

Karakteristik Kecepatan Gelombang Suara dan Sifat Anatomi Sadapan Pohon Pinus

(Characteristics Ultrasonic Waves Velocity and Anatomical Properties of Tapping Pine)

Maryam Jamilah^{1*}, Lina Karlinasari², Suchahyo Sadiyo², Gunawan Santosa³

¹Mahasiswa Pascasarjana Departemen Hasil Hutan Fakultas Kehutanan IPB, Kampus IPB Dramaga Bogor, 16680

²Departemen Hasil Hutan Fakultas Kehutanan IPB, Kampus IPB Dramaga Bogor, 16680

³Departemen Manajemen Hutan Fakultas Kehutanan IPB, Kampus IPB Dramaga Bogor, 16680

*Penulis korespondensi: mila_zahra@yahoo.com

Abstract

Non-destructive testing based on sound wave propagation has been used widely to estimate wood quality of standing trees. The aim of this study was to evaluate the characteristics of the sound wave velocity in relation to pine resin productivity and resin intercellular frequency and diameter. The samples were 72 trees consisted of 36 trees which were tapped by the quarre method and 36 other trees were tapped with addition of stimulants. The speed of sound waves propagation was measured by SylvatestDuo for radial direction and longitudinal. The tapping position was determined referring to the wind direction. The resin productivity was twice for tapping with stimulant comparing to the control. The highest resin productivity was 87.31 g per harvest for tapping with stimulant and the lowest (39.86 g per harvest) for control. Statistically, there was not significant difference in sound speed for tapped position as well as for measurement before and after tapped of both radial and longitudinal testing, as well as for the anatomical properties of both of treatments. A high positive correlation was found between resin productivity and intercellular frequency for both treatments ($r > 0.80$), however, there was not significance correlation between resin productivity and other parameters.

Keywords: *Pinus merkusii*, resin tapping, sound wave propagation

Abstrak

Pengujian metode non-destruktif testing (NDT) berbasis gelombang suara biasa digunakan untuk menduga kualitas pohon di lapangan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi karakteristik kecepatan rambat gelombang suara pada kayu pinus sadapan dan kaitannya dengan produksi getah berdasarkan penyebaran jumlah dan diameter saluran resin. Sampel uji pohon pinus sebanyak 72 pohon terdiri atas 36 pohon disadap dengan metode quarre, dan 36 pohon disadap dengan penambahan stimulasi. Pengukuran kecepatan gelombang suara menggunakan SylvatestDuo pada arah radial (horizontal) dan arah longitudinal (searah serat batang utama). Posisi penyadapan dilakukan berdasarkan pada arah mata angin. Hasil penelitian menunjukkan produksi getah meningkat sebanyak dua kali lipat dengan penambahan stimulasi. Produksi tertinggi diperoleh dari penyadapan dengan penambahan stimulasi (87,31 g per panen) dan terendah dari kontrol (39,86 g per panen). Hasil analisis statistik menunjukkan tidak terdapat perbedaan signifikan antara kecepatan gelombang suara dengan posisi penyadapan, dan antara pengujian sebelum dan setelah penyadapan pada arah radial dan longitudinal. Perbedaan sifat anatomi berdasarkan jumlah dan diameter saluran resin pada kedua perlakuan juga menunjukkan perbedaan tidak signifikan. Hubungan antara produksi getah dengan jumlah diameter saluran

resin pada kedua perlakuan menunjukkan korelasi yang positif dan signifikan ($r > 0,80$). Sementara itu, hubungan produksi dengan beberapa parameter lainnya menunjukkan korelasi tidak signifikan.

Kata kunci: kecepatan gelombang suara, penyadapan pinus, *Pinus merkusii*

Pendahuluan

Hutan pinus (*Pinus merkusii*) tidak hanya memproduksi kayu tetapi juga diandalkan sebagai penghasil produk hasil hutan non kayu melalui produksi getahnya (Indrajaya dan Handayani 2008). Salah satu produk hasil hutan yang bernilai tinggi dan pada saat ini sangat diminati pasar didalam dan diluar negeri adalah gondorukem. Penelitian Fachrodji *et al.* (2009) dan Surbakti *et al.* (2014) mengemukakan bahwa produk tersebut termasuk produk potensial dan dikelompokkan sebagai *pine chemical products*, dihasilkan dari proses pemasakan getah pohon pinus yang cukup memegang peranan penting sebagai andalan hasil hutan non kayu di Indonesia terutama dalam menghasilkan devisa dan menyerap tenaga kerja. Pemanfaatan gondorukem berkembang pesat seiring dengan perkembangan industri diberbagai bidang. Tercatat beberapa kegunaan dan manfaat dari gondorukem pada berbagai industri antara lain sebagai proses pembuatan sabun mandi, sabun cuci, pelapis kertas, pengering cat, penyamak kulit, semir pengkilat keramik, penggunaan didunia farmasi dan masih banyak kegunaan lainnya.

Untuk menghasilkan getah pinus menjadi gondorukem maka perlu dilakukan proses penyadapan. Penyadapan getah pinus umumnya dilakukan dengan menggunakan metode *quarre* atau koakan. Kelebihan metode ini adalah murah dan mudah diaplikasikan serta menghasilkan produksi getah yang meningkat dan stabil. Selain faktor penyadapan, terdapat faktor lain yang

juga berpengaruh yaitu pemberian stimulasi yang dapat meningkatkan produksi getah pinus. Santosa (2011) mengemukakan bahwa penggunaan stimulasi dapat berfungsi sebagai perangsang terbentuknya etilen pada tanaman dan selanjutnya menaikkan tekanan osmosis serta tekanan turgor yang menyebabkan aliran getah bertambah cepat dan lebih lama. Stimulasi bertujuan untuk merangsang keluarnya getah pada saat penyadapan sehingga produksi getah menjadi semakin meningkat. Teknik penyadapan umumnya dapat mengakibatkan kerusakan pada pohon. Pada penelitian

Teknologi *Non Destructive Testing* (NDT) berbasis gelombang suara biasa digunakan untuk menemukan adanya ketidakraturan di dalam kayu akibat faktor alami yang dipengaruhi oleh lingkungan. Ross (1992) mengemukakan pengujian non destruktif digunakan untuk menilai cacat yang muncul akibat diskontinuitas, adanya rongga (*voids*) serta kemungkinan adanya pembesaran (*inclusions*) selama proses pembuatan yang dapat berpengaruh terhadap sifat fisis dan mekanis produknya. Saat ini pemanfaatan teknologi NDT pada pohon sadapan pinus belum banyak dilakukan.

Informasi pengukuran rambatan gelombang suara terhadap jumlah dan ukuran saluran resin pada pohon pinus belum tersedia. Wu dan Hu (1997), Pandit dan Kurniawan (2008) mengemukakan bahwa saluran resin pada kayu pinus terbentuk melalui proses *schizogenous*, yaitu terpisahnya sel-sel parenkim sehingga menciptakan ruang-ruang kosong diantara sel-sel tersebut.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi karakteristik kecepatan rambatan gelombang suara pada kayu pinus sadapan kaitannya dengan produksi getah berdasarkan penyebaran jumlah dan diameter saluran resin. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah mengenai karakteristik kecepatan gelombang suara pada kayu pinus yang disadap serta kemungkinan penggunaan gelombang suara untuk menduga produksi getah pinus.

Bahan dan Metode

Penelitian ini dilakukan pada tegakan pinus sebanyak 72 pohon di Hutan Pendidikan Gunung Walat, Kabupaten Sukabumi, Jawa Barat. Bahan berupa stimulasi organik etilena asam sitrat (etrat) yang berfungsi sebagai bahan perangsang keluarnya getah pinus selama penyadapan. Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah alat pengukur kecepatan rambatan gelombang suara merk *SylvatestDuo* ($f = 22$ kHz), alat bor mekanis yang dapat melubangi pohon untuk memasang transduser, label pohon, pita ukur, bor riap untuk pengambilan sampel anatomi, kadukul ukuran 6 cm, plastik ukuran (12x25) cm², timbangan digital, talang sadap dan alat lainnya yang dibutuhkan.

Penentuan pohon sasaran

Pemilihan pohon sasaran dilakukan berdasarkan penelitian sebelumnya oleh Febriani (2014) dan Purnawati (2014) mengenai produksi getah pinus. Pada penelitian tersebut dilakukan penyadapan getah untuk mengetahui potensi awal produksi getah pinus. Data tersebut merupakan data awal dalam pemilihan pohon sasaran dilapangan. Berdasarkan data produksi getah 90 pohon maka dilakukan seleksi terhadap pohon yang memiliki produksi getah yang ekstrim

(terlalu tinggi atau terlalu rendah) untuk dikeluarkan dari populasi sehingga diperoleh sebanyak 72 pohon contoh. Hal ini bertujuan dalam pengambilan pohon sasaran menjadi seragam. Selanjutnya pohon sasaran tersebut dibagi menjadi 2 (dua) bagian yaitu perlakuan koakan tanpa stimulasi dan perlakuan koakan dengan menggunakan stimulasi masing-masing 36 pohon. Pohon sasaran tiap perlakuan dibagi lagi menjadi 4 (empat) kelompok pohon yaitu pohon yang disadap di sisi bagian utara, selatan, barat dan timur yang masing-masing sebanyak 9 pohon.

Penyadapan batang pohon pinus

Pada keseluruhan pohon sasaran dilakukan penyadapan dengan menggunakan metode koakan. Metode koakan yang dilakukan mengacu pada standar Perhutani yaitu pelukaan dimulai sekitar 20 cm dari permukaan tanah. Pembukaan luka sadapan awal berukuran (10x6) cm² dengan kedalaman 1,5 cm (tidak termasuk tebal kulit) dan selanjutnya diperbaharui setiap 3 hari sekali. Pembaharuan luka dilakukan di atas luka sadapan awal sekitar 5 mm sehingga luka sadapan dalam satu bulan adalah 5 cm. Pengambilan data dilakukan sebanyak 10 kali dengan periode pembaharuan luka sadapan, pemanenan dan pemberian stimulasi setiap 3 hari. Pada setiap kali pembaharuan luka diberikan stimulasi Etrat 1240 dengan cara disemprot pada bidang sadapan pohon sebanyak satu kali atau 0,5 ml per koakan untuk merangsang keluarnya getah pada pohon.

Pengukuran kecepatan gelombang suara

Pengukuran kecepatan rambatan gelombang suara dilakukan untuk menduga kondisi bagian dalam pohon

pinus. Pengukuran ini dilakukan dengan menggunakan alat uji non destruktif metode gelombang ultrasonik merk *SylvatestDuo*. Pengukuran ini dilakukan dengan cara memasang transduser pada bagian batang pohon pinus yang sudah dilubangi sedalam ± 2 cm dengan diameter 5 mm secara berlawanan (pengukuran radial) dan sejajar (pengukuran longitudinal). Gelombang suara akan dibangkitkan dan merambat dari transduser pengirim dan diterima oleh transduser penerima sehingga kecepatan gelombang akan terbaca pada alat tersebut.

Pengukuran radial

Pengukuran radial dilakukan pada arah horizontal batang kayu pinus dengan posisi transduser saling berlawanan melintang diameter pohon. Pengukuran arah radial ini dilakukan sebelum penyadapan, setiap 3 kali panen atau setiap 9 hari kegiatan penyadapan (pengukuran hari ke 9, 18, 27) dan terakhir pada hari ke-30 atau setelah penyadapan. Pengukuran radial ini dilakukan pada ketinggian minimal ± 20 cm dan maksimal ± 100 cm dari permukaan tanah.

Pengukuran longitudinal

Pengukuran longitudinal dilakukan searah serat batang utama pohon (arah aksial) pada salah satu sisi batang pohon pinus yang disadap. Pengukuran dilakukan sejajar arah serat dan aliran getah. Pengukuran longitudinal dilakukan dengan menempatkan transduser pada posisi sudut $\pm 45^\circ$ dengan jarak antara transduser ± 100 cm mulai dari permukaan bawah sekitar bidang sadap (± 20 cm dari permukaan tanah) hingga ketinggian ± 130 cm. Pengukuran longitudinal ini dilakukan sebelum penyadapan dan setelah penyadapan.

Pengambilan sampel anatomi

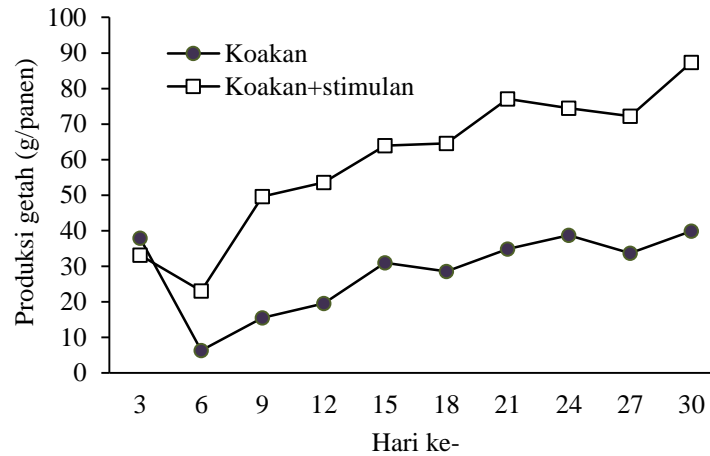
Pengambilan sampel dilakukan dengan melubangi batang pohon secara horizontal pada dua arah mata angin dengan menggunakan bor riap berdiameter 0,5 cm dan panjang 30 cm. Contoh uji diambil dari bagian terluar batang pohon hingga ke arah bagian empulur. Pengambilan sampel sebelum penyadapan dilakukan pada ketinggian ± 50 cm dari permukaan tanah, dan setelah penyadapan pengambilan sampel dilakukan pada ketinggian ± 30 cm dari permukaan tanah. Sampel disimpan pada wadah tertutup untuk dilakukan pengamatan di laboratorium.

Sampel dipotong menjadi beberapa segmen dengan panjang per segmen yaitu ± 3 cm untuk memudahkan proses pengamatan, selanjutnya disayat pada arah tegak lurus serat untuk pengamatan dan pengukuran sampel anatomi. Sampel difoto dengan mikroskop cahaya pada luasan 12 mm dan perbesaran 30 kali, lalu diamati menggunakan software *Motic Image Plus* untuk menentukan jumlah dan diameter saluran resin.

Hasil dan Pembahasan

Produksi getah pohon pinus

Gambar 1 menunjukkan produksi getah pada pohon pinus tanpa stimulasi dan dengan stimulasi. Hasil produksi getah tiap pohon pada awal pemanenan koakan seragam. Pada pembaharuan luka yang kedua (hari ke-6) produksi getah yang dihasilkan menurun. Hal ini diduga karena deposit getah menjadi lebih sedikit dari sebelumnya akibat proses metabolisme sekunder menjadi terganggu karena adanya “shock” atau tekanan yang diberikan pada kegiatan pelukaan bagian batang pohon (Darmastuti 2014, Purnawati 2014).



Gambar 1 Produksi getah pinus dengan metode koakan dan koakan dengan stimulasi.

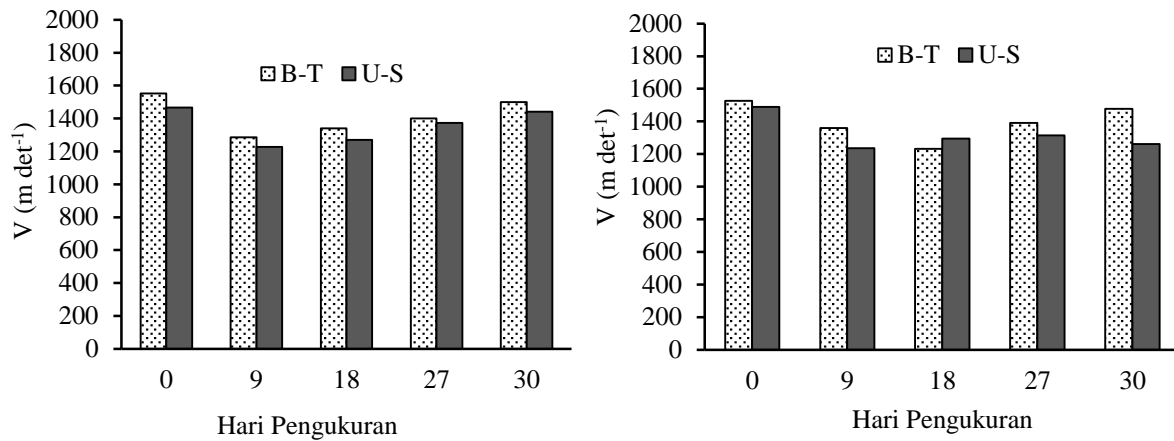
Produksi getah dengan stimulasi lebih rendah dibandingkan dengan tanpa stimulasi. Pada tahap awal, penambahan stimulasi etilen asam sitrat mengakibatkan kondisi luka tetap terbuka dan getah tetap mengalir (Sukadaryati & Dulsalam 2013). Hal tersebut akan merangsang terbentuknya etilen pada tanaman yang menyebabkan naiknya tekanan osmosis serta tekanan turgor sehingga aliran getah menjadi cepat dan lebih lama (Santosa 2011).

Pada periode penyadapan berikutnya produksi getah meningkat karena pohon sudah beradaptasi dengan pelukaan pada proses penyadapan. Hasil produksi getah tanpa stimulasi terendah 6,29 g per panen dan tertinggi 39,86 g per panen, sedangkan dengan stimulasi diperoleh produksi getah terendah 23,03 g per panen dan tertinggi 87,31 g per panen. Produksi getah pinus dengan stimulasi 2 kali lipat atau 48,3% tanpa stimulasi. Berdasarkan hasil uji-t menunjukkan perbedaan yang signifikan antara produksi getah dengan stimulasi dan tanpa stimulasi, dan sama halnya dengan hasil penelitian sebelumnya (Purnawati 2014, Darmastusi 2014).

Karakteristik kecepatan gelombang suara

Gambar 2 menjelaskan kecepatan gelombang suara sebelum dan setelah penyadapan setiap tiga kali panen. Pengukuran arah radial dilakukan pada keempat sisi batang pohon, yaitu pada arah barat dan timur (B-T) dan arah utara selatan (U-S). Pada perlakuan koakan saja, rata-rata kecepatan rambatan gelombang suara pada arah B-T 1416 m det^{-1} dan arah U-S 1220 m det^{-1} . Untuk perlakuan koakan plus penambahan stimulasi diperoleh 1397 m/detik pada arah B-T dan 1319 m det^{-1} di arah U-S.

Kecepatan rambatan gelombang suara pada hari ke-9 menurun daripada kondisi awal pohon sebelum disadap. Kondisi ini sama halnya dengan produksi getah yang dihasilkan. Pelukaan pada pohon pinus secara terus menerus menyebabkan stres pada bagian internal batang. Pada pengukuran hari ke-18 pohon sudah dapat beradaptasi akibat adanya kegiatan penyadapan. Pengukuran kecepatan gelombang suara pada hari berikutnya kembali meningkat dan mendekati pada kondisi semula sebelum penyadapan.



Gambar 2 Kecepatan gelombang suara radial pada perlakuan koakan (a), dan kecepatan gelombang suara radial pada koakan dan stimulansia (b).

Dari kedua perlakuan yang diberikan menunjukkan perubahan kecepatan gelombang yang terjadi adalah sama, dan adanya penambahan stimulansia tidak mempengaruhi kondisi internal pohon. Hal ini menjelaskan bahwa kondisi bagian dalam pohon pinus yang diamati adalah seragam.

Pengukuran secara longitudinal juga dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui adanya perubahan yang terjadi pada arah aksial sejajar sumbu batang. Pengujian dilakukan pada salah satu sisi pohon yang mengalami penyadapan dan pada arah yang berlawanan sesuai dengan arah mata angin yaitu barat, timur, utara dan selatan. Gambar 3 menunjukkan nilai rata-rata kecepatan gelombang ultrasonik pada perlakuan awal adalah 4023 m det⁻¹ untuk pohon yang hanya disadap dengan koakan, dan 3806 m det⁻¹ untuk pohon yang disadap dengan penambahan stimulansia. Pada akhir penyadapan, rata-rata nilai kecepatan gelombang ultrasonik 4204 m det⁻¹ dan 4151 m det⁻¹ masing-masing untuk perlakuan koakan dan koakan dengan penambahan

stimulansia. Hasil uji perbandingan statistik (uji-t) menunjukkan bahwa kecepatan rambatan gelombang suara pada perlakuan koakan dan koakan dengan stimulansia tidak berbeda signifikan. Hal yang sama ditunjukkan untuk pengukuran pada sisi batang arah barat-timur dan utara-selatan.

Evaluasi saluran resin pinus

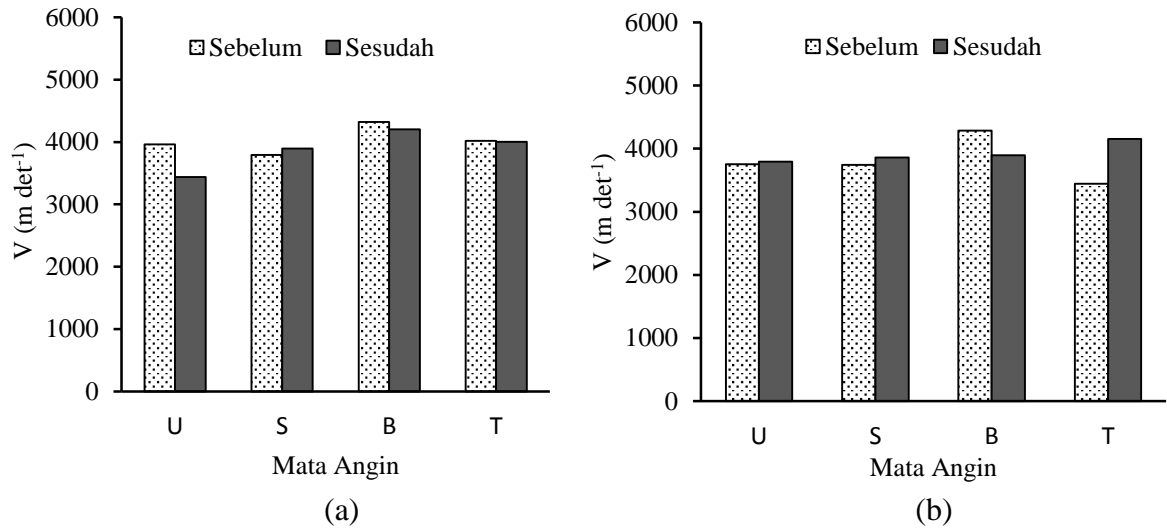
Penyebaran jumlah saluran resin pada keempat sisi tersebut hampir sama, yaitu antara 15 sampai 20 saluran resin per mm. Berdasarkan jumlah penyebaran saluran resin pada keempat arah mata angin dari sisi penyadapan diperoleh sebelum penyadapan rata-rata jumlah saluran resin yaitu 16 saluran per millimeter dan setelah penyadapan 18 saluran per millimeter. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa kegiatan penyadapan mengakibatkan terjadinya penambahan jumlah saluran resin. Namun, hasil uji perbandingan statistik (uji-t) menjelaskan bahwa jumlah penyebaran saluran resin sebelum dan setelah penyadapan tidak terdapat perbedaan yang signifikan. Dari kelima

segmen yang diamati, hasil perhitungan jumlah saluran resin menunjukkan nilai yang hampir sama, namun pada segmen yang mendekati ke arah kulit luar kayu jumlah penyebaran saluran resin lebih banyak dibandingkan dengan dekat dengan empulur.

Hasil pengukuran diameter saluran resin yang dilakukan pada keempat sisi penyadapan. Berdasarkan klasifikasi sisi penyadapan, ukuran diameter saluran resin sebelum penyadapan berkisar 121,5-133,30 μm , sedangkan ukuran diameter saluran setelah penyadapan yaitu 129,58-139,31 μm . Dari keseluruhan sampel yang diuji diperoleh rata-rata diameter saluran resin yaitu 129,92 μm dan setelah penyadapan 135,15 μm . Hasil tersebut menjelaskan bahwa diameter saluran resin menjadi besar akibat kegiatan penyadapan.

Namun, berdasarkan hasil uji perbandingan statistik (uji-t) menunjukkan bahwa pengukuran diameter saluran sebelum dan setelah penyadapan tidak menunjukkan perubahan yang signifikan, begitu juga pengukuran yang dilakukan berdasarkan sisi penyadapan juga menunjukkan hasil yang tidak signifikan.

Dari hasil penelitian Susilowati (2013) tentang klasifikasi diameter saluran resin pohon pinus, diperoleh kandidat bocor getah tinggi antara 267,92-681,58 μm , kandidat bocor getah rendah 172,75-553,53 μm dan untuk kategori pohon normal atau yang tidak termasuk ke dalam bocor getah adalah 68,82-274,12 μm . Kategori tersebut menjelaskan bahwa pohon pinus yang diamati ini merupakan pohon pinus normal.



Gambar 3 Kecepatan gelombang suara longitudinal pada perlakuan koakan (a), dan kecepatan gelombang suara longitudinal pada koakan dan stimulansia (b).

Korelasi produksi getah pinus dengan karakteristik gelombang suara dan sifat anatomi kayu

Beberapa variabel yang diamati untuk pendugaan produksi getah, yaitu kecepatan rambatan gelombang secara longitudinal, kecepatan rambatan gelombang secara radial, kerapatan kayu,

jumlah dan diameter saluran resin. Dari kelima variabel yang dikorelasikan pada perlakuan koakan dan koakan plus stimulasi terdapat satu variabel yang mempunyai nilai korelasi yang tinggi yaitu jumlah saluran resin. Korelasi Pearson disajikan pada Tabel 1 dan 2.

Tabel 1 Korelasi produksi getah pada perlakuan tanpa stimulasi

Korelasi	N	Produksi Getah	V _{Longitudinal}	V _{Radial}	Kerapatan	Σ Saluran Resin	φ Saluran Resin
Produksi Getah	6	-	0,55 (0,25)	-0,24 (0,64)	0,41 (0,41)	0,88 (0,01)*	-0,51 (0,29)
V _{Longitudinal}	6	-	-	0,58 (0,22)	-0,06 (0,89)	0,29 (0,56)	-0,05 (0,92)
V _{Radial}	6	-	-	-	-0,38 (0,45)	-0,48 (0,33)	0,63 (0,17)
Kerapatan	6	-	-	-	-	0,40 (0,42)	0,11 (0,83)
Σ Saluran Resin	6	-	-	-	-	-	-0,73 (0,09)
φ Saluran Resin	6	-	-	-	-	-	-

Keterangan: N = jumlah sampel, V_{Longitudinal} = kecepatan gelombang suara longitudinal, V_{Radial} = kecepatan gelombang suara radial, Σ = jumlah, φ = diameter, angka dalam kurung menunjukkan nilai signifikansi, * = korelasi signifikan pada α < 0.05

Tabel 2 Korelasi produksi getah pada perlakuan dengan stimulasi

Korelasi	N	Produksi Getah	V _{Longitudinal}	V _{Radial}	Kerapatan	Σ Saluran Resin	Φ Saluran Resin
Produksi Getah	6	-	0,32 (0,53)	0,08 (0,87)	0,58 (0,22)	0,89 (0,01)*	0,17 (0,74)
V _{Longitudinal}	6	-	-	-0,13 (0,80)	0,11 (0,82)	0,37 (0,46)	0,67 (0,13)
V _{Radial}	6	-	-	-	0,73 (0,09)	-0,26 (0,61)	0,04 (0,93)
Kerapatan	6	-	-	-	-	0,29 (0,57)	0,08 (0,86)
Σ Saluran Resin	6	-	-	-	-	-	0,35 (0,49)
Φ Saluran Resin	6	-	-	-	-	-	-

Keterangan: N = jumlah sampel, V_{Longitudinal} = kecepatan gelombang suara longitudinal, V_{Radial} = kecepatan gelombang suara radial, Σ = jumlah, φ = diameter, angka dalam kurung menunjukkan nilai signifikansi, * = korelasi signifikan pada α < 0.05

Korelasi antara produksi getah pinus dengan jumlah saluran resin menghasilkan persamaan $y=1,55x-12,64$ dengan nilai koefisien korelasi sebesar 0.88 untuk perlakuan koakan, dan pada perlakuan koakan plus stimulasi menghasilkan persamaan $y=4,94x-67,09$ dengan koefisien korelasi = 0,89. Hasil menunjukkan bahwa terdapat korelasi yang positif dengan keeratan hubungan yang kuat pada produksi getah dengan jumlah saluran resin.

Kesimpulan

Penambahan stimulasi dapat meningkatkan produktivitas getah pinus hingga mencapai dua kali lipat dibandingkan kontrol. Hasil pengukuran kecepatan gelombang suara batang pohon belum dapat menjelaskan fenomena produktivitas getah pinus. Peningkatan produksi getah pinus sadapan lebih berkorelasi kuat dengan sifat anatomi pohon khususnya jumlah dan diameter saluran resin.

Ucapan Terima Kasih

Penulis ucapkan terima kasih kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi (DIKTI) yang telah memberikan Beasiswa Unggulan selama masa studi, dan ucapan terima kasih kepada pihak pengelola Hutan Pendidikan Gunung Walat (HPGW) yang telah memberikan fasilitas selama proses penelitian.

Daftar Pustaka

- Darmastuti IN. 2014. Penyempurnaan metode quare dan stimulasi organik pada penyadapan getah pinus. [Tesis]. Bogor: Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Fachroddi A, Suwarman U, Suhendang E, Harianto. 2009. Perbandingan daya saing produk gondorukem di pasar internasional. *J Man Agribisnis*. 6(2):7-11.
- Indrajaya Y, Handayani W. 2008. Potensi hutan *Pinus merkusii* Jungh sebagai pengendali tanah longsor di Jawa. *Info Hutan*. 5(3):231-240.
- Pandit KN, Kurniawan D. 2008. Struktur Kayu : Sifat kayu sebagai bahan baku dan ciri diagnostik kayu perdagangan Indonesia. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Purnawati RR. 2014. Produktivitas penyadapan getah pinus dengan metode bor tanpa pipa. [Skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Ross RJ. 1992. *Nondestructive Testing of Wood*. Prosiding Nondestructive evaluation of civil structures and materials. Colorado: University of Colorado Boulder.
- Santosa G. 2011. Pengaruh pemberian ETRAT terhadap peningkatan produktivitas penyadapan getah pinus (Studi kasus di KPH Sukabumi perum perhutani unit III Jawa Barat dan Banten). Bogor: LPPM, Institut Pertanian Bogor.
- Sukadaryati, Dulsalam. 2013. Teknik penyadapan pinus untuk peningkatan produksi melalui stimulan hayati. *J Hasil Hutan* 31(3):221-227.
- Sukadaryati. 2014. Pemanenan getah pinus menggunakan tiga cara penyadapan. *J Hasil Hutan*. 32(1):62-70.
- Surbakti ARE, Batubara R, Muhdi. 2014. Penggunaan Asam Sulfat (H_2SO_4) sebagai Stimulasi dalam Meningkatkan Produktivitas Getah Pinus dengan Metode Rill. *Penomona For Sci J*. 3(1):33-37.
- Susilowati A. 2013. Karakterisasi genetik dan anatomi kayu *Pinus*

merkusii kandidat bocor getah serta strategi perbanyakannya. [Tesis]. Bogor: Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor.

Wu H, Hu ZH. 1997. Ultrastructure of the resin duct initiation and formation in

Pinus tabulaeformis. *Chin J Bot.* (6):123-126.

Riwayat naskah:

Naskah masuk (*received*): 2 Oktober 2014

Diterima (*accepted*): 8 Desember 2014