu, memotong

batang pohon menjadi beberapa bagian mengikuti pola penancapan paku simpori, serta mengukir (*carving*) kayu sesuai gaharu yang terbentuk. Pada saat pemanenan, ditimbang pula log batang gaharu tanpa kulit sepanjang 3,5 m (sesuai ketinggian batang yang diinokulasi) dan bobot gaharu hasil ukiran.

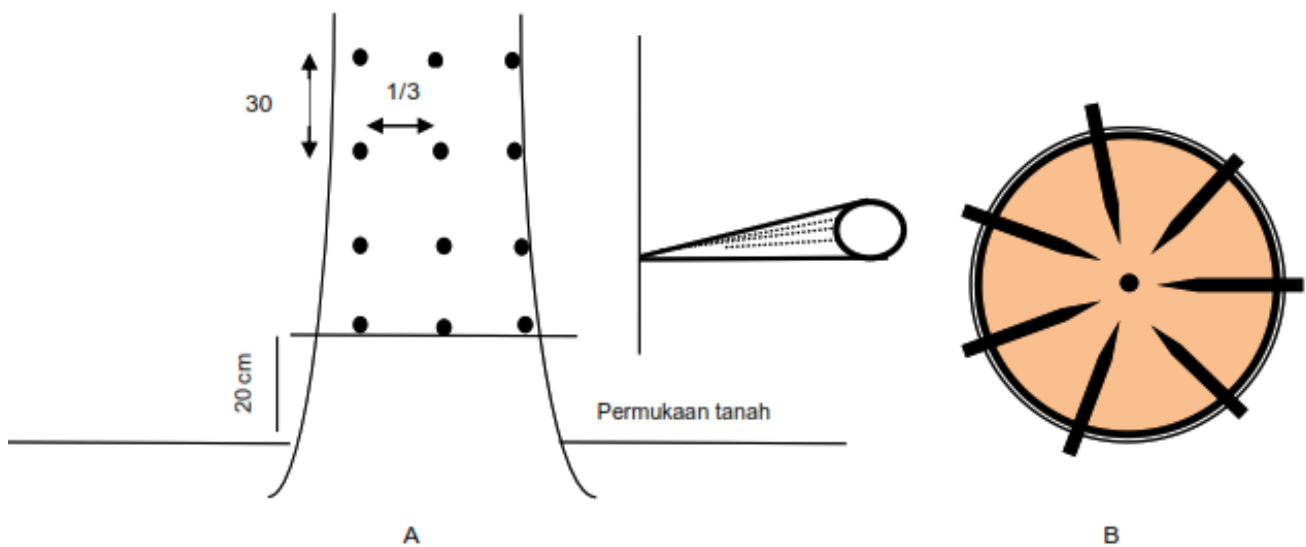
Analisis Kandungan Kimia Gaharu

Gubal gaharu hasil panen dikeringudarkan pada suhu ruangan dan diblender. Serbuk gaharu tersebut selanjutnya diekstraksi menggunakan pelarut *n*-heksana berulang kali hingga ekstrak bening. Ekstrak yang diperoleh kemudian disaring dan dipekatkan menggunakan *rotary vacuum evaporator*.

Ekstrak yang telah dikeringkan selanjutnya dianalisis kandungan kimianya menggunakan GCMS Shimadzu QP 5000 di Pusat Penelitian Kimia, LIPI.



Gambar 1 Denah tata letak pohon *G. versteegii* pada lokasi penelitian dengan pola tanam campuran.



Gambar 2 Penancapan paku simpori pada batang pohon *G. versteegii*. A = pola inokulasi ring dan B = penancapan paku dengan kedalaman 1/3 diameter batang.

Sampel sebanyak 1 µl disuntikkan ke dalam alat GCMS yang dioperasikan menggunakan kolom kaca dengan panjang 2,5 m, diameter 0,25 m, dan ketebalan 0,25 µm, dengan fasa diam CP-Sil 5CB. Gas pembawa yang digunakan ialah helium. Alat GCMS dipanaskan mencapai suhu 40°C ditahan selama 1 menit. Kemudian suhu dinaikkan 10°C/menit hingga mencapai suhu 250°C. Pada saat suhu telah mencapai 250°C ditahan selama 6 menit agar senyawa yang memiliki waktu retensi lebih lama dapat keluar dari kolom. Kromatogram hasil GCMS dan persentase *similarity index* (SI) masing-masing senyawa dianalisis menggunakan *software* NIST MS Search versi 2.0. Data yang selanjutnya digunakan adalah deteksi senyawa dengan persentase SI di atas 90%. Data GC-MS selanjutnya dianalisis dan dibandingkan dengan hasil penelitian lain (Subasinghe & Hettiarachchi 2015; Faisal *et al.* 2017; Nasution *et al.* 2019).

Metode Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan meliputi data dimensi pembentukan gaharu, rendemen produksi gaharu, dan kandungan kimia gaharu semua perlakuan yang dipanen pada saat 7 bulan setelah inokulasi pertama kali. Dimensi pembentukan gaharu meliputi panjang dan kedalaman pembentukan gaharu pada titik inokulasi. Panjang pembentukan gaharu diukur secara vertikal ke arah atas-bawah dari satu titik inokulasi. Kedalaman pembentukan gaharu diukur sepanjang bekas penancapan paku simpori ke arah dalam kayu. Rendemen produksi gaharu dihitung berdasarkan bobot kayu gaharu yang dapat digunakan sebagai bahan baku penyulingan minyak gaharu, yaitu yang masuk ke dalam kelas mutu TG.C-TGA. Perhitungan rendemen produksi dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$R = \frac{\text{output}}{\text{input}} \times 100\%$$

Keterangan:

R = Rendemen gaharu yang dihasilkan (%)

Input = Bobot log gaharu (tanpa kulit) sebelum *carving* (kg)

Output = Bobot gaharu setelah *carving* (kg)

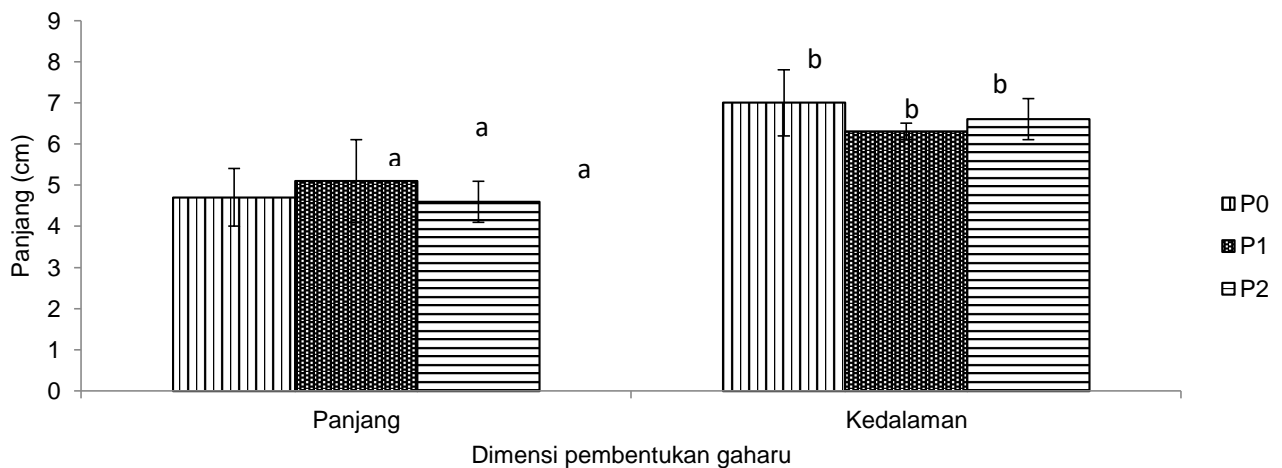
Analisis Data

Data dimensi pembentukan dan rendemen produksi gaharu dianalisis dengan uji ANOVA menggunakan *software* SPSS 15. Data kandungan kimia gaharu dianalisis secara deskriptif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebanyak 9 pohon *G. versteegii* yang telah diinokulasi menggunakan inokulan *F. solani* dengan dosis yang berbeda-beda dan bertahap dipanen pada awal bulan Desember 2017 pada saat 7 bulan setelah inokulasi pertama kali. Pohon *G. versteegii* dengan kode perlakuan P0 memperoleh inokulan total 3 mL/paku simpori. Sementara itu, kode P1 memperoleh inokulan total sebanyak 9 mL/paku simpori yang diberikan secara bertahap pada 0, 3, dan 6 bulan masing-masing sebanyak 3 mL/paku simpori. Pohon dengan kode P2 memperoleh inokulan total 6 mL/paku simpori yang diberikan secara bertahap pada 0 dan 6 bulan masing-masing sebanyak 3 mL/paku simpori. Pada 9 pohon tersebut dilakukan pengukuran dimensi pembentukan, rendemen produksi, dan kandungan kimia gaharu. Dimensi pembentukan gaharu meliputi panjang dan kedalaman pembentukan gaharu pada titik inokulasi. Dimensi pembentukan gaharu *G. versteegii* setelah 7 bulan dari inokulasi awal disajikan pada Gambar 3.

Pada Gambar 3 terlihat bahwa rata-rata panjang pembentukan gaharu paling panjang dihasilkan oleh perlakuan P1, tetapi berdasarkan hasil analisis varian diketahui bahwa panjang pembentukan gaharu tidak



Gambar 3 Dimensi pembentukan gaharu pada semua perlakuan. P0 = dosis inokulan *F. solani* 3 mL/paku simpori, P1 = dosis inokulan *F. solani* 9 mL/paku simpori, dan P2 = dosis inokulan *F. solani* 6 mL/paku simpori. Huruf yang sama pada dimensi panjang atau dimensi kedalaman pembentukan gaharu menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf kepercayaan 95%.

berbeda nyata pada semua perlakuan. Pemberian inokulan *F. solani* dengan dosis 3 mL/paku simpori, 9 mL/paku simpori, dan 6 mL/paku simpori menghasilkan panjang pembentukan gaharu yang tidak berbeda nyata pada saat 7 bulan setelah inokulasi awal.

Rata-rata kedalaman pembentukan gaharu juga tidak berbeda nyata pada semua perlakuan (Gambar 3). Hal ini berhubungan dengan ukuran panjang paku simpori yang digunakan. Panjang paku simpori adalah sama pada semua perlakuan, yaitu 7 cm. Pola distribusi inokulan dengan teknik inokulasi paku simpori ini berada pada sekitar paku simpori dan tidak menyebar ke seluruh jaringan kayu.

Rata-rata rendemen gaharu tidak berbeda nyata pada semua perlakuan (Tabel 1). Rata-rata rendemen gaharu setelah 7 bulan inokulasi adalah sebesar 0,30–0,32%. Hasil ini lebih kecil jika dibandingkan dengan hasil penelitian Sasmuko & Kurnaidi (2013) yang menyatakan bahwa rendemen gaharu hasil inokulasi teknik simpori pada 6 bulan setelah inokulasi mencapai 3%. Teknik, isolat, dan ukuran diameter pohon *G. versteegii* yang digunakan adalah sama, tetapi lokasi berbeda. Hal ini mengindikasikan bahwa teknik simpori memiliki faktor pembatas untuk dapat menghasilkan gaharu dengan kuantitas dan kualitas yang stabil. Faktor pembatas tersebut adalah kondisi lingkungan tempat tumbuh pohon penghasil gaharu (Pasaribu *et al.* 2013; Akter *et al.* 2013). Di samping itu, umur pohon dan variasi genetik juga diduga memberikan peran

Tabel 1 Rata-rata rendemen gaharu pada semua perlakuan

Perlakuan	Rata-rata rendemen gaharu (%)
Dosis inokulan <i>F. solani</i> 3 mL/paku (P0)	0,30 ± 0,04 ^a
Dosis inokulan <i>F. solani</i> 9 mL/paku (P1)	0,32 ± 0,06 ^a
Dosis inokulan <i>F. solani</i> 6 mL/paku (P2)	0,32 ± 0,03 ^a

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf kepercayaan 95%.

yang penting dalam pembentukan gaharu (Akter *et al.* 2013).

Gaharu hasil inokulasi teknik simpori dengan dosis inokulan *F. solani* sebanyak 3 mL, 9, dan 6 mL/paku simpori memiliki kualitas yang sama, yaitu kemedangan TG.C pada saat 7 bulan setelah inokulasi awal. Kualitas tersebut dilihat dari warna, bobot, dan aroma berdasarkan SNI 7631-2011 (BSN 2011). Kayu gaharu pada semua perlakuan memiliki warna cokelat bergaris putih lebar, terapung, dan aroma wangi jika dibakar (Gambar 4).

Kualitas gaharu hasil inokulasi juga dilihat dari kandungan kimianya melalui analisis GCMS. Senyawa-senyawa kimia yang terdeteksi dengan GCMS disajikan pada Tabel 2. Kandungan senyawa tertinggi pada P0 adalah *n-hexadecanoic acid* (9,21%), diikuti oleh *2,6,6-trimethylcyclohexa-1,4-dienecarbaldehyde* (8,69%) dan *alloaromadendrene* (7,23%). Sementara itu, senyawa kimia terbesar pada P1 secara berturut-turut adalah *n-hexadecanoic acid* (15,33%), *oleic acid* (11,22%), dan *squalene* (6,20%). Adapun kandungan senyawa terbesar pada P2 tidak jauh berbeda dari P1, yaitu *n-hexadecanoic acid* (22,14%), *oleic acid* (13,87%), *valerenol* (6,63%), dan *6-methoxy-2-phenethyl-4H-chromen-4-one* (6,37%).

n-Hexadecanoic acid merupakan senyawa dengan kandungan terbesar pada setiap perlakuan. Hal serupa juga dilaporkan oleh Subasinghe & Hettiarachchi (2015) bahwa asam lemak bebas *hexadecanoic acid* merupakan satu-satunya senyawa yang terdeteksi pada semua sampel yang digunakan. Dominasi senyawa asam lemak juga biasa ditemukan pada hewan dan tanaman oleh Khalil *et al.* (2013).

Beberapa asam lemak yang lain pun turut terdeteksi, seperti *oleic acid*, *docosanoic acid*, *octadecanoic acid*, *tetracosanoic acid*, dan turunannya. *Oleic acid* juga telah dilaporkan terdapat pada *G. Versteegii*, khususnya setelah perlakuan inokulasi baik pada bibit ataupun pohon penghasil gaharu (Nasution *et al.* 2019). Selain itu, *oleic acid* juga merupakan asam lemak yang terdeteksi baik pada pohon sehat ataupun



Gambar 4 Penampakan gaharu pada saat 7 bulan setelah inokulasi. P0 = dosis inokulan *F. solani* 3 mL/paku simpori, P1 = dosis inokulan *F. solani* 9 mL/paku simpori, dan P2 = dosis inokulan *F. solani* 6 mL/paku simpori.

Tabel 2 Kandungan senyawa kimia gaharu pada semua perlakuan

Komponen senyawa	Luas area (%)		
	P0	P1	P2
2-Butanone, 4-phenyl-Naphthalene, 1,2,3,5,6,7,8,8a-octahydro-1,8a-dimethyl-7-(1-methylethenyl)-, [1R-(1.alpha.,7.beta.,8a.alpha.)]-	0,15		
1H-Cyclopropa[a]naphthalene, 1a,2,3,3a,4,5,6,7b-octahydro-1,1,3a,7-tetramethyl-, [1aR-(1a.alpha.,3a.alpha.,7b.alpha.)]-	0,27		
1H-Indene, 1-ethylideneoctahydro-7a-methyl-, (1Z,3a.alpha.,7a.beta.)-Valerenol	1,50		1,31
1H-Indene, 1-ethylideneoctahydro-7a-methyl-, (1E,3a.alpha.,7a.beta.)-Hexadecanoic acid, methyl ester	1,50	4,32	6,63
n-Hexadecanoic acid	2,05	1,96	
2,6,6-Trimethylcyclohexa-1,4-dienecarbaldehyde	4,89	4,12	
(3S,4R,5R,6R)-4,5-Bis(hydroxymethyl)-3,6-dimethylcyclohexene	9,21	15,33	22,14
9-Octadecenoic acid, methyl ester, (E)-Methyl stearate	8,69		
Alloaromadendrene	4,61		
2-Phenethyl-4H-chromen-4-one	2,94		
Docosanoic acid, methyl ester	1,18	0,85	
Docosanoic acid	7,23		1,92
6-Methoxy-2-phenethyl-4H-chromen-4-one	2,55	4,96	
Acetic acid, 2-[2-hydroxy(phenyl)methyl-1-benzimidazolyl]-, methyl ester	1,32	0,60	
Tetracosanoic acid, methyl ester	0,80	1,13	1,63-
Tetracosanoic acid	2,10	2,32	6,37
Squalene	1,00		
6,7-Dimethoxy-2-phenethyl-4H-chromen-4-one	1,58	1,39	
Hexacosanoic acid, methyl ester	0,32	1,43	4,04
Palmitic Acid, TMS derivative	2,53	6,20	5,31
9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester	1,31	1,61	2,58
Oleic Acid	0,50	1,00	
Octadecanoic acid		4,06	
Di-sec-butyl phthalate		3,03	
Bis(2-ethylhexyl) phthalate		11,22	13,87
Stigmast-4-en-3-one		1,73	1,40
			1,95
			0,33
			3,05

pada pohon terinfeksi (Faisal *et al.* 2017). Senyawa-senyawa asam lemak tersebut jumlahnya meningkat seiring dengan peningkatan lama waktu pengulangan inokulasi. Tingginya persentase asam lemak pada ekstrak gaharu dapat disebabkan oleh penggunaan pelarut nonpolar yang lebih banyak menganalisis kandungan nonpolar seperti asam lemak (Machan *et al.* 2007; Nlekerem *et al.* 2016).

Nasution *et al.* (2019) melaporkan kandungan senyawa aromatik guaiacol pada *G. Versteegii*, baik pada bibit ataupun pada pohon penghasil gaharu. Akan tetapi, pada penelitian ini, tidak terdeteksi kandungan guaiacol. Hal tersebut dapat dipertimbangkan karena pelarut yang digunakan adalah pelarut *n*-heksana yang melarutkan senyawa-senyawa nonpolar. Guaiacol merupakan senyawa aromatik yang memiliki kepolaran lebih tinggi dibandingkan dengan asam lemak dan biasa digunakan pada industri parfum (Nasution *et al.* 2019).

Berdasarkan beberapa literatur, senyawa-senyawa yang menyebabkan aroma pada gaharu adalah golongan *sesquiterpenes* dan *phenylethyl chromone derivatives* (Ishihara *et al.* 1993; Yagura *et al.* 2003; Chen *et al.* 2012). Hasil penelitian menunjukkan kandungan *sesquiterpenes* pada masing-masing perlakuan untuk P0, P1, dan P2 secara berturut-turut adalah 9,00; 4,32; dan 8,55%. Adapun kandungan *phenylethyl*

chromone derivatives adalah sebanyak 5,96; 8,89; dan 8,95% secara berturut-turut untuk P0, P1, dan P2. Dengan demikian, jika kedua kelompok senyawa tersebut ditambahkan, P2 memiliki jumlah senyawa penyebab aroma gaharu yang lebih besar, yaitu 17,5%.

Sesquiterpenes yang terkandung pada P1 dan P2 adalah valerenol yang jumlahnya semakin meningkat dengan peningkatan jeda waktu pengulangan inokulasi. Valerenol juga ditemukan pada *G. walla* yang tumbuh di Sri Lanka (Subasinghe & Hettiarachchi 2015). Selain valerenol, terdapat pula kandungan *alloaromadendren*. Begitupun dengan *phenylethyl chromone derivatives* yang terbentuk, semakin lama jeda waktu pengulangan inokulasi, kandungan senyawa akan semakin besar. Dengan demikian, perlakuan pemberian dosis inokulan *F. solani* sebanyak 6 ml/paku dengan pemberian bertahap pada 0 dan 6 bulan @3 mL/paku memberikan efek yang baik pada kandungan *sesquiterpenes* dan *phenylethyl chromone derivatives*.

KESIMPULAN

Perlakuan yang diujicobakan ialah dosis inokulan *F. solani* 3 mL/paku simpori (P0), 9 mL/paku simpori (P1), dan 6 mL/paku simpori (P2) yang menghasilkan

dimensi pembentukan dan rendemen gaharu yang tidak berbeda nyata pada saat 7 bulan setelah inokulasi awal. Panjang pembentukan gaharu tertinggi dicapai oleh perlakuan P1, yaitu mencapai 5,1 cm. Kedalaman pembentukan gaharu tertinggi dihasilkan oleh perlakuan P0, yaitu sebesar 7 cm. Rendemen produksi gaharu tertinggi mencapai 0,032% dihasilkan oleh perlakuan P1 dan P2. Kualitas gaharu secara visual pada semua perlakuan adalah sama, yaitu kemedangan TG.C. Kandungan *sesquiterpenes* dan *chromone derivatives* tertinggi dihasilkan oleh perlakuan P2 dengan total sebesar 17,5%. Senyawa *sesquiterpen* yang dominan pada hasil penelitian adalah *valerenol*, sedangkan senyawa *phenylethyl chromone derivatives* yang dominan adalah *6-methoxy-2-phenethyl-4H-chromen-4-one*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibiayai oleh Balai Penelitian dan Pengembangan Teknologi Hasil Hutan Bukan Kayu melalui DIPA BPPTHHBK pada tahun 2017. Terima kasih kepada teknisi litkayasa Mansyur dan Ramdiawan atas bantuan pengambilan data di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Akter S, Islam MT, Zulkefeli M, Khan SI. 2013. Agarwood production-a multidisciplinary field to be explored in Bangladesh. *International Journal of Pharmaceutical and Life Sciences*. 2: 22–32. <https://doi.org/10.3329/ijpls.v2i1.15132>
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. 2011. SNI Gaharu 7631-2011.
- Chen H, Wei J, Yang J, Zhang Z, Yang Y, Gao Z, Sui C, Gong B. 2012. Chemical constituents of agarwood originating from the endemic genus *Aquilaria* plants. *Chemical Biodiversity*. 9: 236–250. <https://doi.org/10.1002/cbdv.201100077>
- CITES. Appendix II of convention on international trade in endangered species of wild fauna and flora. [internet]. [diunduh pada 2017 Oktober] Tersedia pada: <https://www.cites.org/eng/app/appendices.php>
- Compton J, Ishihara A. 2004. *The use and trade of agarwood in Japan. A TRAFFIC report to the CITES Secretariat* (Vol. 6). [internet]. [diunduh pada 2017 Agustus 14] Tersedia pada: Retrieved from <http://144.76.93.178/sites/default/files/common/com/pc/15/X-PC15-06-Inf.pdf>
- Faisal A, Esyanti RR, Aulianisa EN, Iriawati, Santoso E, Turjaman M. 2017. Formation of agarwood from *Aquilaria malaccensis* in response to inoculation of local strain of *Fusarium solani*. *Trees*. 31:189–197. <https://doi.org/10.1007/s00468-016-1471-9>
- Ishihara M, Tsuneya T, Uneyama K. 1993. Fragrant Sesquiterpenes from Agarwood. *Phytochemistry*. 33(5): 147–1155. [https://doi.org/10.1016/0031-9422\(93\)85039-T](https://doi.org/10.1016/0031-9422(93)85039-T)
- Kakino M, Tazawa S, Maruyama H, Tsuruma K, Araki Y, Shimazawa M, Hara H. 2010. Laxative effects of agarwood on low-fiber diet-induced constipation in rats. *BMC Complementary and Alternative Medicine*. 10: 68–75. <https://doi.org/10.1186/1472-6882-10-68>
- Khalil AS, Rahim AA, Taha KK, Abdallah KB. 2013. Characterization of Methanolic Extracts of Agarwood Leaves. *Journal of Applied and Industrial Sciences*. 1(3): 78–88.
- Li W, Cai CH, Guo ZK, Wang H, Zuo WJ, Dong WH, Mei WL, Dai HF. 2015. Five new eudesmane-type sesquiterpenoids from Chinese agarwood induced by artificial holing. *Fitoterapia*. 100: 44–49. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2014.11.010>
- Liu Y, Chen H, Yang Y, Zhang Z, Wei J, Meng H, Chen W, Feng J, Gan B, Chen X, Gao Z, Huang J, Chen B, Chen H. 2013. Whole-tree agarwood-inducing technique: an efficient novel technique for producing high-quality agarwood in cultivated *Aquilaria sinensis* trees. *Molecules*. 18(3): 3086–3106. <https://doi.org/10.3390/molecules18033086>
- Machan T, Korth J, Liawruangrath B, Baramée A, Pyne SG. 2007. Free fatty acids from the crude hexane extract of the aerial parts of *Heliotropium indicum* Linn. Growing in Phitsanulok, Thailand. *ACGC Chemical Research Communication*. 21: 9–12. <https://doi.org/10.1002/ffj.1577>
- Mohamed R, Lee JP, Kudus KA. 2014. Fungal inoculation induced agarwood in young *Aquilaria malaccensis* trees in the nursery. *Journal of Forestry Research*. 25(1): 201–204. <https://doi.org/10.1007/s11676-013-0395-0>
- Nasution AA, Siregar UJ, Miftahudin, Turjaman M. 2019. Identification of chemical compounds in agarwood-producing species *Aquilaria malaccensis* and *Gyrinops versteegii*. *Journal of Forest Research*. <https://doi.org/10.1007/s11676-018-00875-9>
- Nlekerem CM, Rachael OO, Oladipo GO, Ibukun EO. 2016. GC-MS Analyses of N-Hexane Extract and Fatty Acids Content in *Clerodendrum splendens* (Glory Flower) Leaf. *Journal of Natural Sciences Research*. 6(11): 61–64.
- Nurbaya, Kuswinanti T, Rosmana A, Baharuddin, Millang S. 2014. Growth rate and identification of *Fusarium* sp associated with *Aquilaria* sp from Nunukan regency, North Kalimantan. *International*

- Journal Current Research and Academic Review*. 2(11): 33–40.
- Okudera Y, Ito M. 2009. Production of agarwood fragrant constituents in *Aquilaria calli* and cell suspension cultures. *Plant Biotechnology*. 26(3): 307–315. <https://doi.org/10.5511/plantbiotechnology.26.307>
- Pasaribu G, Waluyo TK, Pari G. 2013. Analisis Komponen Kimia Beberapa Kualitas Gaharu dengan Kromatografi Gas Spektrometri Massa. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. 31(3): 181–185. <https://doi.org/10.20886/jphh.2013.31.3.181-185>
- Roemantyo, Partomihardjo T. 2010. Analisis prediksi sebaran alami gaharu marga *Aquilaria* dan *Gyrinops* di Indonesia. *Berita Biologi*. 10(2): 189–198.
- Sasmuko SA, Kurnaidi. 2013. Teknik Inokulasi Gaharu dengan Simpori di NTB. [Laporan Hasil Penelitian]. Mataram (ID): Balai Penelitian Teknologi HHBK.
- Subasinghe SMCUP, Hettiarachchi DS. 2015. Characterisation of agarwood type resin of *Gyrinops walla* Gaertn growing in selected population in Sri Lanka. *Industrial Crops and Products*. 69: 76–79. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.01.060>
- Yagura T, Ito M, Kiuchi F, Honda G. 2003. Four new 2-(2-phenylethyl)chromone derivatives from withered wood of *Aquilaria sinensis*. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*. 51(5): 560–564. <https://doi.org/10.1248/cpb.51.560>
- Zhang Z, Wei J, Han X, Liang L, Yang Y, Meng H, Xu Y, Gao Z. 2014. The sesquiterpene biosynthesis and vessel-occlusion formation in stems of *Aquilaria sinensis* (Lour.) Gilg trees induced by wounding treatments without variation of microbial communities. *International Journal of Molecular Sciences*. 15(12): 23589–23603. <https://doi.org/10.3390/ijms151223589>