

# Struktur Anatomi Saluran Resin pada *Pinus merkusii* Bergetah Banyak

## (*Resin Duct Anatomical Structure of High Resin Yielder Pinus merkusii*)

Arida Susilowati<sup>1)</sup>, Imam Wahyudi<sup>2)</sup>, Supriyanto<sup>3)</sup>, Iskandar Z Siregar<sup>3)</sup>, Corryanti<sup>4)</sup>, Apri H Iswanto<sup>5)</sup>

- 1) Koordinasi Perguruan Tinggi Swasta Wilayah I Sumatera Utara Jl. Setiabudi Tanjung Sari Medan 20155
- 2) Departemen Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor Kampus IPB Dramaga Bogor 16680
- 3) Departemen Silvikultur, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor Kampus IPB Dramaga Bogor 16680
- 4) Puslitbang SDH Perum Perhutani Cepu Jawa Tengah
- 5) Program Studi Kehutanan, Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara

*Corresponding author:* arida\_iswanto@yahoo.co.id (Arida Susilowati)

### Abstract

The objective of this research was to characterize resin duct anatomical structure of high resin yielder pine (*Pinus merkusii*) that influences resin production. Samples were collected from high resin yielder pine with different resin production class from seedling seed orchard Cijambu, Sumedang and normal trees from Bogor. Samples than evaluated through microscopic and macroscopic observation to get information about some parameter related to resin duct. The result on anatomical structure characterization showed that high resin yielder trees compared to that of normal one are as followed: darker in wood colour (reddish brown compared to creamy white), higher in number of axial resin duct ( $9.40 \pm 1.68 \text{ mm}^{-2}$  to  $10 \pm 1.30 \text{ mm}^{-2}$  compared to  $4 \pm 0.96 \text{ mm}^{-2}$ ), wider in resin duct diameter ( $468.89 \pm 98.72 \text{ }\mu\text{m}$  to  $562.11 \pm 181.62 \text{ }\mu\text{m}$  compared to  $109.42 \pm 11.26 \text{ }\mu\text{m}$ ), thicker in epithelium cell ( $50.81 \pm 12.20 \text{ }\mu\text{m}$  to  $58.59 \pm 9.55 \text{ }\mu\text{m}$  compared to  $23.17 \pm 87 \text{ }\mu\text{m}$ ). These differences may affect to quantity of resin yielder compared to normal producer.

**Key words:** anatomical structure, epithelium, high resin yielder, *Pinus merkusii*, resin duct

### Pendahuluan

*Pinus merkusii* bergetah banyak adalah merupakan sebutan untuk pohon-pohon pinus yang mampu memproduksi getah pinus di atas 50 g per 3 hari per pohon atau 16 g per hari, dan lebih tinggi dibandingkan dengan rata-rata produksi getah saat ini yang hanya 21 g per 3 hari per pohon. Selama ini penelitian yang terkait dengan pohon pinus bergetah

banyak hanya berupa survei morfologi dan pengukuran produksi, tetapi belum diikuti dengan karakterisasi anatomi saluran resinnya. Oleh karena itu, karakterisasi anatomi saluran resin dari pohon-pohon pinus bergetah banyak perlu segera ditemukan dan ditetapkan karena terkait langsung dengan produktivitas getah (resin) yang dihasilkan.

Saluran resin pada pohon pinus ada dua macam yaitu saluran aksial (sejajar sumbu batang dan terletak diantara sel-sel trakeida aksial) dan saluran radial (terdapat diantara sel-sel penyusun jari-jari kayu). Ukuran saluran resin aksial pada umumnya lebih besar dibandingkan dengan saluran resin radial. Seringkali kedua saluran tersebut saling berhubungan dan membentuk jaringan transportasi getah di dalam pohon (Santosa 2010).

Saluran resin pada kayu pinus terbentuk melalui proses *schizogenous* yaitu terpisahnya sel-sel parenkim sehingga menciptakan ruang-ruang kosong diantara sel-sel tersebut. Saluran yang bentuknya memanjang tersebut dikelilingi oleh sel-sel epitel di sebelah luarnya yang berfungsi sebagai lapisan selubung (Wu & Hu 1997, Evert 2006). Saluran resin juga melindungi pohon dari serangan hama dan penyakit serta patogen yang berasosiasi dengannya (Keeling & Bohlmann 2006, Ralph *et al.* 2007). Pada genus pinus, saluran resin dapat terbentuk secara alamiah maupun merupakan respon tumbuhan terhadap pelukaan (traumatis), sedangkan pada genus lain seperti abies dan tsuga, saluran resin hanya terbentuk jika terdapat luka pada jaringan pohon (Fahn 1979, Evert 2006).

Penelitian terkait dengan keberadaan saluran resin pada Pinaceae telah dilaporkan oleh beberapa peneliti seperti Hanes (1927), Mergen *et al.* (1955), Werker dan Fahn (1969), Fahn (1979), Wu *et al.* (1987), Wu (1990), Wu dan Hu (1997). Keberadaan saluran resin pada pohon pinus yang produksi getahnya tergolong normal telah pula dilaporkan oleh Martawijaya *et al.* (1989), Mandang dan Pandit (2002). Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa saluran resin radial pada pohon pinus normal

memiliki lebar 16-48  $\mu\text{m}$ , tinggi 90-510  $\mu\text{m}$  dengan frekuensi 3-7 saluran per mm.

Ukuran saluran resin pada pohon pinus bergetah banyak diduga lebih besar, tetap atau bahkan lebih kecil tetapi dengan frekuensi yang lebih banyak. Sel-sel epitel yang mengelilingi saluran resin pada pohon pinus bergetah banyak juga diduga lebih tebal. Namun, informasi yang mendukung pernyataan tersebut sampai saat ini belum tersedia. Berdasarkan hal tersebut maka penelitian ini bertujuan untuk mempelajari struktur anatomi saluran resin pada kayu pinus bergetah banyak.

## Bahan dan Metode

### Bahan

Bahan utama yang digunakan adalah kayu pinus dari dua pohon plus umur 28 tahun yang diperoleh dari Kebun Benih Semai Cijambu, Sumedang dan satu pohon pinus produksi getah normal umur 18 tahun yang tumbuh di areal rumah kaca Departemen Silviculture, Fakultas Kehutanan IPB. Masing-masing pohon pinus bergetah banyak mewakili kelas produksi rendah (59,2 g per pohon per 3 hari) dan kelas produksi tinggi (159 g per pohon per 3 hari).

### Metode

#### *Pengambilan sampel dan pengumpulan data*

Pengambilan sampel dilakukan dengan melubangi batang pohon secara horizontal pada 4 (empat) arah mata angin pada ketinggian sekitar setinggi dada menggunakan bor riap berdiameter 0,5 cm. Panjang sampel pengeboran ditetapkan sampai dengan batas empulur. Total keseluruhan sampel uji sebanyak 12 buah. Seluruh sampel kemudian diberi label nama pohon dan arah

pengeboran, dan selanjutnya disimpan dengan wadah tertutup yang berisi larutan alkohol untuk mencegah serangan jamur. Identitas pohon yang digunakan untuk sampel pengujian anatomi disajikan pada Tabel 1.

Data sifat anatomi kayu yang dikumpulkan berupa data primer dan data sekunder. Pengumpulan data primer dilakukan melalui pengamatan, pengukuran dan pengujian langsung di lapangan dan di laboratorium. Data sekunder diperoleh dari buku Atlas Kayu Indonesia (Martawijaya *et al.* 1989) dan buku pedoman identifikasi jenis kayu di lapangan (Mandang & Pandit 2002).

#### ***Pengamatan makroskopis***

Pengamatan makroskopis dilakukan dengan bantuan mikroskop cahaya terhadap sampel hasil pengeboran kayu. Variabel yang diukur meliputi jumlah saluran resin, frekuensi saluran resin per satuan luas dan diameter saluran resin.

#### ***Pengamatan mikroskopis***

Penelitian struktur mikroskopis saluran resin pada masing-masing riap tumbuh dilakukan melalui tiga tahapan yaitu pembuatan preparat mikrotom, pengamatan dan pengukuran, serta pembuatan foto mikroskopis dari setiap bidang pengamatan (lintang, radial dan tangensial).

Pembuatan preparat mengikuti prosedur Sass (1961) dengan beberapa modifikasi. Sampel uji direndam dalam larutan PEG 2000 dan alkohol 96% dengan perbandingan 1:5 (v/v) untuk menghindari rusaknya sel-sel epitel yang ada, kemudian dimasukkan ke dalam oven pada suhu 60 °C selama kurang lebih 5 hari untuk menguapkan alkohol yang ada. Selanjutnya dicetak dalam kotak kertas (dibuat secara khusus) dan dibekukan dalam lemari pendingin agar mudah disayat.

Penyayatan dilakukan pada ketiga bidang pengamatan yaitu lintang, radial, dan tangensial menggunakan mikrotom. Sayatan dibuat dengan ketebalan 15-25 µm. Sayatan mikrotom yang utuh (tidak rusak) selanjutnya dicuci dengan air destilata, lalu didehidrasi bertingkat dalam etanol 30, 50, 70, dan 100% masing-masing selama 15 menit. Selanjutnya sayatan direndam berturut-turut dalam larutan karboksilol dan toluena, lalu direkatkan pada gelas objek dengan bantuan entelan dan siap untuk diamati.

Pengamatan dan pengukuran terhadap saluran resin dilakukan dibawah mikroskop *Axio Imager Alm Zeis* type Z2 dengan pembesaran 2,5-20 kali. Setelah pengukuran, dilakukan pengambilan gambar dengan menggunakan kamera yang terintegrasi dengan mikroskop.

Tabel 1 Identitas sampel untuk pengujian anatomi saluran resin

Kode pohon	Produksi getah (g per 3 hari)	Tinggi total (m)	Tinggi bebas cabang (m)	Keliling (cm)	Tebal kulit (cm)	Umur (tahun)	Posisi pohon
1402	159,0	24,0	10,0	122,0	2,0	28	06'49"940; 107'47"503
109A	59,2	25,0	9,5	119,0	2,0	28	06'50"093; 107'47"387
Normal	7,0	13,0	7,0	68,1	0,8	18	-

Sementara itu, pengukuran sudut penebalan spiral dilakukan dengan bantuan *software scan image* dengan 50 kali ulangan.

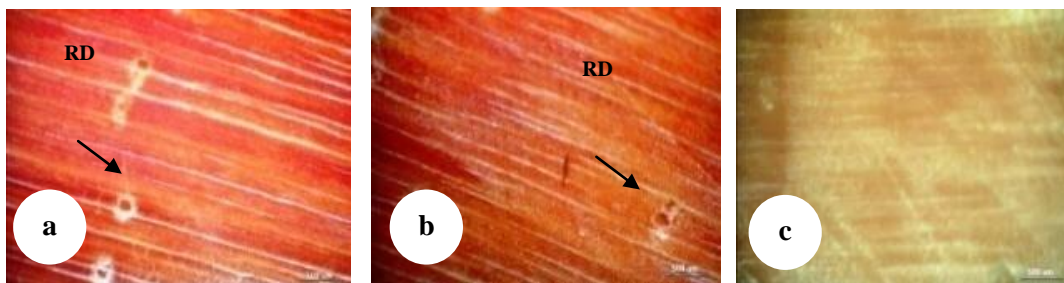
## Hasil dan Pembahasan

### Pengamatan makroskopis

Hasil pengamatan makroskopis warna kayu (Gambar 1) berdasarkan *Munsell colour chart* (1991) memperlihatkan bahwa warna kayu pinus bergetah banyak cenderung lebih gelap (coklat kemerahan/2,5 YR:4/4), berbeda dibandingkan dengan warna kayu pinus normal (krem keputihan/2,5 Y:6/4). Warna kayu yang dihasilkan pada pinus bergetah banyak tersebut sama dengan warna yang terdapat pada kayu pinus *strain* Aceh hasil penelitian Suhaendi (2000). Hasil penelitian tersebut juga sama dengan hasil penelitian Matangaran (2006) yang menyebutkan pohon pinus bergetah banyak memiliki kayu berwarna kemerahan.

Hasil pengamatan makroskopis memperlihatkan bahwa saluran resin pada kayu pinus bergetah banyak, lebih banyak terdapat di bagian kayu akhir dan di daerah peralihan antara kayu awal dan kayu akhir. Hasil yang sama juga dijumpai pada jenis pinus dan konifer lainnya menurut penelitian Fahn (1979),

Alfieri dan Evert (1968), Zamski (1972). Hasil perhitungan memperlihatkan adanya variasi lebar riap tumbuh serta jumlah dan diameter saluran resin pada masing-masing riap tumbuh (Tabel 2). Semakin lebar riap tumbuh, jumlah saluran resin cenderung bertambah. Tabel 2 menunjukkan bahwa riap tumbuh nomor 1-18, 22, dan 23 relatif lebih sempit dengan jumlah saluran resin yang juga lebih sedikit, sedangkan riap tumbuh nomor 16, 23, dan 24-28 lebih lebar dengan jumlah saluran resin yang lebih banyak. Hal ini sesuai dengan Panshin dan De Zeeuw (1980) yang menyatakan bahwa pohon pinus penghasil getah tinggi dicirikan dengan riap tumbuh yang lebih lebar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa riap tumbuh terlebar pada pohon dengan kelas produksi getah tinggi terdapat pada riap tumbuh nomor 25 dengan jumlah saluran sebanyak 77 buah. Pada pohon kandidat bergetah banyak yang lebih rendah, riap tumbuh terlebar juga terdapat pada riap tumbuh nomor 25 tetapi dengan jumlah saluran resin hanya sebanyak 70 buah. Ini menandakan bahwa antara lebar riap tumbuh dengan jumlah saluran resin terdapat hubungan yang positif. Semakin lebar riap tumbuhnya, akan semakin banyak saluran resin.



Gambar 1 Penampang lintang ( $12 \text{ mm}^2$ ) kayu pinus kandidat bergetah banyak kelas tinggi (a), kandidat bergetah banyak kelas rendah (b), pinus produksi getah normal (c).

Tabel 2 Distribusi jumlah dan ukuran saluran resin pada masing-masing riap tumbuh

Riap tumbuh ke-	Kandidat bergetah banyak tinggi (umur 28 tahun)			Kandidat bergetah banyak rendah (umur 28 tahun)			Normal (umur 18 tahun)		
	Lebar riap tumbuh (mm)	Jumlah saluran resin	Rata-rata diameter saluran resin ( $\mu\text{m}$ )	Lebar riap tumbuh (mm)	Jumlah saluran resin	Rata-rata diameter saluran resin ( $\mu\text{m}$ )	Lebar riap tumbuh (mm)	Jumlah saluran resin	Rata-rata diameter saluran resin ( $\mu\text{m}$ )
1	4	10	360,42	3	6	172,75	3	-	-
2	2	10	336,62	2	5	340,19	4	1	187,6
3	1	6	363,61	1,5	4	491,94	3	1	274,8
4	1,5	8	346,53	1	2	553,53	1,5	1	144,3
5	1	5	375,78	1	2	496,57	3,2	2	93,8
6	1	6	341,27	1,5	6	496,71	2	2	125,2
7	2	10	392,27	1,1	5	464,63	6,5	4	100,2
8	4	12	281,53	1,2	6	515,53	7	4	69,0
9	3	2	280,31	2	5	508,81	4,8	3	93,8
10	3	10	423,48	1	3	823,39	4	2	106,2
11	2	8	422,21	1	3	328,73	7	3	68,8
12	1	5	681,58	1,9	6	402,23	4	2	76,0
13	5	17	445,45	1	4	463,42	8	4	87,5
14	7	21	658,86	1,1	6	542,28	7	2	125,8
15	5	13	652,92	3	8	507,50	6	3	100,0
16	9	30	650,58	1	3	447,42	8	5	106,8
17	4	11	480,98	2	7	494,11	7	4	137,6
18	4	14	407,62	11	31	492,60	8	6	131,4
19	3	10	444,07	11,5	44	493,53	10	7	82,2
20	4	14	467,62	8	22	497,38	-	-	-
21	4	10	267,92	2	9	494,11	-	-	-
22	6	30	509,10	5	19	497,76	-	-	-
23	20	69	507,11	10	32	487,29	-	-	-
24	12	44	485,06	19	40	486,33	-	-	-
25	22	77	465,52	20	70	484,95	-	-	-
26	10	35	463,06	5	16	397,37	-	-	-
27	15	60	457,75	12	40	471,75	-	-	-
28	8	22	455,58	15	44	462,75	-	-	-

Lebar riap tumbuh terkait dengan laju pertumbuhan pohon akibat kegiatan pemeliharaan yang dilakukan. Kegiatan pemeliharaan mampu meningkatkan pertumbuhan pohon dan memacu terbentuknya saluran resin, sehingga menghasilkan jumlah saluran resin yang lebih banyak walaupun dari segi kerapatan (frekuensi) lebih rendah dibandingkan dengan lingkaran tahun yang sempit. Beberapa penelitian pada jenis pinus yang lain memperlihatkan hasil yang sama.

Pada *P. sylvestris*, jumlah saluran resin aksial meningkat seiring dengan semakin lebarnya lingkaran tumbuh, namun kerapatan saluran resin per cm<sup>2</sup> lebih tinggi pada pohon dengan lingkaran tumbuh yang lebih sempit. Pada *P. taeda* Wimmer (2002) menemukan adanya hubungan negatif antara lebar lingkaran tumbuh dengan kerapatan saluran resin. Menurut Zamski (1972), jumlah saluran resin di dalam kayu berhubungan erat dengan ketersediaan air. Kekurangan air menurunkan aktifitas pembelahan sel kambium yang berakibat menurunnya jumlah saluran resin yang dihasilkan.

Hasil perhitungan jumlah saluran resin aksial pada pinus bergetah banyak kelas

rendah (59, 2 g per pohon per 3 hari) dan tinggi (159 g per pohon per 3 hari) menunjukkan nilai yang hampir sama, namun memiliki lebar diameter saluran resin aksial yang berbeda. Kandidat bergetah banyak tinggi memiliki diameter saluran resin yang lebih lebar. Pinus normal memiliki jumlah saluran resin lebih sedikit dan diameter saluran resin yang lebih sempit dibandingkan kandidat bergetah banyak kelas tinggi dan kandidat bergetah banyak kelas rendah. Hasil pengukuran lanjutan terhadap diameter, jumlah dan frekuensi saluran resin pada pohon pinus bergetah banyak memperlihatkan jumlah yang lebih banyak jika dibandingkan dengan yang terjadi pada pohon pinus normal (Tabel 3).

Peningkatan jumlah dan diameter saluran resin inilah yang menyebabkan adanya perbedaan produksi getah antara pohon pinus bergetah banyak dengan pohon pinus normal. Saluran resin merupakan tempat penampungan sekresi yang dihasilkan dari mekanisme pohon yang mengalami gangguan (*stress*). Semakin banyak jumlah dan semakin lebar diameter saluran resin, getah yang tertampung akan semakin banyak.

Tabel 3 Perbandingan rata-rata jumlah, frekuensi dan diameter saluran resin radial pada pinus kandidat bergetah banyak dan pinus normal

Variabel	Normal	Bergetah banyak kelas rendah	Peningkatan (%)	Bergetah banyak kelas tinggi	Peningkatan (%)
Jumlah saluran resin	4±0,96	10±1,30	150 **	9,40±1,68	135,0 **
Frekuensi (mm <sup>-2</sup> )	4±0,96	10,12±1,29	153 **	9,30±1,69	132,5**
Diameter saluran resin aksial (µm)	109,42±11,26	468,89±98,72	330 **	562,11±181,62	415,5**

Keterangan: \* Berbeda nyata pada selang kepercayaan 95%

\*\*Sangat berbeda nyata pada selang kepercayaan 99%

### Pengamatan mikroskopis saluran resin

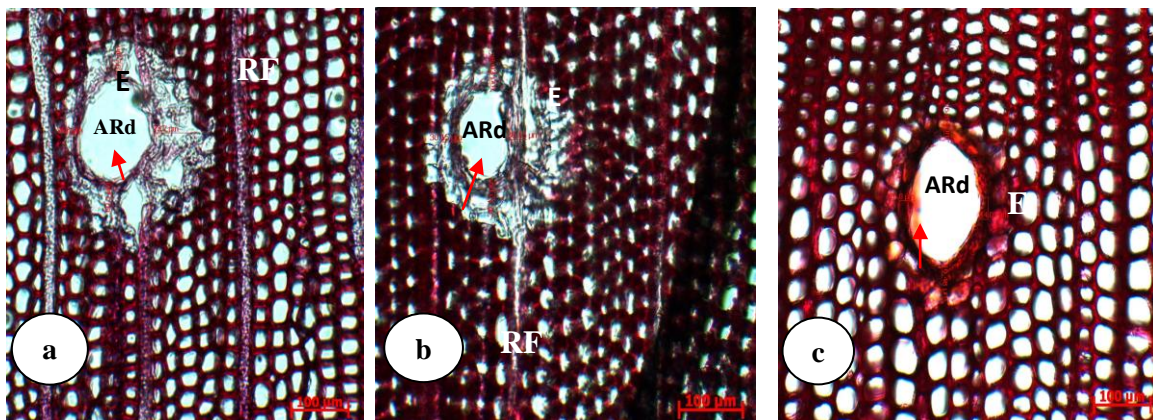
Saluran resin pada genus pinus dicirikan dengan adanya sel-sel epitelium yang berfungsi sebagai selubung. Sel epitelium pada saluran resin aksial ini berasal dari initial fusiform dan terbentuk pada akhir proses diferensiasi kambium (Fahn 1979). Hasil pengukuran memperlihatkan bahwa sel-sel epitelium saluran resin aksial pada pohon pinus kandidat bergetah banyak pada umumnya lebih tebal dibandingkan dengan pohon pinus normal (Gambar 2). Hal tersebut mengakibatkan produksi getah pada pohon pinus bergetah banyak lebih tinggi dibandingkan dengan pohon pinus normal.

Pengamatan terhadap diameter saluran resin radial memperlihatkan hasil yang berbeda (Tabel 4). Pada pohon pinus kandidat bergetah banyak tinggi, diameter saluran resin radial lebih lebar dibandingkan dengan diameter saluran resin radial pada pohon pinus kandidat bergetah banyak rendah, namun lebih rendah dibandingkan dengan diameter saluran resin radial pada pohon pinus normal. Sel-sel epitel pada pohon pinus kandidat bergetah banyak lebih tebal dibandingkan dengan sel-sel epitel pada pohon pinus normal, sehingga hal tersebut jelas menunjukkan bahwa produksi getah lebih ditentukan oleh ketebalan sel-sel epitelium yang mengelilingi saluran resin.

Tabel 4 Rata-rata diameter saluran resin radial dan ketebalan epitel

Variabel	Normal	Bergetah banyak kelas rendah	Peningkatan (%)	Bergetah banyak kelas tinggi	Peningkatan (%)
Diameter saluran resin radial ( $\mu\text{m}$ )	32 <sup>na</sup>	17,11±6,43	53,4**	28,70±6,17	9 <sup>ns</sup>
Tebal sel epitelium ( $\mu\text{m}$ )	23,17±8,37	58,59± 9,55	186**	50,81± 12,20	148,5*

Keterangan: \* Mandang dan Pandit (2002), *not available* \* Berbeda nyata pada selang kepercayaan 95% \*\* Sangat berbeda nyata pada selang kepercayaan 99%



Gambar 2 Saluran resin aksial dan sel-sel epitel pada pohon pinus bergetah banyak tinggi (a), bergetah banyak rendah (b), dan pinus produksi getah normal (c). ARd: saluran resin aksial, E: epitel, RF: jari-jari *fusiform*.

Pada penelitian ini jumlah saluran resin radial, frekuensi, diameter saluran resin aksial dan ketebalan epitelium pada pohon pinus kandidat bergetah banyak kelas tinggi dan kelas rendah tidak jauh berbeda. Perbedaan hanya terdapat pada lebar diameter saluran resin aksial dan hal tersebut menyebabkan getah yang tertampung lebih banyak pada pinus bergetah banyak kelas tinggi. Hal tersebut terkait dengan prinsip viskositas fluida pada aliran getah pinus yang ditentukan oleh jumlah dan diameter saluran resin.

Pohon-pohon dengan diameter saluran getah yang lebih lebar mampu menampung getah hasil sekresi epitel lebih banyak dibandingkan dengan pohon dengan diameter saluran getah sempit. Pada kandidat bergetah banyak kelas tinggi dan kelas rendah terdapat sedikit perbedaan jumlah saluran resin aksial dan radial pada bergetah banyak kelas tinggi namun keduanya memiliki perbedaan diameter saluran resin, sehingga menyebabkan getah yang tertampung lebih banyak pada pinus bergetah banyak kelas tinggi.

Selain dipengaruhi oleh genetika pohon yang secara alami memiliki kemampuan produksi getah yang berbeda, pembentukan saluran resin pada pohon pinus dipengaruhi oleh faktor lingkungan dan fisiologis pohon. Secara fisiologis pembentukan saluran resin juga terkait dengan hormon pertumbuhan seperti yang telah dijelaskan pada beberapa penelitian terdahulu. Fahn dan Zamski (1970) menunjukkan adanya peranan *indole 3-acetic acid* dan *naphthalena acetyl acid* dalam pembentukan saluran resin dan lebar riap tumbuh. Selain itu, etilen juga berperan dalam pembentukan saluran resin (Abeles *et al.* 1992, Yamamoto & Kozlowski 1987). Etilen berperan sebagai penghubung antara

faktor luar dan pembentukan saluran resin. Pada kondisi *stress* abiotik seperti adanya bahan kimia, suhu yang ekstrim, kekeringan, penyiangan, serangan hama penyakit dan gangguan pertumbuhan menyebabkan etilen melepaskan senyawa yang menstimulasi pembentukan saluran resin.

### **Penebalan spiral**

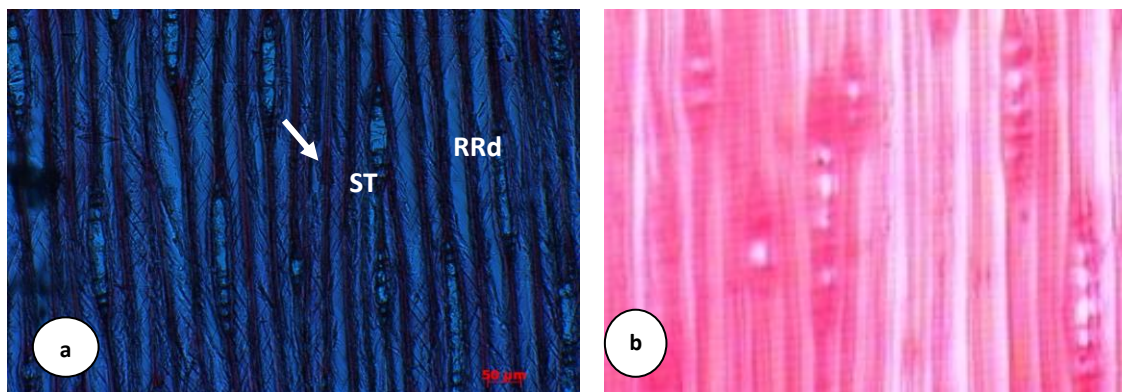
Penebalan spiral hanya terjadi di bagian pembuluh beberapa spesies kayu daun lebar dan trakeid pada *taxus* dan *douglas fir*. Pada jenis-jenis konifer keberadaan penebalan spiral menjadi salah satu penampakan yang cukup efektif untuk tujuan identifikasi kayu. Pada kasus jenis *taxus*, tidak ditemukan adanya saluran resin, kebalikan dari *douglas fir*. Fenomena penebalan spiral pada kayu daun lebar lebih umum dijumpai dibandingkan dengan kayu daun jarum. Adanya penebalan spiral yang berhubungan dengan porositas, inklusi tilosis, *pit* dan tipe bidang perforasi akan memudahkan bagi identifikasi jenis-jenis kayu daun lebar (Hanson 2004). Penebalan spiral hanya ditemukan pada kandidat bergetah banyak kelas tinggi dengan sudut antara 20-35° (Tabel 5).

Fenomena penebalan spiral umumnya terjadi di kayu yang tumbuh di daerah sub tropis yang disebabkan oleh faktor perubahan musim (Wheeler *et al.* 1989). Yuniati (2012) menemukan adanya penebalan spiral pada klon jati hasil percepatan pertumbuhan yang memiliki diameter besar. Hal tersebut diduga terkait dengan pertumbuhan yang cepat sehingga mengakibatkan adanya penimbunan polisakarida pada dinding sel yang tidak merata. Pada pohon pinus bergetah banyak kelas tinggi ditemukan juga terjadinya penebalan spiral sedangkan pada pinus produksi getah normal tidak ditemukan penebalan spiral.



Tabel 5 Sudut penebalan spiral pada kandidat bergetah banyak

Ulangan	Sudut (°)	Ulangan	Sudut (°)	Ulangan	Sudut (°)	Ulangan	Sudut (°)	Ulangan	Sudut (°)
1	30,51	11	33,03	21	23,3	31	31,68	41	29,53
2	27,75	12	31,36	22	26,57	32	37,97	42	29,36
3	30,84	13	34,48	23	26,57	33	28,09	43	28,86
4	23,43	14	27,98	24	23,33	34	29,51	44	25,28
5	25,07	15	27,65	25	27,36	35	25,54	45	25,78
6	30,38	16	26,83	26	24,7	36	23,88	46	30,58
7	19,8	17	25,91	27	23,88	37	27,53	47	36,23
8	28,18	18	25,44	28	32,83	38	29,98	48	34,78
9	31,98	19	22,81	29	29,62	39	23,79	49	37,48
10	32,98	20	29,48	30	27,04	40	29,19	50	27,22



Gambar 3 Penebalan spiral pada serat kayu pohon pinus kandidat bergetah banyak tinggi (a) dan serat pada pohon pinus produksi getah (b). ST: penebalan ulir, RRd: saluran resin radial.

### Kesimpulan

Hasil karakterisasi secara anatomi memperlihatkan bahwa kayu pohon pinus bergetah banyak memiliki warna yang lebih gelap (coklat kemerahan) dibandingkan dengan kayu pinus pohon normal (krem keputihan). Warna coklat kemerahan pada kandidat bergetah banyak tersebut selanjutnya dapat digunakan sebagai salah satu indikator untuk seleksi awal kandidat bergetah banyak. Selain perbedaan warna kayu, pohon pinus kandidat bergetah banyak

memiliki jumlah saluran resin aksial yang lebih banyak, diameter saluran resin lebar dan sel epitel yang lebih tebal dibandingkan dengan pinus normal. Semakin banyak jumlah saluran resin, semakin lebar diameter dan semakin tebal sel epitel maka getah yang tertampung menjadi lebih banyak. Pada pohon pinus kandidat bergetah banyak kelas tinggi ditemukan adanya penebalan spiral dengan besar sudut berkisar antara 20-35° dan tidak ditemukan penebalan spiral pada pinus normal.

## Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada SEAMEO-BIOTROP atas dukungan dana penelitian melalui program *Ph.D Research Grant* tahun 2011.

## Daftar Pustaka

- Abeles FB, Morgan PW, Salveit ME. 1992. *Ethylene In Plant Biology*. New York: Academic Press.
- Alfieri FJ, Evert RF. 1968. Seasonal development of the secondary phloem in *Pinus*. *Am. J Bo.* 55:518–528.
- Evert RF. 2006 *Esau's Plant Anatomy, Meristems, Cells, and Tissues of the Plant Body: their Structure, Function, and Development*. 3rd edn. New Jersey: John Wiley & Sons Inc.
- Fahn A. 1979. *Secretory Tissues in Plant*. London: Academic Press.
- Fahn A, Zamski E. 1970. The influence of pressure, wind, wounding and growth substances on the rate of resin duct formation in *Pinus halepensis* wood. *Israel J Bot.* 19:429–446.
- Hanes CS. 1927. Resin canals in seedling conifers. *Bot. J Linn. Soc.* 47:613–616.
- Hanson K. 2004. *Wood Structure and Properties*. Mount Wachuset: Mount Wachuset Community College.
- Keeling CI, Bohlmann J. 2006. Genes, enzymes and chemicals of terpenoid diversity in the constitutive and induced defense of conifers against insects and pathogens. *New Phytologist* 170:657–675.
- Mandang IY, Pandit IKN. 2002. *Pedoman Identifikasi Jenis Kayu di Lapangan*. Bogor: Prosea.
- Martawijaya, Kartasujana I, Kadir K, Prawira SA. 1989. *Atlas Kayu Indonesia*. Jilid II. Bogor: Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan.
- Matangaran JR. 2006. Catatan untuk penyadap getah pinus. *Duta Rimba* 8: 22-23.
- Mergen E, Hoekstra P, Echols RM. 1955. Genetic control of oleoresin yield and viscosity in slash pine. *For. Sci.* 1(1):19-30.
- Munsell Colour Company. 1991. *Munsell Soil Color Charts*. Victoria: Macbeth-Division of Kollmorgen Instruments Corp.
- Panshin AJ, De Zeeuw C. 1980. *Textbook of Wood Technology: Structure, Identification, Uses, and Properties of the Commercial Woods of the United States and Canada*. New York: McGraw-Hill Book Company.
- Ralph PJ, Tomasko D, Moore K, Seddon S. 2007. Human impacts on seagrasses: eutrophication, sedimentation, and contamination. 567–593.
- Santosa G. 2010. *Pemanenan Hasil Hutan Bukan Kayu*. Bogor: Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor.
- Sass JE. 1961. *Botanical Mikroteknique* 3rd ed. Iowa: The Iowa State University Press.
- Suhaendi H. 2000. Pola pewarisan genetika sifat-sifat kayu *Pinus merkusii* strain Tapanuli dan strain Aceh. Editor. *Prosiding Diskusi Peningkatan Kualitas Kayu*. Bogor, 24 Pebruari 2000. Bogor: Pusat Penelitian Hasil Hutan. Balitbang Kehutanan.
- Werker E, Fahn A. 1969. Resin ducts of *Pinus halepensis* Mill. Their structure,

- development and pattern of arrangement. *Bot. J Linn. Soc.* 62: 379–411.
- Wheeler EA, Baas P, Gasson PE. 1989. IAWA List of microscopic feature for hardwood identification. *IAWA Bull.* 10(30):219-332.
- Wimmer R. 2002. Wood anatomical features in tree-rings as indicators of environmental change. *Dendrochronologia* 20:21–36.
- Wu H, Hu ZH. 1997. Ultrastructure of the resin duct initiation and formation in *Pinus tabulaeformis*. *Chin. J Bot.* 6:123-126.
- Wu H. 1990. The initiation and development of the resin ducts in *Pinus tabulae formis* Carr. *Wuhan J Bot. Res.* 8:311–316.
- Wu H, Hu ZH, Jing RQ. 1987. The structure, distribution and development of the resin ducts in the secondary structure of stem of *Pinus tabulaeformis* Carr. *Acta Bot. Boreali-occidentalia Sin.* 7:157–162.
- Yamamoto F, Kozłowski TT. 1987. Effect of flooding, titling of stem, and ethrel application on growth, stem anatomy, and ethylene production of *Pinus densiflora* seedlings. *J Exp. Bot.* 38:293–310.
- Yunianti AD. 2012. Karakteristik struktur nano dinding sel dan kaitannya dengan sifat-sifat kayu (studi kasus kayu jati klon umur 7 tahun) [Disertasi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Zamski E. 1972. Temperature and photoperiodic effects on xylem and vertical resin duct formation in *Pinus halepensis* Mill. *Israel J Bot.* 21:99–107.
- Riwayat naskah (*article history*)  
 Naskah masuk (*received*): 11 Februari 2013  
 Diterima (*accepted*): 21 April 2013