JURNAL Penelitian Hasil Hutan Vol. 32 No. 4, Desember 2014: 329-340
ISSN: 0216-4329 Terakreditasi
No.: 443/AU2/P2MI-LIPI/08/2012

PENGGUNAAN STIMULAN DALAM PENYADAPAN PINUS*)
(The Use of Stimulants on The Pine Tapping)

Sukadaryati[1], Gunawan Santosa[2], Gustan Pari[3]
Dodik Ridho Nurrochmat[2] &Hardjanto[2]

[1]Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor
Jalan Raya Dramaga, Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680, Indonesia
[2]Departemen Manajemen Hutan, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor
Jalan Lingkar Akademik, Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680, Indonesia
[3]Pulitbang Keteknikan Kehutanan dan Pengolahan Hasil Hutan
Jalan Gunung Batu No 5, Bogor 16610, Indonesia

Diterima 2 Mei 2014, Disetujui 15 Desember 2014

ABSTRACT

For the formulation of policy strategies on the use of environmentally friendly stimulant in the production of pine resin, the study of innovation stimulant is a necessity. This study aimed to identify the use of stimulants made from a strong acid (inorganic), ETRAT and wood vinegar on pine tapping.Research results revealed that the use of stimulants could increase resin flux and extend. Inorganic stimulant produced resin more than ETRAT and wood vinegar per collection in area with elevation above 500 ASL and below 500 ASL. The use of inorganic stimulant, however, caused the change of wood colour that will be dark brown to reddish even that going into as far as to the pith of wood. Meanwhile, the use of organic stimulant doesn't cause the change of colour in wood significantly.Therefore the use of stimulants on tapping pine needs to consider the negative effects of trees's health, workers and the environment.The economic aspect that should be persued to achieve the financial target, is not the main factor only but the ecological and sosial aspects to achieve a yield sustainability and tree producing are requared.

Keywords: Inorganic stimulant, ETRAT, wood vinegar, tapping pine, sustainability

ABSTRAK

Dalam rangka perumusan strategi kebijakan penggunaan stimulan ramah lingkungan dalam produksi getah pinus maka studi tentang inovasi pemanfaatan stimulan adalah suatu keniscayaan. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi penggunaan stimulan berbahan dasar H_2SO_4, cuka kayu dan ETRAT pada penyadapan pinus. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan stimulan dapat meningkatkan aliran getah dan memperpanjang periode aliran getah sehingga getah yang diperoleh per pengunduhan lebih banyak. Penggunaan stimulan H_2SO_4 dapat meningkatkan produksi getah per pengunduhan lebih banyak dibandingkan ETRAT dan cuka kayu, baik pada penggunaan di areal dengan ketinggian di atas 500 m dpl maupun di bawah 500 m dpl. Penggunaan stimulan H_2SO_4menyebabkan kayu berubah warna menjadi coklat tua hingga kemerahan bahkan perubahan warna tersebut sampai masuk ke dalam kayu sejauh ¾ bagian ke arah sumbu kayu. Di sisi lain penggunaan stimulan organik tidak menyebabkan perubahan warna kayu yang berarti. Oleh karena itu penggunaan jenis stimulan dalam penyadapan pinus perlu mempertimbangkan efek negatif yang ditimbulkan, baik terhadap kesehatan pohon, pekerja maupun lingkungan. Aspek ekonomi bukan satu-satunya faktor utama yang harus terus dikejar untuk mencapai target finansial namun perlu mempetimbangkan aspek ekologi dan sosial untuk mencapai sustainabilitas hasil dan pohon penghasilnya.

Kata kunci: Stimulan H_2SO_4, ETRAT, cuka kayu, penyadapan pinus, sustainabilitas

*) Naskah judul tersebut di atas merupakan bagian dari disertasi Program Doktor (S-3) pada Fakultas Kehutanan IPB

I. PENDAHULUAN

Getah pinus digolongkan sebagai oleoresin yaitu cairan asam resin dalam terpentin yang akan ke luar bila pohon pinus dilukai. Pengambilan getah pinus dilakukan dengan melukai kayu gubal agar saluran getah terbuka. Pelukaan pada kayu akan menyebabkan getah mengalir, ke luar karena di dalam kayu saluran getah pinus mempunyai tekanan yang tinggi yaitu 70 atm (Soepardi, 1955). Getah pinus larut dalam *alcohol, benzene, ether* dan beberapa pelarut organik, tetapi tidak larut dalam air (Sutjipto, 1977). Menurut Kramer dan Kozlowsky (1960), getah pinus tersusun atas 66% asam resin, 25% terpentin, 7% bahan netral yang tidak mudah menguap dan 2% air. Getah pinus diolah menjadi produk gondorukem dan terpentin yang dimanfaatkan untuk produk *non foodgrade* (tidak berhubungan langsung dengan manusia) yaitu untuk industri batik, sabun, plastik, tinta cetak, bahan pelitur; dan untuk produk *foodgrade* (berhubungan langsung dengan manusia) yaitu untuk bahan baku parfum, desinfektan, tambal gigi, pengawet makanan (Duta Rimba 2010, Duta Rimba 2012a, Duta Rimba 2012b, Kasmudjo 1982, Kasmudjo 1992, Kasmudjo 2011).

Seiring permintaan produksi getah yang meningkat, upaya peningkatan produksi getah secara teknis di lapangan dilakukan dengan penggunaan stimulan dalam kegiatan penyadapan pinus. Stimulan merupakan bahan yang bersifat asam yang dapat menghasilkan suatu reaksi, keadaan, ataupun proses yang bersifat rangsangan sehingga stimulan dikenal juga sebagai zat perangsang. Pada penyadapan pinus, penambahan substansi asam dimaksudkan untuk mengurangi pembekuan atau pengeringan getah yang keluar akibat perlukaan batang (Rodrigues *at al.* (2007); Rodrigues dan Neto (2009); Rodrigues *at al.* (2011); Sharma *et al.* (2013)).

Penggunaan stimulan dalam penyadapan pinus pada awalnya menggunakan bahan dasar asam sulfat (H_2SO_4) dengan konsentrasi 40% atau 60% (Sutjipto, 1975) dan hingga sekarang stimulan berbahan dasar asam sulfat masih digunakan di wilayah Perum Perhutani namun dalam konsentrasi yang lebih rendah. Getah pinus yang dihasilkan dari penggunaan stimulan berbahan dasar H_2SO_4 (20%-24%) : HNO_3 (0-1%) : HCl (0,5-1%) dapat menaikkan hasil produksi getah sebesar 56-111% (Perum Perhutani, 2010). Penggunaan stimulan berbahan dasar asam kuat dapat meningkatkan produksi getah pinus per pengunduhan.

Di sisi lain, penggunaan asam kuat seperti H_2SO_4 termasuk oksidator kuat sehingga dapat merusak kulit manusia, kayu dan lingkungan (LIPI, 2004). Dengan kata lain penggunaan stimulan berbahan dasar asam kuat dapat menimbulkan efek negatif bagi penyadap, pohon yang disadap dan lingkungannya. Berdasarkan hal tersebut, stimulan yang aman dan ramah lingkungan mulai dikembangkan. Stimulan bermerk dagang ETRAT dengan bahan dasar zat etilen (C_2H_4) sudah digunakan dalam penyadapan pinus di beberapa areal Perum Perhutani. Menurut Moore (1979), Wattimena (1988) dan Dewi (2008), zat etilen dapat dimanfaatkan untuk merangsang eksudasi getah. Lebih lanjut Santosa (2011) menyatakan bahwa pembentukan getah di dalam tanaman dapat ditingkatkan dengan cara mengaktifkan etilen di dalam tanaman (*ethylen endogen)* dan pembuatan luka sadapan. ETRAT yang terdiri dari komposisi etilen dan asam sitrat berfungsi untuk meningkatkan kapasitas produksi getah dan memperlancar keluarnya getah.

Cuka kayu merupakan asam cair yang diperoleh dari limbah bahan berlignoselulosa yang mengalami karbonisasi sehingga asap yang ke luar berubah bentuk menjadi cair setelah mengalami proses kondensasi atau pendinginan. Tiga komponen cuka kayu berupa asam asetat, fenol dan alkohol, komponen utamanya berupa asam asetat (Ch_3COOH) sebanyak kurang lebih 50%. Asam asetat termasuk dalam kelompok asam lemah. Asam asetat merupakan senyawa yang biasa digunakan sebagai bahan pengawet makanan (menghambat pertumbuhan mikroorganisme yang mungkin berkembang dalam makanan) dan bekerja sebagai pelarut lipid sehingga dapat merusak membran sel. Alkohol merupakan senyawa yang berfungsi sebagai denaturasi protein dan pelarut lipid sehingga dapat merusak membran sel, sedangkan fenol adalah senyawa yang berfungsi sebagai desinfektan, denaturasi protein dan dapat menghambat aktivitas enzim (Darmadji (2009); Pari dan Nurhayati (2009); Wijaya (2010)). Berdasarkan hal tersebut, cuka kayu sebagai bahan stimulan mempunyai peluang untuk dikembangkan. Kelebihan stimulan cuka kayu adalah mudah

dibuat/diproduksi, murah, aman digunakan, ramah lingkungan dan mempunyai nilai tambah karena memanfaatkan limbah. Pada penelitian ini cuka kayu yang digunakan berasal dari limbah pohon pinus seperti bagian ranting, dahan, sisa batang yang tumbang, dan lain-lainnya yang merupakan sisa-sisa tebangan penjarangan ataupun tebangan karena pohon roboh.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik penggunaan stimulan berbahan dasar H_2SO_4, ETRAT dan cuka kayu pada penyadapan pinus sehubungan dengan peningkatan produksi getah pinus.

II. BAHAN DAN METODE

A. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian penggunaan stimulan dalam penyadapan pinus dilakukan di areal Pehutani Unit I Jawa Tengah, yaitu di KPH Banyumas Barat, BKPH Majenang, RPH Cimanggu (petak 28L, dengan ketinggian kurang dari 500 m dpl) dan RPH Majengan (6F, dengan ketinggian lebih dari 500 m dpl). Penelitian dilakukan pada bulan Oktober hingga Desember 2013.

B. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan berupa pohon pinus (*Pinus merkusii* Jung. et de Vriese) strain Aceh (merupakan sadap lanjut dan termasuk dalam KU III), aquades, cuka kayu, H_2SO_4 dan ETRAT. Stimulan berbahan dasar H_2SO_4 dan ETRAT diperoleh dari lokasi penelitian. Komposisi stimulan berbahan dasar H_2SO_4 dan ETRAT yang digunakan sesuai dengan komposisi yang biasa digunakan di areal uji coba, sedang komposisi stimulan cuka kayu yang digunakan dibuat dengan perbandingan 1:1 (cuka kayu:minyak goreng). Alat yang digunakan berupa alat sadap (kedukul), sprayer, paku, palu, gelas plastik untuk menampung getah, plastik, alat ukur diameter pohon dan alat tulis menulis.

C. Metode

1. Keadaan umum lokasi penelitian

Penelitian dilakukan pada tegakan pinus yang tumbuh di petak 28L dan petak 6F. Tegakan pinus di petak 28L ditanam pada tahun 1999 pada ketinggian tempat kurang lebih 300 m dpl, dengan luas areal 12 ha dan jumlah pohon sebanyak 4.282 pohon. Keliling batang pinus berkisar antara 42-90 cm dan sudah disadap 2-3 koakan dalam satu batang tanpa diberi stimulan. Petak 28L terletak di desa Cilempuyang, kecamatan Cimanggu, Kabupaten Cilacap.

Kondisi tegakan pinus di petak 6F ditanam pada tahun 1999 pada ketinggian tempat kurang lebih 700 m dpl, dengan luas areal 38,9 ha dan jumlah pohon sekitar 17.559 pohon. Kisaran keliling batang pinus antara 50-102 cm dan sudah disadap antara 3-4 koakan per batang dengan diberi stimulan berbahan dasar H_2SO_4. Petak 6F terletak di desa Pangadegan, Kecamatan Majenang, Kabupaten Cilacap.

Pohon pinus yang dipilih sebagai pohon sampel tidak tumbuh di tepi areal/*border*, tetapi yang tumbuh di baris kedua dan seterusnya. Pemilihan pohon pinus sebagai pohon sampel bertujuan untuk mendapatkan pohon sampel yang dapat mewakili tegakan pinus dalam satu areal.

2. Getah pinus

Getah pinus diperoleh dari kegiatan penyadapan pinus dengan menggunakan alat kedukul, sesuai kebiasaan penyadap setempat. Cara penyadapan dilakukan sebagai berikut:

a. Batang pohon dilukai dengan alat kedukul dengan ukuran perlukaan lebar ± 6 cm, tinggi koakan ± 15 cm dan tebal ± 3 mm atau sampai menyentuh kayu bagian dalam (Kayu Gubal).
b. Perlukaan batang pinus dibuat sedemikian rupa sehingga luka sadap dapat terkena langsung sinar matahari.
c. Pemberian stimulan sesuai perlakuan pada bidang sadap sebanyak ± 1 cc.
d. Dilakukan pembaharuan perlukaan dan pengulangan pemberian stimulan setiap 3 hari sekali sampai pengunduhan getah dilakukan.
e. Getah yang ke luar dialirkan lewat talang kecil dan ditampung di gelas plastik yang tertutup bagian atasnya untuk mengurangi kotoran dan air yang masuk bercampur dengan getah.
f. Penimbangan getah dilakukan diakhir pengunduhan hasil getah (12 hari = 1 periode). Dalam penelitian ini dilakukan penimbangan sebanyak 4 periode pengunduhan, selama bulan Oktober sampai dengan Desember. Satu peride pengunduhan membutuhkan waktu

selama 12 hari sehingga untuk 4 periode pengunduhan dibutuhkan total waktu selama 48 hari.

3. Warna kayu

Dalam penelitian ini dilakukan pengamatan visual pengaruh penggunaan stimulan berbahan dasar H_2SO_4 dan ETRAT terhadap warna kayu pinus. Sampel anatomi kayu pinus yang digunakan dalam penelitian ini sudah terpapar stimulan H_2SO_4 selama ± 14 tahun. Sampel batang pinus pasca sadap yang terpapar stimulan H_2SO_4 diambil daripetak 33 di wilayah RPH Bendungan, BKPH Trenggalek. Sampel pohon pinus tersebut ditanam tahun 1972 dan mulai disadap pada tahun 1984 tanpa stimulan, pada tahun 1999 menggunakan stimulan H_2SO_4 hingga pohon tersebut tumbang terterpa angin (tahun 2012). Sampel pohon pinus yang terpapar stimulan ETRAT diperoleh dari petak 132b di wilayah RPH Kampak Utara, BKPH Kampak dan tahun tanam 1988. Sampel pohon pinus tersebut mulai disadap tahun 1999 tanpa stimulan dan menggunakan stimulan ETRAT tahun 2010 hingga pohon tersebut ditebang tahun 2013. Dengan demikian sampel anatomi kayu pinus yang digunakan sudah terpapar stimulan ETRAT selama ± 3 tahun.

D. Analisis Data

Data hasil getah pinus berdasarkan perlakuan pemberian stimulan dan ketinggian tempat dianalisa dengan menggunakan rancangan acak berblok berpola faktorial. Faktor perlakuan berupa jenis stimulan dan ketinggian tempat. Jenis stimulan terdiri dari 4 taraf, yaitu stimulan berbahan dasar cuka kayu, H_2SO_4, ETRAT dan kontrol (tanpa stimulan). Faktor ketinggian tempat uji coba terdiri dari dua tempat, yaitu ketinggian di bawah 500 mdpl (T1) dan ketinggian di atas 500 mdpl (T2). Periode pengambilan getah digunakan sebagai blok (kelompok). Masing-masing perlakuan dilakukan ulangan sebanyak 10 kali, sehingga diperlukan jumlah sampel sebanyak 4 x 2 x 10 = 80 pohon. Data yang diperoleh kemudian dianalisis sidik ragamnya. Jika hasilnya menunjukkan signifikansi pada taraf α = 0,05, maka dilakukan uji lanjut dengan menggunakan uji LSD untuk mengetahui pengaruh masing-masing perlakuan (Steel dan Torrie, 1991).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Getah Pinus

Getah hasil sadapan pinus yang diperoleh setelah diberi perlakuan jenis stimulan pada kedua ketinggian tempat yang berbeda disajikan pada Tabel 1. Berdasarkan Tabel 1 menunjukkan bahwa variasi getah pinus yang diperoleh dipengaruhi oleh perlakuan pemberian stimulan dan ketinggian tempat pada masing-masing periode pengunduhan getah. Pada setiap periode pengunduhan, getah pinus yang dihasilkan oleh masing-masing jenis stimulan cenderung meningkat jika dibandingkan dengan kontrol. Berdasarkan ke empat periode pengambilan getah (Tabel 1), rata-rata getah pinus yang dihasilkan stimulan cuka kayu, H_2SO_4 dan ETRAT pada ketinggian di bawah 500 mdpl (T1) berkisar antara 43,95-96,15 g/quare/pengunduhan sedangkan kontrol menghasilkan getah pinus sebesar 32,15 g/quare/pengunduhan atau dapat meningkatkan produksi getah sebesar 36,70%-199,07% per pengunduhan. Peningkatan produksi getah per pengunduhan paling besar dihasilkan jika menggunakan stimulansi H_2SO_4, kemudian ETRAT dan cuka kayu masing-masing sebesar 199,07%; 101,01% dan 36,70% per pengunduhan. Demikian juga dengan produksi getah pinus yang diperoleh pada ketinggian di atas 500 mdpl, dimana kisaran produksi getah yang diperoleh karena pemberian stimulan berkisar antara 55,10-120,7 gram/quare/pengunduhan atau dapat meningkatkan produksi getah per pengunduhan sebesar 49,32%-227,10% terhadap kontrol. Penggunaan stimulan H_2SO_4 pada penyadapan pinus di areal dengan ketinggian di atas 500 mdpl meningkatkan produksi getah pinus paling tinggi per pengunduhan yaitu sebesar 227,10% sedangkan peningkatan produksi getah pinus per pengunduhan menggunakan stimulan cuka kayu dan ETRAT masing-masing sebesar 49,32% dan 58,13%.

Hasil getah yang diperoleh pada masing-masing perlakuan sesuai Tabel 1 kemudian dianalisis untuk mengetahui sejauh mana pengaruh perlakuan jenis stimulan dan ketinggian tempat maupun interaksinya terhadap getah pinus yang dihasilkan. Hasil analisis varian pengaruh masing-masing perlakuan terhadap produksi getah yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Getah pinus yang dihasilkan dari perlakuan stimulan, ketinggian tempat dan periode pengunduhan (g/quare/pengunduhan)

Table 1. The yield of pine resinbased on stimulants treatment, elevation of area and period of collection (g/quare/collection)

Tinggi tempat (*elevation*)	Periode pengunduhan (*period of collection*)	Stimulan (*Stimulants treatment*)			Kontrol (*control*)
		Cuka kayu (*wood vinegar*)	H_2SO_4	ETRAT	
T1	I	34,7	121,6	71,4	44,5
	II	85,8	131	109,6	45,7
	III	29,8	45,6	42	21,5
	IV	25,5	86,4	35,6	16,9
	Rata-rata (*Average*) T1	43,95	96,15	64,65	32,15
	Peningkatan (*improvement*) T1 (%)	36,70	199,07	101,01	-
T2	I	38,3	155,4	57,4	31,6
	II	78,9	165,6	100,2	56,4
	III	59,5	75,4	40,2	33,9
	IV	43,7	86,4	35,6	25,7
	Rata-rata (*average*)T2	55,10	120,7	58,35	36,90
	Peningkatan (*improvement*) T2 (%)	49,32	227,10	58,13	-
	Rata-rata (*average*)T1 &T2	46,64	108,43	61,5	-
	Peningkatan (*improvement*) T1 &T2 (%)	43,01	153,75	81,26	-

Keterangan (*Remarks*) : jumlah sample 80 pohon dan waktu peludangan 4 periode = 48 hari (*the number of sample 80 trees and the time of collections were 4 periods = 48 days)*

Tabel 2. Anova pengaruh penggunaan stimulan terhadap getah pinus yang dihasilkan sesuai perlakuan

Table 2. Anova of the effect of using stimulants toward resin pine yeild based on the treatments

Sumber variasi (*Source of variant*)	Derajat bebas (*Degree of freedom*)	Jumlah kuadrat (*sum of square*)	Kuadrat tengah (*Mean square*)	F hitung (*F-calculated*)	Prob
Stimulan (S)	3	213171,837	71057,279	90,22	0,0001*
Ketinggian tempat (T)	1	8715,316	8715,322	11,07	0,0010*
S x T	3	14755,838	4918,613	6,24	0,0004*
Periode	3	165853,663	55284,554	70,19	0,0001*
Error	309	243381,237	787,641		
Total	319	645877,887			

Keterangan (*Remark*) : * = beda nyata (*significantly defferent)*

Berdasarkan Tabel 2 dapat dilihat bahwa jenis stimulan yang digunakan dalam penyadapan pinus, ketinggian tempat, interaksi stimulan dan ketinggian tempat serta periode pngumpulan getah pinus berpengaruh nyata terhadap produksi getah yang dihasilkan. Uji lanjut pengaruh perlakuan terhadap getah yang dihasilkan disajikan pada Tabel 3.

Produktivitas getah dipengaruhi oleh faktor pemberian stimulan (Santosa, 2010; Kasmudjo, 2011; Sharma dan Lecha, 2013). Pemberian stimulan berguna sebagai zat perangsang etilen

pada tanaman yang dapat meningkatkan tekanan osmosis dan tekanan turgor yang menyebabkan aliran getah akan bertambah cepat dan lebih lama. Stimulan berbahan dasar asam kuat yaitu H_2SO_4 menyebabkan produksi getah meningkat per pengunduhan karena dapat memperlama waktu pengaliran getah dengan cara mereduksi tekanan turgor (turgensis) dalam sel epitel dan mencegah terjadinya kristalisasi resin serta pembentukan tylosoid (Kossuth 1984; Sharma dan Lecha 2013). Lebih lanjut menurut Santosa (2011), mekanisme pemberian stimulan berbahan dasar asam kuat akan memberikan efek panas pada getah sehingga getah lebih lama dalam keadaan cair dengan demikian mudah mengalir keluar dari saluran getah dan mempengaruhi tekanan turgor dinding sel sehingga getah cepat keluar dan saluran getah dapat terbuka dalam waktu yang relatif lama.

Tabel 3. Hasil uji LSD pengaruh penggunaan stimulan terhadap produksi getah pinus yang dihasilkan sesuai perlakuan

Table 3. LSD test on the effect of using stimulants toward resin pine yeild based on the treatments

No.	Perlakuan (*Treatments*)	Rata-rata produksi getah (*average of resin pine yeild*)
1.	Stimulan/*stimulants* (S)	
	H_2SO_4	104,27a
	ETRAT	60,73b
	Cuka kayu	49,52b
	Kontrol	23,15c
2.	Ketinggian tempat/*elevations* (T)	
	T2	67,76a
	T1	56,89b
3.	Interaksi S*T	
	H_2SO_4*T2	120,20a
	H_2SO_4*T1	88,35b
	ETRAT*T1	63,10c
	ETRAT*T2	58,35c
	Cuka kayu*T2	55,10cd
	Cuka kayu*T1	43,95cde
	Kontrol*T2	36,90cde
	Kontrol*T1	33,40e

Keterangan (*Remarks*) : * = beda nyata pada taraf 5% (*significantly defferent 5%*), angka yang diikuti huruf yang berbeda berarti berbeda nyata (*number that folowed defferent characters means significantly defferent*), nilai LSD (*The value of LSD*) S = 7,01; T = 3,82; S*H= 14,63

Pemberian stimulan berbahan dasar cuka kayu mampu meningkatkan produksi getah yang disebabkan karena kandungan asam asetat (CH_3COOH) yang dapat berperan untuk memperlancar keluarnya getah karena efek panas yang ditimbulkan dari kandungan asamnya meskipun tidak se ekstrim yang ditimbulkan oleh asam kuat. Minyak goreng dalam penelitian ini berfungsi sebagai media transfer panas yang diharapkan dapat mentransfer panas lebih lama dari sinar matahari pada luka sadapan. Selain asam asetat, kandungan cuka kayu yang lainnya seperti metanol, fenol, karbonil diduga dapat merangsang epitel pada tanaman untuk meningkatkan tekanan osmosis dan tekanan turgor yang menyebabkan aliran getah akan bertambah cepat dan lebih lama. Menurut Hillis (1987), masuknya air ke dalam lumen sel epitel akan menyebabkan sel epitel membesar dan selanjutnya akan menekan resin yang berada di

dalam saluran damar sehingga resin hancur dan terdorong keluar, setelah itu sel epitel akan memproduksi zat resin kembali untuk mengisi saluran damar tersebut.

Stimulan ETRAT merupakan stimulan merk dagang dan berbahan dasar etilen. Di dalam tanaman etilen merupakan salah satu zat pengatur tumbuh (zpt) dan berfungsi dalam proses fisiologi tanaman, yaitu untuk pematangan buah, menghambat pertumbuhan akar, merangsang pembentukan bunga, absisi daun dan meningkatkan permeabilitas memban (Moore, 1979). Sehubungan dengan pembentukan getah di dalam tanaman, Sharma dan Lecha (2013)menyatakan bahwa etilen dapat menstimulasi proses sintesa oleoresin (getah) di dalam saluran getah dan juga menginduksi pembentukan saluran getah traumatis yang terjadi karena adanya stres atau perlukaan (penyadapan). Menurut Santosa (2011), selain karena adanya *stress* akibat perlukaan, pembentukan getah di dalam tanaman dapat ditingkatkan dengan mengaktifkan etilen di dalam tanaman (*ethylen endogen*). Etilen dapat menstimulan proses metabolisme sekunder di dalam tanaman atau dengan kata lain produksi getah sebagai produk metabolisme sekunder dapat ditingkatkan, namun demikian perlu dipertimbangkan bahwa penggunaan stimulan berbahan dasar etilen akan meningkatkan biaya produksi karena komponen etilen lebih mahal harganya (Rodrigues *et al.*, 2008). Lebih lanjut disebutkan bahwa perusahaan di Brasil (*Brazilian Oleoresin Industry*) mengambil kebijakan penggunaan bahan tambahan (*adjusvant*) sebagai pengganti yang lebih murah harganya.

Sharma dan Lecha (2013) menyebutkan bahwa peningkatan produksi getah pinus disebabkan oleh temperatur yang tinggi, hujan yang rendah dan sinar matahari yang lebih banyak dalam jam/hari/bulan, demikian juga dengan pendapat Rodrigues *et al.* (2008) yang menyebutkan bahwa faktor lingkungan berupa cahaya, temperatur dan kelembaban dapat mempengaruhi emisi volatiles dan produksi getah. Hal ini berhubungan dengan produksi getah pinus merupakan produk metabolisme sekunder dari hasil fotosintesis, dengan kata lain semakin banyak fotosintesis akan menghasilkan produk metabolisme sekunder berupa getah yang lebih banyak juga.

Getah pinus terdapat dalam saluran-saluran getah yang ada di dalam kayu gubal dan untuk mengambilnya dilakukan penyadapan dengan melukai kayu gubal agar saluran getah terbuka. Saluran getah dibentuk serta dikelilingi sel-sel parenkim jari-jari atau sel-sel epitel. Getah pinus terbentuk di dalam sel-sel tersebut sebagai akibat proses metabolisme atau translokasi karbohidrat dari daun. Perubahan tekanan (keseimbangan osmotik) antara sel-sel sekitar saluran dengan saluran itu sendiri akan menyebabkan penetrasi bahan-bahan cairan atau resin ke dalam rongga saluran sehingga bila terjadi pelukaan/sayatan terhadap saluran-saluran resin tersebut membuat terbukanya saluran dan memungkinkan aliran getah keluar dengan cepat. Selain itu, saluran getah pinus di dalam kayu mempunyai tekanan yang tinggi, yaitu 70 atm sehingga pelukaan pada kayu menyebabkan getah mengalir keluar (Soepardi 1955). Pada jenis pinus tertentu, jaringan epitel dapat memproduksi getah secara terus menerus selama bagian yang dilukai berada di dalam kayu gubalnya. Perlukaan pada pohon pinus akan memicu pembentukan saluran sekunder yang disebut dengan saluran damar traumatis vertikal dan horizontal yang mempunyai arti penting karena dengan bertambahnya jumlah saluran damar maka produksi getah akan semakin meningkat (Panshin dan De Zeeuw, 1980).

Tanaman konifer seperti pohon pinus, mekanisme pertahanan diri terhadap serangga, jamur ataupun mikroba lainnya diekpresikan dengan mengeluarkan getah untuk menutup luka. Penyadapan atau pelukaan pada batang pinus yang menghasilkan sejumlah getah merupakan upaya pertahanan diri untuk menutup luka sadap. Getah yang sudah terkumpul di bekas luka dan sudah terpapar udara menyebabkan zat-zat yang mudah menguap baik mono atau sesqueterpen menguap dan asam diterpen berpolimerisasi menutupi luka sadapan (Trapp dan Croeteu (2001); Martin etal (2003) dalam Rodrigues *et al.*(2008)), oleh karena itulah stimulan diperlukan untuk membuka dan memperlancar produksi getah pinus.

Ketinggian tempat tumbuh berpengaruh terhadap produksi getah pinus, dimana semakin tinggi tempat tumbuh, getah yang dihasilkan akan menurun karena getah pinus yang dihasilkan di ketinggian tempat yang tinggi lebih cepat menggumpal dan aliran getah akan terhambat akibat rendahnya temperatur udara dan intensitas cahaya matahari (Rochidajat dan Sukawi 1979; Kasmudjo 1992). Lebih lanjut Kasmudjo (1992)

menyatakan bahwa lingkungan dengan suhu rendah (di bawah 20°C) dan kelembaban udara yang tinggi (di atas 70%) berpengaruh pada saluran getah, dimana saluran getah menjadi menyempit atau bahkan buntu sehingga getah yang keluar akan segera mengalami pembekuan di mulut saluran getah akibatnya akan menghambat getah yang seharusnya masih bisa keluar. Sharma *et al.* (2013) menyebutkan bahwa temperatur akan mempengaruhi hasil getah secara signifikan, dimana semakin rendah temperatur, getah yang dihasilkan juga akan rendah. Penggunaan stimulan berbahan dasar asam yang mampu menimbulkan efek panas diharapkan dapat mengencerkan getah yang cepat menggumpal pada suhu dingin seiring kenaikkan tinggi tempat.

Rodrigues *et al.* (2008) menyebutkan bahwa faktor lingkungan berupa cahaya juga mempengaruhi kelancaran produksi getah pinus. Cahaya matahari yang mencapai batang mampu meningkatkan suhu batang sehingga memperlancar aliran getah yang tersumbat karena penurunan viskositas getah. Hasil tersebut sesuai dengan Popp *et al.* (1991) pada *P. taeda* yang menemukan adanya peningkatan produksi getah akibat penurunan viskositas getah pada saat suhu batang yang tinggi.

Beberapa pustaka menyebutkan bahwa produksi getah pinus dipengaruhi oleh faktor genetik. Penelitian terhadap *Pinus taeda* oleh Burczyk *et al.* (1998); *P. sylvestris* oleh Kossuths (1984) dan *P. pinaster* oleh Mergen *et al.* (1955), menyimpulkan bahwa intensitas produksi getah lebih dipengaruhi oleh faktor genetika daripada faktor lingkungan berdasarkan pendekatan nilai heritabilitas. Menurut Tiwari *et al.* (2012), produksi getah pinus tidak lepas dari jumlah kantung getah (*resin duct*) yang terdapat dalam kayu pinus itu sendiri. Pembentukan kantung getah tersebut dipengaruhi oleh faktor genetik dan lingkungan. Lebih lanjut Namkoong (1980) menyatakan bahwa pemeliharan tegakan juga sangat diperlukan untuk menciptakan kondisi lingkungan yang mendukung ekspresi genetika suatu karakter. Hal ini berarti aplikasi teknik silvikultur yang tepat juga akan menjaga ekspresi genetika produksi getah. Teknik silvikultur intensif seperti pemupukan juga perlu dilakukan untuk meningkatkan produksi getah pinus karena selama ini pohon pinus hanya diambil getahnya tetapi tidak pernah dipupuk. Beberapa jenis pupuk seperti *triple superphoshate* (TSP) (Knebel *et al.* 2008) dan pupuk dengan kandungan N,P,K,Ca dan Mg (Warren 1996) dapat digunakan untuk meningkatkan produksi getah.

B. Warna Kayu

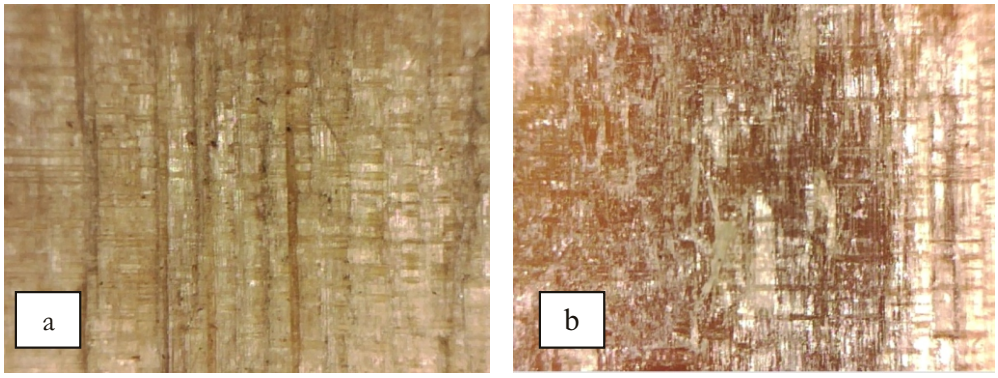
Gambar 1, 2, 3 dan 4 berikut ini mengilustrasikan pengaruh penggunaan stimulan H_2SO_4, yaitu H_2SO_4 dan stimulan organik ETRAT selama beberapa tahun terhadap perubahan warna kayu dan struktur anatomi kayu.

Batang pohon pinus yang terpapar stimulan H_2SO_4 menunjukkan bahwa kayu di sekitar koakan berwarna coklat hingga kemerahan sedangkan kayu yang tidak terpapar H_2SO_4 berwarna coklat muda atau kekuningan. Warna coklat tua hingga kemerahan akibat stimulan H_2SO_4 pada bidang perlukaan terlihat masuk hingga ± ¾ bagian ke arah sumbu tengah kayu (potongan sejajar jari-jari kayu/ bidang radial). Hal ini menunjukkan bahwa kayu yang dikoak dan terpapar stimulan H_2SO_4 selama ± 14 tahun, perubahan warna sudah masuk hingga ¾ bagian ke arah sumbu tengah kayu. Selain itu, permukaan kayu pada bekas sadapan dan menggunakan H_2SO_4 selalu nampak terlapisi getah dan bila diraba seperti ada zat lilin dan terasa licin.

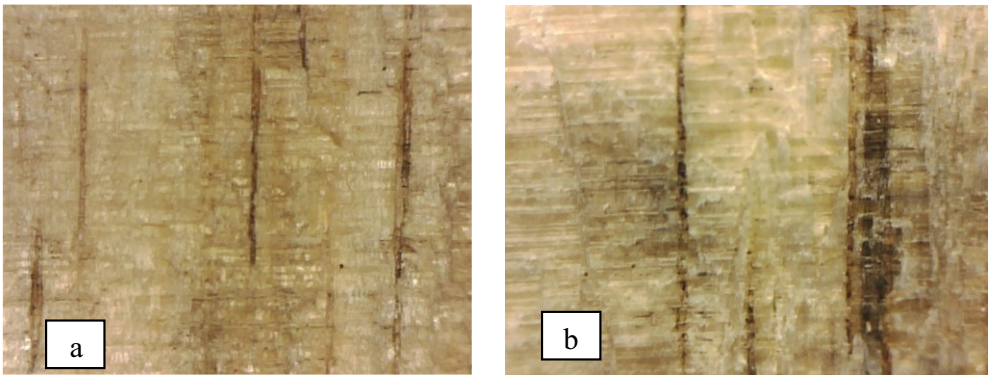
Di sisi lain hasil pengamatan terhadap pinus yang disadap dan menggunakan stimulan organik ETRAT, warna kayu bekas koakan dan terpapar ETRAT selama ± 3 tahun hampir sama dengan bekas sadapan yang tidak menggunakan stimulan, yaitu coklat muda kekuningan. Gambar 2 berikut ini disajikan perbedaan warna kayu bekas sadap yang terpapar ETRAT dan yang tidak terpapar ETRAT.

Penggunaan stimulan cuka kayu memang belum dapat meningkatkan produksi getah pinus yang lebih tinggi dibandingkan dua stimulan yang sudah biasa digunakan di areal Perum Perhutani. Keunggulan stimulan cuka kayu dalam penelitian ini memanfaatkan limbah kayu pinus (batang, cabang ataupun ranting) dan dapat diproduksi sendiri oleh Perum Perhutani karena mudah dan murah. Asam kuat (H_2SO_4) yang menjadi komponen utama dalam stimulan termasuk oksidator kuat dan dapat merusak kulit manusia, kayu dan lingkungan (LIPI, 2004). Kebijakan penggunaan stimulan berbahan dasar

asam kuat (H_2SO_4) yang membahayakan dan tidak ramah lingkungan, baik untuk kesehatan maupun lingkungan perlu dievaluasi. Di samping itu dengan semakin sadarnya manusia akan perlunya produk yang aman dan tidak mengandung bahan berbahaya (*green product)* semakin mendukung evaluasi kebijakan tersebut. Inovasi-inovasi stimulan ramah lingkungan terus dikembangkan sehingga diperoleh stimulan yang dapat meningkatkan produktivitas getah hasil sadapan, murah dan mudah karena dapat diproduksi sendiri serta aman bagi penyadap dan lingkungan.



Gambar 1. Warna kayu tidak terpapar H_2SO_4 (a) dan warna kayu yang terpapar H_2SO_4 (b)
Figure 1. The colour of wood that wasn't exposed by H_2SO_4 (a) and was exposed by H_2SO_4 (b)



Gambar 2. Warna kayu pinus tidak tepapar ETRAT (a) dan terpapar ETRAT (b)
Figure 2. The colour of pine wood that wan't exposed by ETRAT (a) and was exposed by ETRAT (b)

Penggunaan stimulan di lapangan memerlukan beberapa pertimbangan, seperti pertimbangan aspek teknis yaitu mudah diterapkan, aspek ekonomis dimana biaya yang dikeluarkan lebih murah namun dapat menghasilkan produktivitas yang tinggi serta aspek lingkungan yaitu menimbulkan gangguan lingkungan yang rendah. Sebagai gambaran pada Tabel 4 disajikan hasil analisis biaya berdasarkan penggunaan masing-masing jenis stimulan.

Tabel 4 dihitung berdasarkan asumsi bahwa harga stimulan an-organik yang digunakan sebesar Rp6.000/liter, sedangkan harga stimulan ETRAT dan destilat cuka kayu masing-masing sebesar Rp12.000/liter dan Rp17.000/liter. Banyaknya stimulan yang digunakan dalam kegiatan penyadapan pinus sebesar 1cc (≈ 1ml) per quare (koakan) dan pemberian stimulan dilakukan setiap 3 hari sekali atau setiap pembaharuan luka sadap. Harga jual getah pinus oleh Perum Perhutani diasumsikan sebesar Rp15.000/kg.

Tabel 4. Analisis biaya berdasarkan jenis stimulan
Table 4. Cost analysis based on type of stimulans

Perihal *(Items)*	Satuan *(Unit)*	Jenis Stimulan (*type of stimulants*)		
		H_2SO_4	ETRAT	Cuka kayu
1. Biaya stimulan *(Cost of stimulant)*	Rp/quare/hari *(Rp/quare/day)*	2,00	4,00	5,67
2. Peningkatan produksi getah (*improvement of gum production)*	g/quare/hari *(g/quare/day)*	73,90	26,97	12,11
3. Pendapatan yang diperoleh dari hasil getah yang menggunakan stimulan (*The revenuesobtained from thesap oftheusestimulants*)	Rp/kg	1108,5	404,55	181,65
2. Keuntungan yang diperoleh dari hasil getah yang menggunakan stimulan	Rp/kg	1106,05	400,55	75,98

Keterangan (*Remark*) : 1 = biaya stimulan per hari
2 = produksi getah dengan stimulan-produksi getah kontrol (Tabel 1)
3 = (No 2 : 1000) kg x Rp 15.000/kg (asumsi harga getah)
4 = (No 3-No 1)

Berdasarkan Tabel 4, biaya penggunaan stimulan organik (ETRAT dan cuka kayu) lebih tinggi sedangkan produktivitas getah pinus yang dihasilkan lebih rendah dibandingkan biaya penggunaan stimulan H_2SO_4. Namun demikian penggunaan stimulan organik memiliki keuntungan sehubungan dengan era *green product*, dimana produk hasil hutan yang dihasilkan harus aman dan ramah lingkungan. Bahkan beberapa negara sekarang ini mulai menerapkan persyaratan bahwa hasil hutan yang digunakan harus berprinsip pada produk yang ramah lingkungan dan tetap menjamin kelestarian. Produk getah berlabel *green product* pada umumnya digunakan untuk menghasilkan produk *food grade*. Namun demikian tidak berarti bahwa stimulan H_2SO_4 yang digunakan dalam penyadapan pinus harus diganti dengan stimulan organik yang ramah lingkungan. Pertimbangan utamanya karena adanya tuntutan untuk mencapai target produksi getah sehingga penggunaan stimulan H_2SO_4 masih diberlakukan karena mampu menghasilkan produk getah pinus lebih banyak. Di samping itu hanya negara-negara tertentu saja yang menjadi konsumen getah pinus yang mensyaratkan produk *food grade*, misalnya negara Cina (Rodrigues *et.al* 2008). Dengan kata lain pangsa pasar perdagangan produk getah pinus *food grade* masih terbatas. Dengan demikian penggunaan stimulan berbahan dasar asam kuat dan stimulan ramah lingkungan hendaknya proporsional

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Penggunaan stimulan digunakan untuk meningkatkan dan memperpanjang waktualiran getah sehingga getah yang diperoleh per pengunduhan lebih banyak. Penggunaan stimulan H_2SO_4 dapat meningkatkan produksi getah per pengunduhan lebih banyak dibandingkan ETRAT dan cuka kayu, baik pada penggunaan di areal dengan ketinggian di atas 500 mdpl maupun di bawah 500 mdpl. Penggunaan stimulan H_2SO_4, menyebabkan kayu berubah warna menjadi coklat tua hingga kemerahan bahkan perubahan warna tersebut sampai masuk ke dalam kayu sejauh ¾ bagian ke arah sumbu kayu.

B. Saran

Penggunaan jenis stimulan dalam penyadapan

pinus perlu mempertimbangkan efek negatif yang ditimbulkan, baik tehadap kesehatan pohon, pekerja maupun lingkungan. Aspek ekonomi bukan satu-satunya faktor utama yang harus terus dikejar untuk mencapai target finansial namun perlu mempertimbangkan aspek ekologi dan sosial untuk mencapai sustainabilitas hasil dan pohon penghasilnya. Penggunaan stimulan berbahan dasar asam kuat dan stimulan ramah lingkungan sebaiknya diterapkan secara proporsional.

DAFTAR PUSTAKA

Bina. (2012). Perhutani Menuju Era Getah Bersih. Media Berita Kehutanan dan Lingkungan. Edisi 08 Oktober 2012/tahun XXXIX. Jakarta: Perum Perhutani

Bina. (2014a). PPCL Eksport Perdana Produk Alphapinene ke India. Media Kehutanan dan Lingkungan. Edisi 03 Mei 2014/tahun XLI. Jakarta: Perum Perhutani.

Bina. (2014b). Mengenjot Primadona Getah Pinus. Majalah Kehutanan dan Lingkungan. Edisi 5 Juli 2014/tahun XLI. Jakarta: Perum Perhutani.

Darmadji P. (2009). Teknologi Asam Cair dan Apliksinya pada Pangan dan Hasil Pertanian. Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar dalam Bidang Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian pada Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Gadjah Mada tanggal 28 April 2009. Yogyakarta: Fakultas Teknologi Pertanian. UGM. Tidak diterbitkan.

Dewi IR. (2008). Peranan dan fungsi fitohormon bagi pertumbuhan tanaman. Bandung: Fakultas Pertanian Universitas Padjajaran. Makalah. Tidak diterbitkan.

Duta Rimba. (2010). Upaya meningkatkan produktivitas getah pinus menggunakan bahan yang ramah lingkungan. *Website* : www.kphcianjur.perumPerum Perhutani.com Diakses pada tanggal 17 Februari 2011.

Duta Rimba. (2012a). Potensi Besar Getah Pinus. Duta Rimba (41) tahun 7 Januari-Februari : 58-63. Jakarta: Perum Perhutani.

FAO. (2005). Gum Naval Stores : Turpentine and Rosin from Pine Resin. Roma, Italia.

Hillis, W.E . (1987). Heartwood and Tree Exudate. Springer Verlag. Berlin Heidelberg, New York, London.

Kasmodjo. (1982). *Dasar-Dasar Pengolahan Gondorukem*. Yogyakarta: Yayasan Pembina Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada.

Kasmudjo. (1992). Usaha stimulan pada penyadapan getah pinus. Jakarta: *Duta Rimba No 149/XVII*.

Kasmodjo. (2011). Publikasi Hasil-Hasil Penelitian Laboratorium Hasil Hutan Non Kayu Fakultas Kehutanan UGM. Volume 2. Cakrawala. Yogyakarta.

Kramer, P.J and T.T Kozlowsky. (1960). Physiology of Trees. McGraw-Hill Book. Company. New York, Toronto.

Knebel, L., Robinson D.J., Whenworth T.R., Klepzig D. (2008). Resin flow responses to fertilization, wounding and fungal inoculation in *Loblolly Pine* (*Pinus taeda*) in North Carolina. *Tree Physiology*:28, 847-853.

Kossuths, V. (1984). Multipurpose slash pine-genetics and physiology of gum naval stores production. *Usda. Fol: Sev. General Tech. Report,Northeastern Sta*. Ne-90: 77-83.

[LIPI] Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. 2004. Lembar Data Keselamatan Bahan. http://www.kimianet.lipi.go.id. Diunduh tanggal 2 Juli 2013.

Mergen, E, Hoekstra P., Echols R.M. (1955) Genetic control of oleoresin yield and viscosity in slash pine. *Forest science*:1(1):19-30.

Moore TC. (1979). Biochemestry and Physiology of Plant Hormones. Berlin (ID): Springer-Verlag.

Namkoong, Barnes R.D, Burley J. (1980). Screening in Yield in Forest Tree Breeding. *Commonw.Fo, Rev*:59:1.

Nanos, N., Alía R., Gil L., Montero G., Tadesse W. (2000). Modelling resin production distributions for *Pinus pinaster* ait using two probability functions. *Ann For Sci*: 57: 369-

377.

Panshin dan De Zeeuw. (1970).*Textbook of Wood Technology*. Vol.1. New York, Toronto: McGraw Hill Book.Company.

Pari G. dan Nurhayati Tj. (2009). Cuka Kayu dari Tusan dan Limbah Campuran Industri Penggergajian Kayu Untuk Kesehatan Tanaman dan Obat. Laporan Hasil Penelitian. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan. Tidak Diterbitkan.

Perum Perhutani. (2010). Current situation of Indonesian gum rosin in the world market. Praque: *Pine Chemicals Association International Conference*.

Popp M.P., Johnson J.D., Massey T.L, (1991). Stimulation of resin flow in slash and loblolly pine by bark beetle fungi. *Can. J. For. Res*: 21:1124-1126.

Rochidajat dan Sukawi. (1979). Pengaruh tinggi tempat tumbuh pada produksi getah *Pinus merkusii* pada petak-petak coba di KPH Sumedang. Laporan. Lembaga Penelitian Hutan No. 321. Bogor: Lembaga Penelitian Hutan

Rodrigues, K.C.S, Azevedo P. C. N., SobreiroL. E., Pelissari P. dan Fett-Neto A.G. (2008). Oleoresin yield of *Pinus elliottii* plantations in subtropical climate: Effect of tree diameter, wound shape and concentration of active adjuvants in resin stimulating paste. *Journal Crops and Product 27:322-327*.

Rodrigues, K.C.S., Fett-Neto A.G. (20090. Oleoresin yield of *Pinus elliottii* plantations in subtropical climate: Seasion variation and effect of auxin and salicylic acid-based stimulant paste. *Journal Crops and Product* 30(2009):316-320.

Rodrigues, K.C.S., Apel M.A., Henrique A.T., Fett-Neto A.G. (2011). Efficient oleoresin biomass production in pines using low cost metal containing stimulant paste. *Journal Crops and Product* 35(2011):4442-4448.

Santosa, G. 2010. Pemanenan hasil hutan bukan kayu (HHBK). Website : http://members.multimania.co.uk. Diakses pada tanggal 17 Februari 2011.

Santosa, G. (2011). Pengruh pemberian Etrat terhadap peningkatan produktivitas penyadapan getah pinus (Studi Kasus di KPH Sukabumi Perum Perhutani Unit III Jawa Barat dan Banten). Bogor. Laporan Penelitian. Fakultas kehutanan IPB. Tidak diterbitkan.

Sharma, Kulwan R. dan Lekha C. (2013). Tapping of *Pinus roxburghii* (Chir Pine) for oleoresin in Himachal Pradesh, India. *Journal Advances in Forestry Letters (AFL) 2 : 3155*. Diakses : www.afl-journal.org.

Soepardi, R (1955) *Pinus merkusii* di Tanah Gayo. Rimba Indonesia 4(6-7-8):265-280. Jakarta: Kehutanan Indonesia.

Steel, R.G.D. dan Torrie J.H. (1991).*Prinsip Prosedur Statistik Suatu Pendekatan Biometrika*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.

Sutjipto. (1975). *Gondorokem (Seni Kuliah Hasil-Hasil Hutan Kayu)*. Yogyakarta: Yayasan Pembina Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada.

Tiwari, Satyendra P., Kumar P., Yadav D, Chuhan D.L. (2012) Comparative morphological, epidermal, and Anatomical studies of *Pinus roxburghii* Needles at different altitudes in The North-West Indian Himalayas. *Turkish Journal of Botany 37:65-73*.

Warren, J.M. (1996). The Effect of Mineral Nutrition on The Resin Flow and Phloem Nonstructural Carbohydrates and Phenolic Compounds in a Loblolly Pine (*Pinus taeda* L.) stand. M.S. Thesis, Dept. of Forestry, North Carolina State Univ. Raleigh, NC, 62 p.

Wattimena GA. (1988). *Zat Pengantar Tumbuh Tanaman*. Bogor: IPB Press.

Wijaya M.M. (2010). Pirolisis Limbah Kayu dan Bambu yang Ramah Lingkungan Untuk Menghasilkan asam Asetat. Disertasi. Bogor: Institut Pertanian Bogor. Tidak