

PERBEDAAN STRUKTUR XILEM BATANG SENGON (*Falcataria moluccana*) DARI PROVENAN SOLOMON DAN WAMENA

The differences of stem xylem structures of sengon (Falcataria moluccana) from Solomon and Wamena Provenances

Lucy Ana Cahya Inkasari¹, Liliana Baskorowati², dan Anti Damayanti¹

¹Fakultas Biologi, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga
Jl. Marsda Adisucipto Yogyakarta 55281, Indonesia

²Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan
Jl. Palagan Tentara Pelajar, Km.15, Purwobinangun, Pakem, Sleman, Yogyakarta, Indonesia
email: lbaskorowati@yahoo.com

Tanggal diterima: 12 Oktober 2015, Tanggal direvisi: 30 Oktober 2015, Disetujui terbit: 10 Juni 2016

ABSTRACT

Sengon (Falcataria moluccana) is fast growing species mostly planted by farmers due to its high productivity. Sengon originating from Solomon Island has been known with the high productivity eventhough susceptible to gall rust attack; on the other hand, sengon originating from Wamena is known to be more tolerant to gall rust attack. There is no previous study in terms of stem xylem structures comparing sengon from those seed origins. Therefore, this study was undertaken to identify the differences in anatomical structure of sengon stem; and to compare the xylem cell based on proportions and dimensions of the stems between the two provenances. Six stem samples of tolerant Wamena provenance and six samples of susceptible Solomon provenance were used in this study. Samples were collected from progeny trial of sengon in Lumajang, Jawa Timur. The observations include the anatomical structures and vessel element, parenchyma apotracheal cell, parenchyma paratracheal cell, xylem fiber, fiber length, and fiber diameter. The result showed that there was no difference in terms of anatomical structures between sengon Wamena (tolerant) and Solomon (susceptible) stem in cross section, tangential and radial section of periderm, phloem, secondary xylem (vessel cell, xylem fiber, and parenchyma xylem) and pith. However, in one of susceptible stem sample, a black reaction zone on the secondary xylem was found. Analysis of variance showed that parenchyma paratracheal cell, apotracheal cell, number of xylem fibers, xylem fiber diameter and length were not significantly different between stem of sengon Wamena (tolerant) and Solomon (susceptible).

Keywords: *anatomy, sengon stem, xylem, Solomon, Wamena*

ABSTRAK

Sengon (*Falcataria moluccana*) merupakan salah satu jenis tanaman cepat tumbuh yang banyak ditanam masyarakat, karena produktifitas yang tinggi. Sengon provenan Solomon ditengarai mempunyai produktivitas yang tinggi meskipun tidak tahan terhadap penyakit karat tumor, sedangkan sengon provenan Wamena diketahui mempunyai ketahanan yang lebih baik terhadap penyakit karat tumor. Studi tentang perbandingan struktur *xylem* batang sengon dari provenan tersebut belum pernah dilakukan sebelumnya. Oleh karena itu penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perbedaan struktur anatomi dan perbandingan berdasarkan proporsi dan dimensi sel xilem antara batang sengon Solomon dan Wamena. Enam contoh batang rentan penyakit karat tumor provenan Solomon dan 6 contoh batang tahan karat tumor provenan Wamena digunakan dalam penelitian ini. Contoh kayu diambil dari petak uji keturunan sengon di Lumajang, Jawa Timur. Hasil penelitian menunjukkan bahwa secara penampang melintang, tangensial dan radial pada bagian periderm hingga bagian empulur tidak ada perbedaan struktur anatomi batang antara sengon Solomon dan Wamena. Namun demikian, pada salah satu contoh Solomon, terdapat zona reaksi berwarna hitam pada bagian xilem sekunder. Hasil analisis varian menunjukkan bahwa sel parenkim paratrakeal, apotrakeal, jumlah serat xilem, panjang serat xilem dan diameter serat xilem tidak menunjukkan perbedaan nyata antara batang sengon dari Wamena (toleran) dan Solomon (rentan).

Kata kunci: *anatomi, batang sengon, xilem, Solomon, Wamena*

I. PENDAHULUAN

Sengon (*Falcataria moluccana*) merupakan spesies cepat tumbuh (*fast growing species*) yang banyak dibudidayakan oleh masyarakat karena kemudahannya beradaptasi dengan lingkungan dan nilai ekonomi yang tinggi. Sengon mempunyai produktivitas yang tinggi dengan riap rata-rata pertahun antara 10–25 m³/ha/th (8 tahun) dan 30-40 m³/ha/th (12 tahun), dengan pola usaha tani, riap dapat mencapai 16,78 m³/ha/th; dan pada tanaman sengon umur 7 tahun dengan perlakuan seleksi riap dapat ditingkatkan menjadi 27,26 m³/ha/th (Rimbawanto, 2008; Soerianegara & Lemmens, 1993). Sampai saat ini, sengon yang berasal dari kepulauan Solomon diyakini merupakan sengon dengan produktivitas yang paling tinggi (Hardiyanto, 2010). Beberapa penelitian sebelumnya menyatakan bahwa sengon Solomon memiliki pertumbuhan yang lebih cepat dibandingkan dengan sengon lokal, dengan produktivitas 3 kali lipat dibandingkan dengan sengon lokal. Sengon Solomon mempunyai rerata pertumbuhan tinggi 5 m dan diameter 5,7 cm pada umur 1 tahun; serta memiliki rerata pertumbuhan diameter 16 cm saat 2 tahun, dan 19 cm pada umur 3 tahun (Hardiyanto, 2010; Setiadi, Baskorowati, & Susanto, 2014). Hasil penelitian pada petak uji keturunan sengon Solomon oleh Setiadi, Baskorowati, dan Susanto (2014) menyatakan bahwa rerata pertumbuhan tinggi dan diameter umur 6, 12 dan 18 bulan berturut-turut adalah 2,42 m dan 2,97 cm; 4,74 m dan 5,56 cm, serta 17,35 m dan 7,39 cm.

Namun demikian, produktivitas yang tinggi dari sengon Solomon tersebut sangat terkendala dengan adanya serangan penyakit karat tumor. Sengon yang berasal dari Solomon merupakan jenis sengon yang sangat mudah tertular penyakit karat tumor dibandingkan dengan sengon dari Indonesia. Penelitian pada petak uji keturunan sengon di Bondowoso oleh Setiadi et al. (2014) memperlihatkan bahwa pada umur 6 bulan sengon Solomon mulai terserang

karat tumor dengan nilai luas serangan 0,85% dan intensitas serangan 0,51%; yang meningkat secara nyata pada saat umur tanaman 1 tahun yaitu 39,60% (luas serangan) dan 17,99% (intensitas serangan). Semua famili sengon Solomon yang tumbuh dalam petak uji sengon Solomon di Bondowoso (25 famili, 4 tree plot, 8 blok) terserang penyakit karat tumor sejak umur 6 bulan dengan luas serangan dan intensitas serangan yang bervariasi antar famili (Setiadi, et al., 2014).

Sengon yang berasal dari Wamena, sebaliknya, diketahui merupakan jenis sengon yang lebih tahan terhadap penyakit karat tumor, karena menunjukkan luas dan intensitas serangan yang lebih rendah (Baskorowati & Nurrohmah, 2011; Baskorowati, Susanto, & Charomaeni, 2012). Lebih lanjut Rahayu, Shukor, See, dan Saleh (2009) dengan hasil penelitiannya terkait inokulasi buatan jamur *U. falcatarium* pada semai sengon umur 6 minggu di persemaian menemukan bahwa semai yang berasal dari Wamena lebih tahan terhadap penyakit karat tumor jika dibandingkan dengan Kediri, Timor Timur, Morotai, 2S/75 (asal Sabah) dan Walang Gintang. Hasil penelitian awal Charomaeni dan Ismail (2008) juga menyebutkan bahwa individu-individu yang berasal dari Papua seperti Waga-waga, Wamena, Hubikosi, dan Muliama Bawah lebih tahan terhadap serangan penyakit karat tumor. Setiadi, Susanto dan Baskorowati (2014) menambahkan bahwa individu-individu yang berasal dari Papua, seperti Holima, Meagama, dan Elagaima tahan terhadap penyakit karat tumor sampai umur 12 bulan pada uji keturunan di Bondowoso. Lebih lanjut, Diputra (2015) menyatakan bahwa tanaman sengon yang berasal dari Wamena A, Wamena B lebih tahan terhadap terhadap penyakit karat tumor di lapangan dibandingkan dengan sengon asal Nabire, Manokwari, Serui dan ras lahan Jawa.

Tanggapan tanaman sengon terhadap penyakit karat tumor sangat dipengaruhi oleh faktor genetik dan lingkungan. Beberapa penelitian tersebut di atas menunjukkan bahwa tanaman tersebut memiliki materi genetik yang

tahan terhadap penyakit. Salah satu faktor yang dapat mempengaruhi kemunculan mekanisme ketahanan tersebut adalah cekaman lingkungan (Hopkins & Huiiner, 2008). Tanggapan tanaman terhadap berbagai cekaman dapat menghasilkan perbedaan morfologi, anatomi dan fisiologi tanaman, misalnya perubahan pada pertumbuhan tanaman, volume sel menjadi lebih kecil, penurunan luas daun, daun menjadi lebih tebal, penurunan jumlah akar, penurunan laju fotosintesis, perubahan metabolisme serta perubahan ekspresi gen (Salisbury & Ross, 2014). Lebih lanjut Salisbury dan Ross (2014) menyebutkan bahwa penyakit tanaman dan serangan hama penyakit merupakan kategori cekaman biotik yang dapat dialami tanaman selama daur hidupnya.

Serangan patogen juga merupakan salah satu jenis cekaman. Beberapa penelitian terkait perubahan anatomi akibat serangan patogen diantaranya menunjukkan perubahan anatomi tumor kayu sengon trubusan yang terserang jamur *U. Tepperanium* (Rukhama, 2014). Selain itu, Batang pinus yang terkena tumor (*gall rust*) memiliki jari-jari xilem (*xylem ray*) dan jari-jari floem (*floem ray*) lebih rapat, peningkatan jumlah sel parenkim floem, hiperplasia di korteks serta batas kambium yang tidak terlihat jelas dibandingkan batang yang sehat atau normal (Jewell, 1988). Lebih lanjut, cabang yang terinfeksi pada *Pinus densiflora* memiliki jumlah trakeid, jumlah saluran resin dan jari-jari yang lebih banyak daripada cabang yang tidak terinfeksi (Yamamoto, Nakamura, & Hiratsuka, 1988). Disebutkan juga bahwa keberadaan patogen juga menyebabkan penebalan pada sel sklerenkima, sel parenkim di daerah sekitar berkas pembuluh (Yamamoto et al., 1988; Zalasky, 1976).

Penelitian – penelitian tersebut menunjukkan bahwa struktur anatomi dapat digunakan sebagai petunjuk ciri adanya suatu cekaman. Jaringan yang sering mengalami perubahan karena cekaman adalah jaringan xilem. Oleh karena itu, kajian anatomi memungkinkan untuk memahami dasar adaptasi

tanaman dalam berbagai kondisi cekaman lingkungan. Penelitian ini diharapkan dapat mengetahui perbandingan struktur anatomi batang sengon Wamena yang tahan dan sengon Solomon yang rentan terhadap penyakit karat tumor, ditinjau dari jaringan xilemnya.

II. METODE PENELITIAN

A. Waktu dan lokasi

Pengambilan sampel di lapangan dilakukan pada bulan November 2014. Sedangkan pengamatan di laboratorium dilakukan pada bulan Januari sampai Maret 2015. Sampel kayu diambil dari plot uji keturunan Sengon B2P2BPTH Yogyakarta di Lumajang (dusun Kayu Enak, desa Kandang Tepus, Kecamatan Senduro, Kabupaten Lumajang). Sedangkan pengamatan di laboratorium dilakukan di laboratorium kayu B2P2BPTH Yogyakarta.

B. Bahan dan alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah batang pohon sengon umur 2 tahun yang ditanam pada Plot Uji Keturunan Sengon di Lumajang, Jawa Timur. Tanaman uji keturunan ini menggunakan rancangan penelitian *Incomplete Block Design* (IBD) dengan 97 *seedlot* (famili) 4 *treeplot* dan 7 blok (replikasi) di lokasi Lumajang. Tanaman sengon dalam plot tersebut berasal dari Wamena, Serui, Manokwari, Nabire dan Kepulauan Solomon. Sedangkan bahan di laboratorium meliputi alkohol 96%, xilol, safranin 0,25%, *glyserin*, albumin, aquades, asam asetat glasial (CH_3COOH) dan hydrogen peroksida (H_2O_2). Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah mikroskop, mikrotom, gelas benda, gelas penutup, cawan petri, pipet tetes, pinset, gelas beker, erlemeyer, aluminium foil, gelas ukur, oven, spatula, *cutter* atau pisau, kuas, kertas saring, dan kawat.

C. Prosedur kerja

1. Koleksi contoh

Pengambilan contoh kayu dilakukan pada batang pohon sengon hasil seleksi Plot Uji Keturunan Sengon umur 2 tahun di Dusun Kayu Enak, Desa Kandang Tepus, Kecamatan Senduro, Kabupaten Lumajang yang ditanam oleh Balai Besar Penelitian Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan bekerjasama dengan Dinas Kehutanan Lumajang. Batang diambil dengan melakukan penebangan dan untuk menyeragamkan contoh, batang diambil dengan jarak 1 meter dari permukaan tanah. Jumlah batang pohon yang diambil sebanyak 12 pohon dengan 6 pohon berasal Solomon dan 6 pohon dari Wamena. Contoh batang yang berasal dari Solomon merupakan pohon yang terserang penyakit karat tumor yang ditunjukkan dengan adanya *gall* (tumor) yang terbentuk pada pohon tersebut, umumnya terdapat di bagian batang. Sedangkan contoh batang yang berasal dari Wamena merupakan pohon yang sehat tidak terindikasi adanya serangan penyakit di semua bagian tanaman.

2. Penentuan proporsi sel

Contoh uji potongan kayu pada bagian batang pohon (setinggi 1,3 m diatas permukaan tanah disiapkan untuk analisis labolatorium. Preparat dibuat dengan terlebih dahulu mempersiapkan contoh uji berupa potongan kayu arah vertikal dengan ukuran sekitar 1,5 x 1,5 x 3 cm. Potongan kayu tersebut dimasukkan ke dalam tabung yang berisi campuran akuades dan gliserin dengan perbandingan 1:3 selama 4 hari untuk pelunakan kayu (Schweingruber, 2007). Contoh dibuat menjadi tiga macam irisan yaitu penampang melintang (x), tangensial (t) dan radial (r) dengan menggunakan mikrotom dengan ketebalan 15-20 mikron. Irisan dipilih yang terbaik yaitu irisan yang tipis dan tidak sobek. Irisan ditampung dalam cawan petri yang berisi akuades. Pewarnaan dilakukan dengan menggunakan safranin 0,25% (Kasmudjo, 1985).

Contoh dicuci dengan menggunakan alkohol 96% sebanyak tiga kali selama 5 menit, dicelupkan ke dalam xylool selama 3 menit. Contoh kemudian dikeringkan dengan menggunakan kertas saring, lalu diletakkan di atas kaca preparat dan ditutup dengan menggunakan kaca penutup. Preparat kemudian diamati di bawah mikroskop.

Pengamatan pada penampang x meliputi sel parenkim apotrakeal dan sel trakea. Pada penampang t yaitu sel parenkim paratrakeal dan pada penampang r diamati serat xilem (*xylem fibers*). Dilakukan perhitungan pada data yang telah dikumpulkan untuk mengetahui persentase selnya.

3. Penentuan dimensi sel dengan maserasi kayu

Pembuatan contoh uji dilakukan dengan memotong kayu berukuran 0,2 cm x 0,2 cm x 1,5 cm. Contoh diambil pada bagian tengah batang antara kulit dengan empulur. Cairan maserator yaitu campuran antara asam asetat glasial (CH_3COOH) dan hydrogen peroksida (H_2O_2) dengan perbandingan 1:1, kemudian disiapkan dalam tabung reaksi. Contoh dimasukkan dalam botol, kemudian cairan maserator dituang sampai contoh terendam. Contoh dioven selama 3 hari pada suhu 60°C. Contoh kemudian dicuci dengan menggunakan air sampai 5 kali sehingga benar-benar terbebas dari zat kimia (Kasmudjo, 1985).

Untuk memisahkan serat-seratnya, tabung reaksi yang berisi contoh diisi dengan akuades hingga $\frac{3}{4}$ volume tabung kemudian digoyangkan secara perlahan hingga preparat menjadi serabut yang saling terlepas. Serat kemudian diambil dengan menggunakan pipet dan diletakkan diatas kaca preparat, ditetesi dengan safranin 0,25% sebanyak 2-3 tetes dan didiamkan selama 5 menit. Sisa zat warna kemudian dihilangkan dengan menggunakan kertas saring, dan preparat ditutup dengan kaca penutup. Preparat kemudian diamati di bawah mikroskop. Pengamatan meliputi panjang serat serta diameter serat. Jumlah panjang serat yang diukur sebanyak 100 serat. Hal ini dilakukan untuk mengetahui n kali

serat yang diukur. Penentuan n serat dilakukan dengan menggunakan pendekatan menurut (Kasmudjo, 1985):

$$N = \frac{4S^2}{L^2}$$

dengan:

$$S^2 = \frac{\sum \text{fixi}^2 - \frac{(\sum \text{fixi})^2}{n}}{n - 1}$$

$$L = \frac{\sum \text{fixi}}{n} \times 0,05$$

Keterangan:

N = jumlah serat yang diukur

S = standar deviasi

L = nilai rata-rata panjang serat kali 0,05 (error 5% dianggap memadai)

Xi = panjang serat

Fi = frekuensi serat

N = jumlah serat yang diukur dalam pengukuran pendahuluan (n=100)

4. Analisis Data

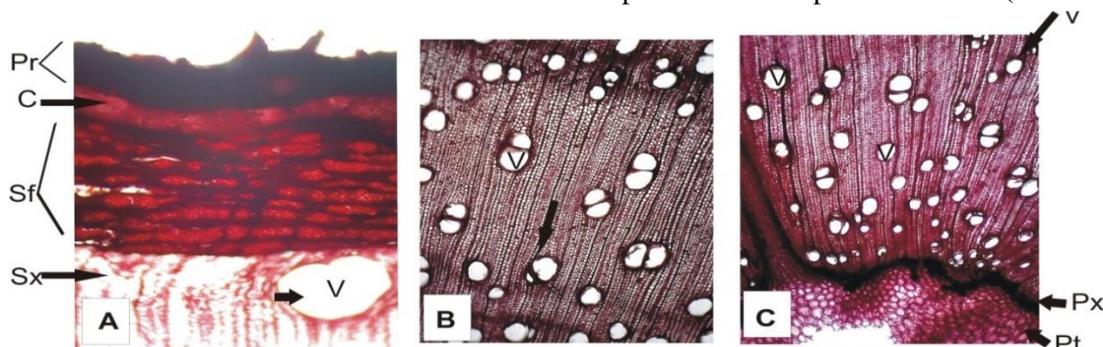
Data kuantitatif seperti sel parenkim apotrakeal, sel trakea, sel parenkim paratrakeal, serat xilem, panjang serat, dan diameter serat dianalisis dengan menggunakan analisis *one way* ANOVA. Jika terdapat perbedaan, maka dilanjutkan dengan uji Duncan pada tingkat signifikansi 5% untuk menunjukkan famili dan provenan yang berbeda nyata.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

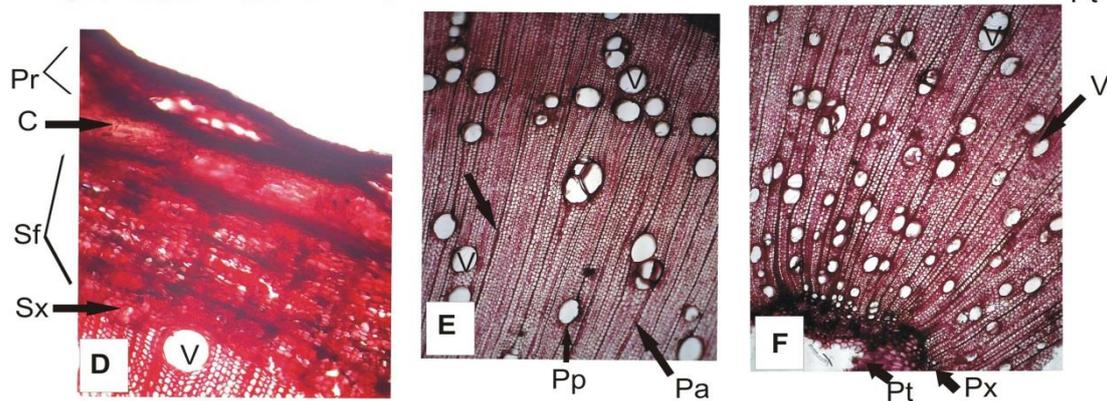
A. Struktur Anatomi

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penampang melintang batang sengon Wamena (Gambar 1a) bagian periderm, floem, xilem sekunder (sel pembuluh, sel serat xilem, dan parenkim xilem), serta bagian empelur tidak berbeda dengan struktur anatomi pada batang sengon Solomon (Gambar 1b). Gambar tersebut juga menunjukkan bahwa jarak antar sel parenkim apotrakeal relatif sama, begitu pula kepadatan sel trakea pada kedua batang sengon.

Dengan membandingkan penampang tangensial (Gambar 2a) dan penampang radial (Gambar 2b) terlihat bahwa tidak terdapat perbedaan antara struktur anatomi batang tahan (Wamena) dengan batang yang rentan (Solomon); yang terlihat dari kepadatan sel parenkim paratrakeal dan serat xilem yang sama. Namun demikian, pada salah satu contoh batang sengon Solomon, terdapat bercak karat tumor yang meskipun belum sampai terbentuk pembengkakan tumor, telah menunjukkan perubahan anatomi (Gambar 3). Perubahan anatomi yang ditimbulkan adalah adanya lapisan sel atau zona infeksi yang berwarna hitam di xilem sekunder. Selain itu, infeksi juga terdapat di bagian lain yaitu sekitar pembuluh karena parenkim berwarna hitam (Gambar 3a). Zona infeksi ini terletak dekat dengan korteks. Pada bagian xilem sekunder yang dekat dengan empelur tidak terdapat zona infeksi (Gambar 3b).

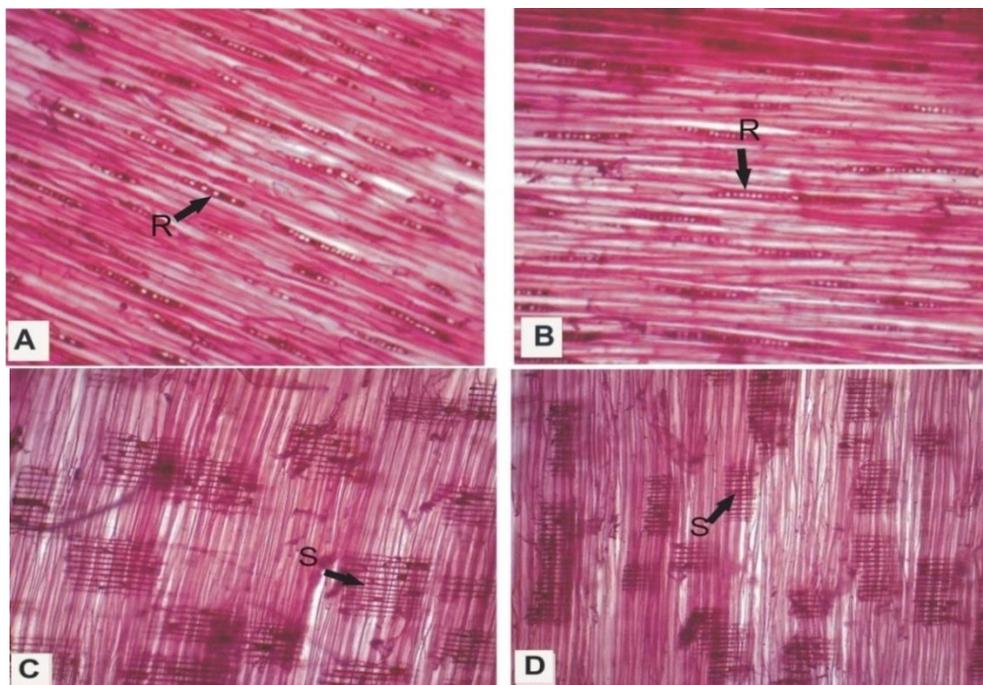


Gambar 1a. A.) Penampang melintang batang sengon Wamena bagian periderm (kulit batang) 100x, B.) bagian xilem sekunder (tengah), C.) bagian empelur (bagian tengah batang) 40x. dokumentasi oleh: Lucy Ana Cahya Inkasari



Gambar 1b. D.) Penampang melintang batang sregon Solomon, bagian periderm (kulit batang) 100x, E.) bagian xilem sekunder (tengah), F.) bagian empulur (bagian tengah batang) 40x

Keterangan: periderm (pr), korteks (c), floem sekunder (sf), pembuluh/sel trakea (v), xilem sekunder (sx), sel parenkim apotrakeal (pa), sel parenkim paratrakeal (pp), xilem primer (px), empulur (pt)

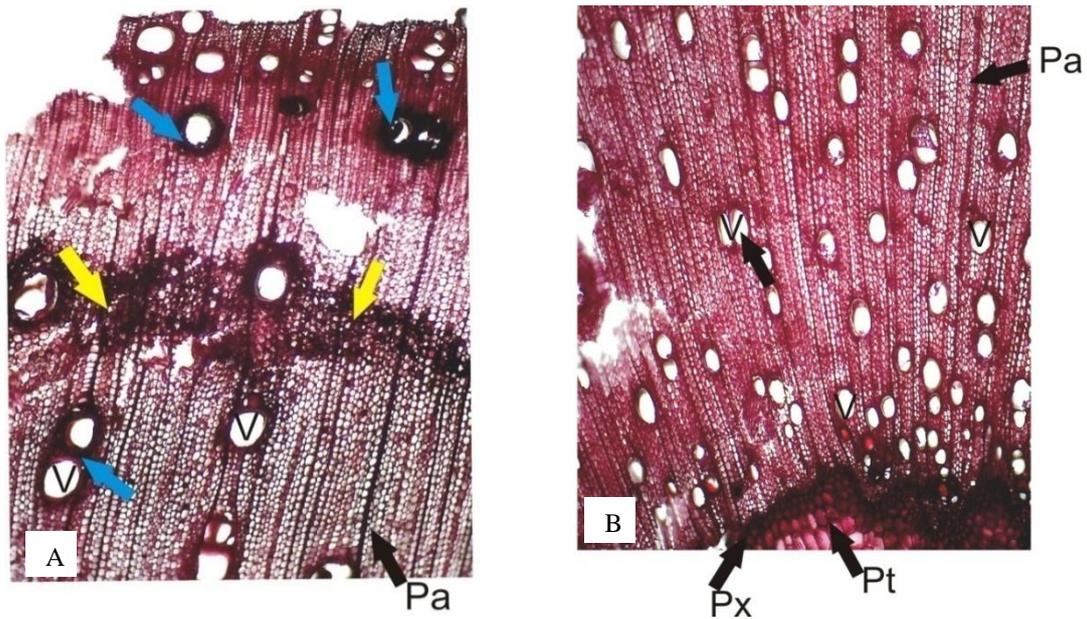


Gambar 2b. Penampang tangensial 100x, A) sregon Wamena, B) sregon Solomon, Penampang radial 100x, C) sregon Wamena, D) sregon Solomon

Keterangan: sel parenkim paratrakeal (r), serat xilem (s)

Seperti diketahui, kolonisasi fungi karat hanya terjadi pada daerah yang terinfeksi (Widyastuti, Sumardi, & Harjono, 2005). Hal ini berhubungan dengan ketahanan tanaman terhadap patogen yang melibatkan berbagai macam tanggapan, salah satunya adalah *gum* yang berfungsi sebagai penghalang atau *barrier* sehingga patogen tidak dapat melanjutkan serangannya dan *gum* yang dibentuk pada pembuluh dapat mencegah pergerakan patogen (Agrios, 1996). Salah satu yang menyebabkan

reaksi tersebut terjadi dikarenakan perkembangan miselia terhenti dan diisolasi di jaringan xilem sekunder (Allen, Blenis, & Hirasutka, 1990a; Gramacho, Miller, Robert, & Schmidt, 2013). Hal ini juga berhubungan dengan pembentukan periderm (Allen, Blenis, & Hirasutka, 1990b; Gramacho et al., 2013), sedangkan dalam penelitian Allen et al. (1990a), perkembangan periderm di sekitar sel yang terkena infeksi menghasilkan tanin, yang dilaporkan sebagai mekanisme ketahanan.



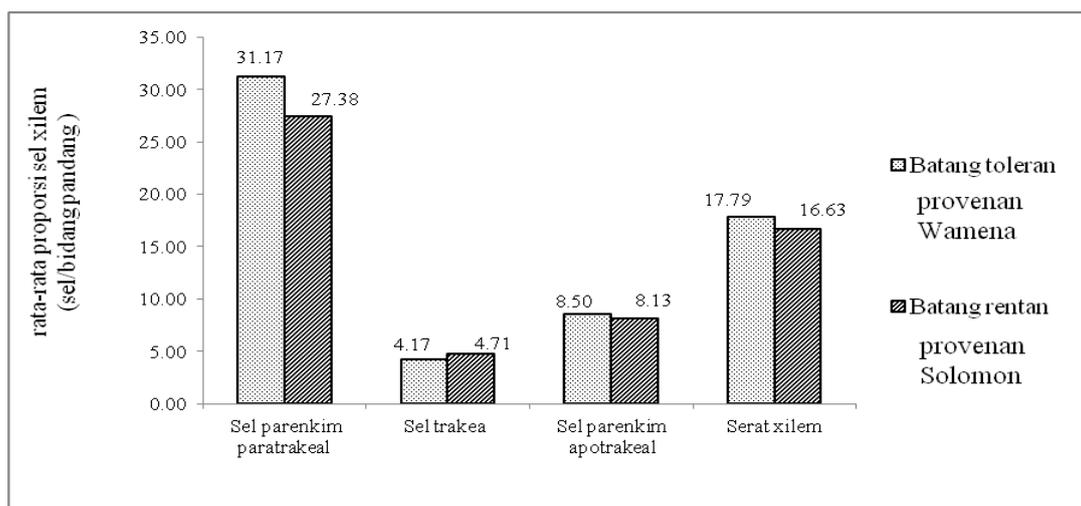
Gambar 3. A. Penampang melintang batang sengon Solomon yang mengalami infeksi jamur *U. tepperianum* terdapat zona infeksi berwarna hitam disekitar xilem sekunder (anak panah kuning) dan disekitar pembuluh (anak panah biru) 100x. B. Bagian xilem sekunder dari batang sengon Solomon yang dekat dengan empelur tidak mengalami infeksi 40x

Keterangan: pembuluh (v), sel parenkim apotrakeal (pa), xilem primer (px), empelur (pt)

B. Proporsi sel xilem

Hasil analisis varians proporsi sel, dari 4 variabel yang dianalisis yaitu serat xilem (db=1, ms= 4,08, Fpr=0,691), sel parenkim paratrakeal (db=1, ms= 43,13, Fpr=0,093), sel parenkim apotrakeal (db=1, ms= 0,422, Fpr=0,535) dan sel

trakea (db=1, ms= 0,880, Fpr=0,565), menunjukkan tidak ada perbedaan nyata antara batang yang rentan (Solomon) dengan batang tahan (Wamena). Namun demikian, dari rerata proporsi sel xilem terlihat bahwa batang toleran mempunyai proporsi sel yang lebih banyak dibandingkan batang rentan (Gambar 4).



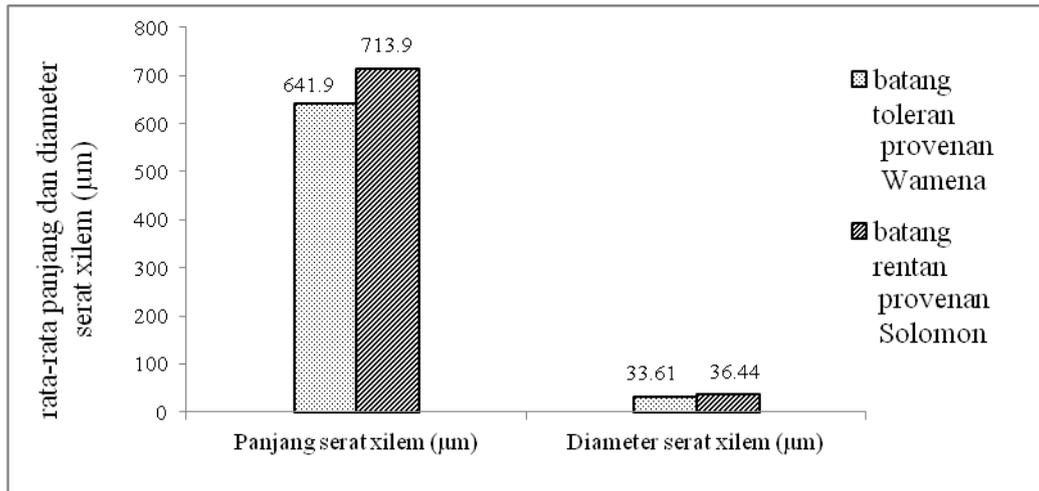
Gambar 4. Rata-rata proporsi sel penyusun jaringan xilem pada batang sengon Wamena (tahan) dan Solomon (rentan)

Tidak adanya perbedaan struktur anatomi batang rentan (Solomon) dengan batang tahan (Wamena) dapat disebabkan karena beberapa faktor. Salah satu faktor tersebut adalah ketebalan bawaan yang dimiliki oleh tanaman (Freeman & Beattie, 2008). Pada dasarnya tanaman tahan terhadap infeksi patogen karena tanaman tersebut memang tahan terhadap infeksi patogen. Beberapa pertahanan yang dapat dilakukan merupakan hasil dari perubahan struktur jaringan atau senyawa-senyawa yang dikeluarkan di daerah sekitar serangan patogen. Penyebab lain adalah karena tanaman tersebut telah terinfeksi oleh patogen namun patogen tersebut mampu membatasi aktivitas patogen sehingga kerusakan yang ditimbulkan tidak berkembang atau tidak meluas ke daerah lain dan tidak mempengaruhi aktivitas inang (Agrios, 1996).

Menurut Rahayu (2008), benih sengon yang diketahui asal usulnya dan berasal dari indukan yang memiliki kualitas yang baik cenderung lebih kuat dan tahan terhadap penyakit karat tumor, sedangkan benih yang tidak diketahui asal usulnya atau benih yang memiliki kualitas rendah lebih rentan terserang penyakit. Namun demikian, berdasarkan hasil penelitian, ketahanan terhadap patogen tidak tertunjukkan dalam struktur anatomi batang khususnya xilem. Hasil analisis menunjukkan bahwa sifat yang dikaji tidak berbeda nyata karena pada batang rentan dan tahan mempunyai proporsi sel penyusun jaringan xilem yang sama, hal ini mengindikasikan tidak terkait dengan cekaman patogen. Kenampakan secara morfologi mungkin terlihat pada batang yang berasal dari Solomon yaitu pada bagian atas pohonnya terdapat pembengkakan karat tumor. Hal ini mungkin disebabkan karena perbedaan genetik sengon dari Solomon lebih rendah. Kepulauan Solomon hanya merupakan pulau-pulau kecil sehingga tegakannya dapat dikategorikan dalam satu provenan, serta memiliki geografis yang sama sehingga adaptasinya sama (Setiadi et al., 2014; Susanto, Baskorowati, & Setiadi, 2014).

Penggunaan jaringan xilem ini saja belum mewakili secara keseluruhan. Hal ini disebabkan perubahan pada jaringan xilem hanya terjadi pada bagian yang mengalami infeksi karena serangan patogen, sehingga pengamatan secara anatomi membutuhkan sifat lain misalnya ketebalan dinding sel. Dinding sel yang mengalami lignifikasi sangat kedap terhadap patogen (Freeman & Beattie, 2008). Lignifikasi dinding sel berhubungan dalam pembentukan jaringan yang tahan terhadap infeksi jamur dan pelukaan tanaman dan dianggap penting dalam proses regenerasi felogen (Biggs et al., 1984 dalam Allen, Blenis, & Hirasutka, 1990b). Pertahanan juga dapat terjadi pada berkas pembuluh, sel parenkim dan sel sklerenkima. Sel-sel ini menebal dengan proses esterifikasi, lignifikasi dan deposisi suberin. Lignifikasi pada sel sklerenkima pada sekitar berkas pembuluh membantu penebalan dan berfungsi sebagai mekanisme pertahanan.

Jika dilihat dari panjang serat ($db=1$, $ms=15557$, $Fpr=0,090$) dan diameter serat xilem ($db=1$, $ms=24,04$, $Fpr=0,323$) antara batang sengon rentan (Solomon) dengan batang sengon tahan (Wamena) hasil analisis varians juga tidak menunjukkan perbedaan nyata. Namun demikian Gambar 5 memperlihatkan bahwa rata-rata panjang dan diameter serat xilem kayu provenan Solomon memiliki panjang dan diameter serat yang lebih tinggi dari pada kayu provenan Wamena. Hal tersebut mengindikasikan bahwa penyakit karat tumor menyebabkan perubahan susunan ukuran serta jumlah sel penyusunnya pada kayu yang terinfeksi dan yang terserang. Seperti yang terjadi pada batang *Fraxinus* sp. yang terserang kanker, terdapat modifikasi serat yang berombak; sedangkan pada tanaman *Quercus robur* yang terserang tumor terjadi perubahan susunan sel pada batang, serat memiliki panjang lebih pendek dari sel batang normal (Gülsoy, Eroğlu, & Merev, 2005). Menurut Rukhama (2014), serabut pada kayu yang terserang karat tumor lebih pipih dan panjang dari kayu sehat, dan ini diduga karena pengaruh hormon auksin



Gambar 5. Rata-rata panjang dan diameter serat xilem (μm) pada batang sengon Wamena (tahan) dan Solomon (rentan)

Hasil analisis varians juga tidak menunjukkan terdapatnya perbedaan yang nyata pada diameter serat antar sampel pohon Wamena dan Solomon ($db=1$, $ms= 24,04$, $F_{pr}=0,323$), meskipun rata-rata diameter serat Solomon ($36,44 \mu\text{m}$) lebih tinggi dari batang Wamena ($33,61 \mu\text{m}$). Diameter serat xilem sengon memang bervariasi antara penelitian yang satu dengan yang lainnya. Untuk sengon Jawa bervariasi antara $33,74 - 48,55 \mu\text{m}$ (Manggala, 2013; Martawijaya, Kartasujana, Mandang, Prawira, & Kadir, 1989; Praptoyo, 2001). Lebih lanjut Praptoyo dan Puspitasari (2012) menyatakan bahwa diameter serat sengon Solomon memiliki nilai rata-rata $35,68 \mu\text{m}$, yang umumnya lebih besar dibandingkan dengan sengon lokal.

IV. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa antara batang sengon yang berasal dari Wamena yang kemungkinan tahan karat tumor dengan batang sengon yang berasal dari Solomon yang kemungkinan rentan karat tumor tidak menunjukkan perbedaan dalam struktur xilemnya. Hal ini terlihat dari tidak terdapatnya perbedaan pada bagian periderm hingga empulur dari sampel uji tersebut. Namun demikian, salah satu contoh dari Solomon (rentan) memperlihatkan zona infeksi yang berwarna hitam pada jaringan xilem sekundernya. Tidak

adanya perbedaan tersebut dapat dikaitkan dengan mekanisme ketahanan tanaman terhadap patogen, maupun sifat genetik yang dimiliki tanaman untuk menghindari atau mengurangi kerusakan yang disebabkan patogen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sel parenkim paratrakeal, apotrakeal, sel trakea, serat xilem, panjang dan diameter serat xilem tidak berbeda nyata antara batang yang rentan dengan batang yang tahan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih banyak kepada tim penelitian jenis sengon B2P2BPTH Yogyakarta, yang telah menyediakan contoh kayu untuk penelitian ini. Kepada bapak/ibu teknisi B2P2BPTH disampaikan terimakasih atas bantuannya selama pengamatan di laboratorium.

DAFTAR PUSTAKA

- Agrios, G. N. (1996). *Ilmu Penyakit Tumbuhan*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Allen, E. A., Blenis, P. V., & Hirasutka, Y. (1990a). Early Symptom Development in Lodgepole Pine Seedling Infected with *Endocronartium harknessii*. *Canadian Journal of Botany*, 68, 270–277.
- Allen, E. A., Blenis, P. V., & Hirasutka, Y. (1990b). Histological evidence of Resistant to *Endocronartium harknessii* in *Pinus contoria* var. *Canadian Journal of Botany*, 68, 1728–1737.

- Baskorowati, L., & Nurrohmah, S. H. (2011). Variasi Ketahanan Terhadap Penyakit Karat Tumor Pada Sengon Tingkat Semai. *Jurnal Pemuliaan Tanaman Hutan*, 5(3), 129–138.
- Baskorowati, L., Susanto, M., & Charomaeni, M. (2012). Genetic Variability in Resistance of *Falcataria moluccana* (Miq.) Barbeby & J. W. Grimes to Gall Rust Disease. *Journal of Forestry Research*, 9(1), 1–9.
- Charomaeni, M., & Ismail, B. (2008). Indikasi Awal Ketahanan Sengon (*Falcataria moluccana*) Provenan Papua Terhadap Jamur *Uromycladium tepperianum* Penyebab Penyakit Karat Tumor (Gall Rust). *Jurnal Pemuliaan Tanaman Hutan*, 2(2), 1–9.
- Diputra, I. M. M. M. (2015). *Respons Sengon (Falcataria moluccana (Miq.) Barbeby & J. W. Grimes) Provenans Papua dan Ras Lahan Jawa Terhadap Penyakit Karat Tumor*. Universitas Gadjah Mada.
- Freeman, B. C., & Beattie, G. A. (2008). *An Overview of Plant Defenses against Pathogens and Herbivores: The Plant Health Instructor*. <https://doi.org/10.1094/PHI-I-2008-0226-01>
- Gramacho, K. P., Miller, T., Robert, A., & Schmidt, A. (2013). Comparative Histopathology of Host Reaction in Slash Pine Resistant to *Cronartium quercuum* f. sp. fusiform. *Forest*, 4, 319–328. <https://doi.org/10.3390/f4020319>
- Gülsoy, S., Eroğlu, K. H., & Merev, N. (2005). Chemical and Wood Anatomical Properties of Tumorous Wood in A Turkish White Oak (*Quercus robur* subsp. *robur*). *IAWA Journal*, 26(4), 469–476.
- Hardiyanto, E. (2010). *Pemuliaan Pohon Lanjut*. Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Hopkins, W. G., & Huinier, N. P. A. (2008). *Introduction to Plant Physiology* (4th ed.). John Wiley & Sons, United States of America.
- Jewell, F. F. (1988). Histopathology of Fusiform Rust-Inoculated Progeny from (Shortleaf X Slash) X Shortleaf Pine Crosses. *Phytopathology*, 78(4), 397–402.
- Kasmudjo. (1985). *Teknologi Hasil Hutan*. Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Manggala, Z. . (2013). *Sifat Fisika dan Dimensi Serat Kayu Sengon dengan Gejala Tumor di Daerah Cangkriangan*. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Martawijaya, A., Kartasujana, I., Mandang, Y. ., Prawira, S. ., & Kadir, K. (1989). *Atlas Kayu Indonesia Jilid II*. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan.
- Praptoyo, H. (2001). Studi Proporsi Sel dan Dimensi Serat pada Arah Aksial dan Radial Kayu Sengon Laut (*Paraserianthes falcataria*) Salomon. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kayu Tropis*, 3(2).
- Praptoyo, H., & Puspitasari, R. (2012). Variasi sifat anatomi kayu sengon (*Paraserianthes falcataria* (L) Nielsen) dari dua jenis pemudaan yang berbeda. In *Seminar Nasional Mapeki XV* (pp. 33–41). Makasar.
- Rahayu, S. (2008). Penyakit karat tumor pada sengon (*Falcataria moluccana* (Miq.) Barneby & J.W. Grimes). In *Workshop penanggulangan serangan karat puru pada tanaman sengon*. Yogyakarta: Balai Besar Penelitian Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan.
- Rahayu, S., Shukor, N. A. A. B., See, L. U., & Saleh, G. (2009). Responses of *Falcataria moluccana* seedlings of Different Seed Sources to Inoculation With *Uromycladium tepperianum*. *Silvae Genetica*, 58(1), 62–68.
- Rimbawanto, A. (2008). Pemuliaan tanaman dan ketahanan penyakit pada sengon. In *Workshop penanggulangan serangan karat puru pada tanaman sengon*. Yogyakarta: Balai Besar Penelitian Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan.
- Rukhama, S. (2014). *Anatomi Tumor pada Kayu Sengon Trubusan yang Terserang Jamur Uromycladium tepperianum*. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Salisbury, F. B., & Ross, C. . (2014). *Fisiologi Tumbuhan*. (D. R. Lukman, Ed.). Bandung: Penerbit ITB.
- Schweingruber, F. H. (2007). *Wood Structure and Environment*. Springer.
- Setiadi, D., Baskorowati, L., & Susanto, M. (2014). Pertumbuhan sengon solomon dan responnya terhadap penyakit karat tumor di Bondowoso, Jawa Timur. *Jurnal Pemuliaan Tanaman Hutan*, 8(2), 121–136.
- Setiadi, D., Susanto, M., & Baskorowati, L. (2014). Ketahanan serangan penyakit karat tumor pada uji keturunan sengon di Bondowoso, Jawa Timur. *Jurnal Pemuliaan Tanaman Hutan*, 8(1), 121–136.
- Soerianegara, I., & Lemmens, R. H. M. . (1993). *Plant resources of South-East Asia 5(1): Timber trees: major commercial timbers*. Belanda, Wageningen: Pudoc Scientific Publishers.
- Susanto, M., Baskorowati, L., & Setiadi, D. (2014). Estimasi Peningkatan Genetik *Falcataria*

- moluccana* di Cikampek Jawa Barat. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, 11(2), 85–76.
- Widyastuti, S. M., Sumardi, & Harjono. (2005). *Patologi Hutan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Yamamoto, F., Nakamura, K., & Hiratsuka, Y. (1988). Is Ethylene a Trigger of Stem Hyperplasia Caused by Eastern Gall Rust In *Pinus densiflora*. In *Proceeding First IUFRO Rusts Of Forest Trees WP Conference* (pp. 243–251). Finland Finnish Forest Research Institute.
- Zalasky, H. (1976). Xylem in galls of lodgepole pine caused by western gall rust, *Endocronartium harknessii*. *Canadian Journal of Botany*, 54, 1586–1590.

