

DAMPAK SERANGAN PATOGEN KANKER BATANG TERHADAP STRUKTUR ANATOMI KAYU DARI POHON KARET (*HEVEA BRASILIENSIS* MUELL. ARG.) BEKAS TERBAKAR DI PT INHUTANI I BATUAMPAR

Effect of Attack by Stem Canker Pathogen on the
Anatomical Structure of Burnt Rubber Wood
(*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.)
at PT Inhutani I Batuampar

ERWIN¹⁾, AGUS SULISTYO BUDI²⁾ DAN DJUMALI MARDJI³⁾

ABSTRACT

The objectives of the research were to determine the effect of pathogen stem canker on the burnt rubber wood anatomy (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) included the causal agent, symptoms and rate of wood decay. The research resulted that the canker occurred locally at the area of fire injury directed from base to upright of the stem. Symptoms of the canker were opened xylem, callus formation which could not fully covered the xylem causing malformed stem, splitting, pelled and uneven floem around the canker. The causal agent of the canker was a species of white rot fungus belonged to the class Basidiomycetes. The fungus infected the rubber wood and the hyphae could be found outside (intercellular) and inside the woody cell cavity (intracellular). The hyphae infected through pith, perforation side and degraded cell wall enzymatically. Response of the tree against the fungus attack was deviation of wood in the form of callus formation, inserted floem, smaller pores of xylem adjacent to the callus, deviation of ray direction and formation of decay zone with abundant pores filled with tylosis and gum, barrier zone consisted of pores filled with gum, active and inactive cambium zones respectively showing an area of wood

1) Laboratorium Anatomi & Biologi Kayu Fahutan Unmul, Samarinda

2) Laboratorium Anatomi & Biologi Kayu Fahutan Unmul, Samarinda

3) Laboratorium Perlindungan Hutan Fahutan Unmul, Samarinda

formation before and after fire. The lower rate of wood decay in transversal section indicated the tree formed defense vessels to avoid expansion of the fungus in other vessels. The characteristics of wood were also changed, i.e. wood colors were changed from dark brown to light brown or pale and whitish, wood textures were changed from smooth to rather rough till extremely rough, fibre direction changed from straight till interlocked grain to wavy, wood surface changed from medium to extremely rough and the hardness of wood reduced till soft and rotten. The attack of fungus on xylem formed before fire was not significantly affected the change of dimension and number of cells. Significantly difference between xylem infected by fungus before fire and xylem without infection after fire and also xylem at the top of the tree caused by reaction of the tree in the effort of covering injury at the canker area by forming callus and defense vessels such as pores and axial parenchyma contained with gum to avoid expansion of the fungus in order to distribute food to the whole parts of wood needed for the growth of the tree continuously. From the results it can be suggested that burnt rubber wood infected by fungus growing on the unfertile area should be cut as soon as possible, because wood deterioration will be extended when it is too long exposed to the opened area without ability to cure naturally. Based on the anatomic structures of burnt rubber wood infected by the fungus, it is indicated that the wood still usable, however to determine how far are the value and utility, it is needed further researches, mainly about the change of wood characteristics chemically, physically and mechanically. Observations on the characteristics of the fungus are needed to find out method of control.

Kata kunci: kanker, struktur anatomi, gejala, penyebab, kebakaran, makroskopis, mikroskopis.

I. PENDAHULUAN

Kerugian besar akibat kebakaran hutan dapat terjadi dalam waktu yang relatif singkat. Hal tersebut untuk kesekian kalinya dialami oleh hampir seluruh kawasan hutan di Kalimantan Timur (Kaltim) pada tahun 1997/98, yang sebelumnya pernah terjadi pada tahun 1982/83, 1991/92 dan 1993/94. Adanya masa musim kemarau yang sangat panjang menyebabkan hutan tropika humida dan hutan tanaman industri, perkebunan dan perladangan mudah mengalami kebakaran berulang-ulang akibat membaranya api secara hebat dan api membakar tegakan yang ada di daerah tersebut tanpa ada suatu upaya yang berarti untuk mencegahnya.

Pada tahun 1997/98, sekitar 5.215.768 ha luas areal telah terbakar atau 25 % dari luas seluruh Propinsi Kalimantan Timur. Dikaitkan dengan kelas penggunaan lahan areal yang terbakar tersebut, seluas 2.347.717 ha merupakan areal Hak Pengusahaan Hutan (56 HPH dan bekas HPH), 440.381 ha merupakan hutan lindung dan 883.987 ha merupakan areal HTI (30 HTI) serta 382.509 ha merupakan areal perkebunan (Anonim, 1999).

Tidak terkecuali di areal HTI PT Inhutani I Batuampar dengan tanaman pokok kayu karet (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) juga mengalami kebakaran, yaitu menurut Anonim (1999) seluas 16.327 ha atau 93 % dari konsesinya (17.549 ha). Keadaan ini dirasakan semakin tidak menguntungkan, mengingat bahwa hutan yang terbakar tersebut telah dibangun dengan modal yang tidak sedikit dan kini terbakar serta kehilangan fungsi utamanya di akhir daur. Namun demikian bukan berarti bahwa segala sesuatunya menjadi sirna dan tak memiliki harapan bila diambil langkah-langkah yang bijak bagi penanganan terhadap tegakan yang ada. Untuk itulah dirasa perlu diadakan serangkaian penelitian awal bagi diperolehnya informasi mengenai keadaan yang sesungguhnya dari perkembangan tegakan yang diharapkan dapat dipertahankan fungsinya.

Setelah lebih kurang dua tahun berjalan, tanaman karet yang ada di areal tersebut sebagian besar kembali menampakkan beberapa aktivitas kehidupan, di antaranya tajuk yang dipenuhi daun-daun yang baru, mulai luruhnya lapisan kulit permukaan karena lapisan kulit dalam telah terbentuk yang baru dan penutupan luka bakar pada batang melalui terbentuknya kallus.

Namun di lain pihak, terdapat kondisi yang merugikan pertumbuhan pohon karet tersebut akibat efek radiasi panas, baik langsung maupun tidak langsung dari kebakaran hutan. Efek tersebut tidak selalu mematikan pohon tetapi hanyalah melemahkan atau menurunkan ketahanan pohon terhadap gangguan lainnya, seperti serangan serangga dan jamur (patogen) yang memudahkan timbulnya penyakit, salah satunya adalah kanker batang. Serangan patogen terutama pada bagian batang akibat lapisan kulit (kambium) terbuka setelah mengalami luka bakar dan respons pohon berupa pembentukan kallus untuk menutupi xylem terlihat lebih lambat. Tentunya gangguan tersebut akan mempengaruhi sifat kayu, terutama berkaitan dengan struktur anatominya.

Menurut Budi (1999), bentuk reaksi kayu dari pohon pasca kebakaran bermacam-macam tergantung dari jenis kayunya dan dapat mempengaruhi pembentukan pori, serabut, jaringan ekskresi serta terjadi abnormalitas dalam bentuk dan habitus pohon, sedangkan gangguan berupa serangan patogen menurut Wasaraka dkk. (1996), ditandai dengan kemunduran (deteriorasi) sel kayu yakni adanya penetrasi hifa jamur yang tumbuh dalam sel-sel parenkim dan trakeid yang banyak mengandung protein, karbohidrat dan zat gula. Hifa ini berkembang dari satu sel ke sel yang lain dengan menembus selaput noktah sehingga menimbulkan reaksi

parenkimatis dengan terbentuknya tylosis yang mengisi sebagian pembuluh atau memenuhi seluruh diameter pembuluh yang akan mencegah aliran cairan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dampak dari serangan patogen kanker batang terhadap struktur anatomi kayu dari pohon karet bekas terbakar termasuk penyebab dan gejala serangannya serta persentase kerusakan kayu yang ditimbulkan. Diharapkan hasil penelitian ini dapat menjadi masukan dalam upaya penanganan lebih lanjut pohon karet bekas terbakar yang terserang patogen kanker batang. Selain itu pula dapat menjadi acuan/dasar bagi pengembangan penelitian, khususnya di bidang Biologi Kayu dan Ilmu Penyakit Hutan serta penelitian-penelitian lain dengan materi yang terkait di masa yang akan datang.

II. METODE PENELITIAN

A. LOKASI DAN WAKTU PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Perlindungan Hutan dan Laboratorium Anatomi dan Identifikasi Kayu Fakultas Kehutanan Universitas Mulawarman, Samarinda.

Pelaksanaan penelitian berlangsung selama ± 10 bulan, meliputi kegiatan persiapan dan pengamatan di lapangan serta laboratorium.

B. BAHAN DAN ALAT

1. Jenis Kayu

Bahan yang digunakan adalah satu batang pohon karet (*Hevea brasiliensis*) bebas cabang, di mana terdapat ± 7 m mengalami kanker mulai dari pangkal batang. Umur pohon ± 10 yang pernah terbakar tahun 1997/98.

2. Peralatan Penelitian

Alat-alat utama yang digunakan di antaranya, pemanas listrik, saringan, sledge microtome, loupe dan stereomikroskop merk Zeiss, mikroskop layar, mikroskop merk Olympus BH-2, kertas filter, film dan kamera, tabung reaksi, cawan petri, glove box, corong plastik, gelas piala, penjepit, kaca objek dan penutupnya, pipet dan pinset, dot grid, hand counter.

C. PROSEDUR PENELITIAN

1. Pembuatan Sampel Kayu

Sampel kayu diambil dari bagian batang bebas cabang pada pohon bekas terbakar yang mengalami kanker sepanjang 2,5 m dimulai dari pangkal batang. Batang yang mengalami kanker tersebut dipotong melintang dalam bentuk lempengan sebanyak 16 buah, masing-masing setebal lebih kurang 15 cm. Pada awalnya lempengan-lempengan tersebut digunakan sebagai bahan untuk pengamatan makroskopis kayu, meliputi pengukuran persentase kerusakan kayu bidang lintang batang dan pengamatan ciri-ciri fisik kayu.

Dari sejumlah lempengan tersebut diambil 3 buah, terdiri dari lempengan pangkal kanker, tengah dan ujungnya. Selanjutnya dibuat 6 buah sampel kayu berukuran 3 x 3 x 3 cm menurut arah radial batang mulai dari arah xylem dengan floem yang terbuka (kanker) melewati empulur hingga ke xylem yang tertutup floem (normal). Kemudian sampel-sampel tersebut dibuat lagi menjadi berukuran 2 x 2 x 2 cm untuk digunakan sebagai bahan pembuatan sayatan kayu dan sisanya dibuat dalam bentuk stik/batang kecil untuk bahan pembuatan sampel maserasi (pemisahan serat-serat kayu). Sebagai data penunjang, dari ketiga lempengan ini dilakukan juga pengambilan sampel untuk perhitungan nilai kadar air kayu segarnya.

Bagian yang tidak terserang patogen, yakni batang setelah ujung kanker sampai ke ujung pohon bebas cabang dibagi menjadi 3 buah lempengan setebal kurang lebih 15 cm. Selanjutnya dibuat 4 buah sampel berukuran 3 x 3 x 3 cm menurut arah radial batang. Kemudian sampel-sampel tersebut dibuat menjadi berukuran 2 x 2 x 2 cm, digunakan sebagai bahan pembuatan sayatan kayu dan sisanya dibuat dalam bentuk stik/batang kecil untuk pembuatan sampel maserasi.

2. Persiapan Pengamatan

Dalam persiapan pengamatan dilakukan beberapa tahapan awal, di antaranya pembuatan sayatan tipis kayu (penyayatan), pembuatan preparat awetan dan dilakukan maserasi menggunakan metode Schultze.

3. Prosedur Pengamatan

3.1. Identifikasi patogen (jamur)

Bagian batang yang terserang diambil dan dipotong-potong sebesar 1 cm². Potongan tersebut disterilkan permukaannya dengan memanaskan di api bunsen sebentar, kemudian diletakkan di potato dextrose agar (PDA) di dalam cawan Petri secara teratur sebanyak 6 potongan. Setelah tumbuh, jamur diidentifikasi dengan cara membandingkan jamur yang ditemukan dengan kunci determinasi menurut Nobles (1965), yaitu melihat bentuk,

warna dan ukuran spora serta alat vegetatif dengan mikroskop Olympus BH-2.

3.2. Pengamatan makroskopis kayu

Dengan bantuan loupe dan menggunakan stereomicroscope Zeiss, lempengan kayu yang mengalami kanker diamati ciri-ciri spesifik bidang lintangnya, terutama berkaitan dengan bentuk-bentuk penyimpangan kayu. Dilakukan pengamatan terhadap ciri-ciri atau penampakan fisik kayu, juga ditentukan nilai persentase kerusakan kayu berdasarkan perhitungannya pada bidang transversal kayu.

3.3. Pengamatan mikroskopis kayu

Pengamatan anatomi kayu yang terserang dan tidak terserang, meliputi: perubahan-perubahan yang terjadi pada jaringan sel-sel kayu yang terserang patogen dari ketiga bidang pengamatan/orientasi kayu dan pengukuran jumlah serta dimensi jaringan sel kayu yang terserang patogen dan tidak terserang, yaitu: diameter, tinggi dan jumlah pori; tinggi, lebar dan jumlah jari-jari; panjang, diameter sel, diameter lumen dan tebal dinding serat.

Pengukuran dilakukan menurut standar International Association of Wood Anatomist (IAWA) (Anonim, 1989).

D. PENGOLAHAN DATA

Untuk mengetahui sejauh mana perbedaan nilai dari hasil pengukuran mikroskopis kayu yang terserang patogen dengan yang tidak terserang, maka dilakukan analisis statistik menggunakan uji-t (Siahaya, 1987):

III. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. KONDISI BATANG POHON DI LAPANGAN

Dari hasil pengamatan di lapangan, hingga kini tanaman karet di PT Inhutani I Batuampar sebagian besar masih tetap bertahan hidup namun mengalami gangguan, satu di antaranya yang tampak dari abnormalitas pertumbuhan bentuk batang pohon yang diteliti, yakni pada bagian bekas terbakar sebagian xylem tampak terbuka, tidak dapat tertutup kallus secara penuh. Hal ini dikarenakan sebelumnya telah terbakar langsung atau mendapatkan radiasi panas dengan intensitas yang cukup tinggi, sehingga kulit batang mengalami pecah vertikal dan mengelupas. Kanker pada batang pohon yang diamati hanya terjadi di daerah bekas luka bakar (tampak xylem

yang tidak tertutup floem berwarna hitam) sepanjang kurang lebih 2,5 m arah vertikal mulai dari pangkal pohon, sedangkan pada bagian sisi yang lain masih tertutup oleh kulit. Hal ini menunjukkan, bahwa kanker merupakan luka atau kematian pada kulit batang yang terjadi secara lokal. Jaringan yang masih hidup pada daerah sekitar kanker mengalami penebalan sehingga seakan-akan bagian yang sakit atau daerah kanker terlihat tenggelam dan terletak lebih rendah daripada bagian sekelilingnya. Pohon dapat hidup terus dan menahan meluasnya kanker dengan jalan membentuk kallus di sekitar kanker. Pembentukan kallus ini merupakan bentuk respon tanaman untuk mempertahankan diri dari serangan patogen. Menurut Mardji (1995), jaringan kallus terdiri dari sel-sel parenkim yang berdingding tebal dan tidak dapat ditembus oleh patogen, tetapi bila perkembangan patogen lebih cepat dari pembentukan kallus, maka hal demikian tidak memiliki peranan yang berarti.

Pada pohon karet ini, ternyata kanker berkembang lebih cepat daripada pembentukan jaringan pertahanan, sehingga kallus yang terbentuk tidak dapat menutupi luka dan kanker berkembang dengan cepat atau menyerang kallus yang baru terbentuk sehingga kanker meluas. Pada lapisan kulit luar bentukan dari kallus tampak floem pecah-pecah, tidak rata (agak kasar) dan terdapat bagian-bagian tertentu berbentuk benjolan pipih yang tidak beraturan, sedangkan pada daerah lain dari batang, floem lebih kompak dan rata (lebih halus).

Akibat lain dari kanker adalah bentuk batang menjadi tidak silindris, yakni pada beberapa ketinggian tertentu diameter batang terlihat cenderung lebih besar dari bagian pangkalnya. Hal tersebut disebabkan pembentukan kallus pada bagian batang di daerah bekas luka tidak sempurna pada masing-masing ketinggian batang. Hal ini sesuai dengan pendapat Budi (1999), bahwa pertumbuhan sel lebih banyak terkonsentrasi ke daerah luka namun biasanya hanya sampai pada ketinggian tertentu. Selain itu diduga pula meluasnya serangan patogen dalam menginfeksi xylem turut mempengaruhi perkembangan kambium yang membentuk jaringan-jaringan pertahanan.

B. SERANGAN PATOGEN KANKER PADA POHON

1. Penyebab Kanker

Dari hasil identifikasi diketahui bahwa patogen yang menyerang pohon karet bekas terbakar sehingga terjadi kanker batang adalah jenis jamur dengan ciri-ciri miselium berwarna putih yang tumbuh meluas di bagian kayu terserang yang terlihat pada penampang kayu. Miselium tersebut merupakan kumpulan dari sel-sel jamur berbentuk benang-benang halus berstruktur mikroskopis yang disebut hifa. Hifa tersebut berwarna hyalin (pucat), bersekat (bersept), memiliki cabang-cabang yang lebih

kecil dari hifa utamanya dan sering tumbuh sejajar dan atau melekat pada hifa utamanya. Cabang-cabang hifa tersebut membentuk sudut yang tidak teratur terhadap hifa utama dan tidak melebihi sudut 90^0 , di antara hifa sering terjadi anastomosis, yaitu hifa yang bertemu saling bersambungan. Ditemukan pula ciri-ciri lain, yaitu adanya sambungan lutut (hubungan ketam, clamp connection). Hubungan ketam tersebut jarang sekali ditemukan dan tidak terdapat pada setiap sekat atau bersifat tidak konsisten. Oidiosporanya berbentuk lonjong, berwarna hyalin dan ukurannya bervariasi. Berdasarkan ciri-ciri demikian, maka menurut Nobles (1965) jamur tersebut digolongkan ke dalam kelas Basidiomycetes.

Jamur dari kelas ini dikategorikan sebagai jamur pembusuk kayu (Parham, 1983) dan menurut Panshin dan de Zeuw (1964) termasuk jamur perusak kayu (wood destroying fungi). Sebagai mikroorganisme perusak kayu, jamur dari kelas Basidiomycetes menurut Kollman dan Côté (1968) dapat menyerang holosellulosa dan lignin dari kayu. Jika jamur hanya menyerang seluruh kandungan karbohidrat (holosellulosa dan zat tepung) dan meninggalkan residu kecoklat-coklatan berakibat terjadinya perombakan komponen kayu yang sepihak sehingga warna kayu berubah menjadi coklat kehitam-hitaman dan kekuatan kayu menjadi hilang walaupun bentuk dinding sel seolah-olah masih utuh, maka disebut jamur pembusuk coklat (brown rot). Parham (1983) mengemukakan bahwa jamur pembusuk coklat biasanya menyerang softwood tetapi ada beberapa jenis dapat juga menyerang hardwood. Bila jamur menyerang kayu dengan merombak lignin dan sellulosa (karbohidrat) sehingga menyebabkan deteriorasi kayu dengan warna yang tampak lebih muda dari normalnya, yaitu berwarna putih, kuning atau coklat terang, maka disebut jamur pembusuk putih (white rot). Dari hal tersebut, dikategorikan patogen kenker yang menyerang kayu karet ini adalah jamur pembusuk putih (white rot) karena akibat serangannya sering meninggalkan bekas-bekas seperti spon atau massa berserabut dan juga pada bagian kayu yang diserang di saat kering menampakkan warna keputih-putihan dan keabu-abuan.

2. Bentuk Serangan Patogen Kanker

Dari hasil pengamatan dapat dikemukakan bahwa jamur yang menyerang kayu dari pohon karet bekas terbakar adalah termasuk white mottled rot karena bentuk serangannya menyebabkan garis-garis putih pada penampang kayu. Hal tersebut dapat teridentifikasi dikarenakan selain miselium jamur berwarna putih hingga meninggalkan bekas-bekas yang demikian juga akibat hifa yang telah berada di dalam kayu (sebelum ditebang) begitu cepat tumbuh dan berkembang pada penampang bagian kayu yang terserang kurang lebih dua hari setelah dilakukan penebangan dan pemotongan batang. Jenis jamur ini menginfeksi inangnya baik secara inter- maupun intraselluler, yaitu hifanya berada di luar maupun masuk ke

rongga sel. Masuknya hifa ke dalam sel-sel kayu selain melalui lubang-lubang alami seperti noktah dan bidang perforasi juga adanya kemampuan jamur dengan hifanya menginfeksi dinding sel secara enzimatik sebagaimana menurut pendapat Parham (1983), bahwa penetrasi hifa jamur pembusuk putih dapat terjadi melalui serangan enzimatik, khususnya terhadap lignin dan atau karbohidrat pada dinding sel kayu. Penjelasan Nicholas (1987) juga memperkuat hal ini, bahwa jamur pembusuk putih menguraikan lignin dan karbohidrat dari dinding sel kayu, di mana pada tahap awalnya, penetrasi jamur ke dalam sel melalui noktah, sedangkan pada tahap akhir jamur membuat penipisan progresif pada dinding sekunder, dimulai dari lumen dan seterusnya ke arah lamela tengah.

Dari reaksi enzimatik tersebut dapat diketahui bahwa perombakan dinding sel bukan dipengaruhi langsung oleh kekuatan mekanis hifa melainkan menurut Proctor (1941) dikutip Cartwright and Findlay (1946) dikarenakan adanya aktivitas enzim yang dikeluarkan oleh jamur pada ujung-ujung hifa yang berhasil menembus dinding sel. Jadi tidak ada kontak secara langsung antara hifa dengan dinding sel karena tidak ditemukan adanya tanda-tanda kekuatan mekanis selama penetrasi hifa berlangsung. Lebih lanjut Panshin dan de Zeeuw (1964) menjelaskan, melalui aktivitas enzim tersebut, zat-zat atau substansi padat kayu dapat terurai menjadi substansi yang dapat larut sehingga memudahkan penetrasi hifa.

Rusak dan pecahnya dinding-dinding sel serta membesarnya noktah akibat penetrasi hifa jamur tersebut menyebabkan meningkatnya daya serap (absorpsi) kayu terhadap air. Hal ini dapat diketahui dari nilai kadar air kayu segar bagian yang terserang (128,32 %) lebih besar daripada bagian yang tidak terserang (66,12 %). Menurut Panshin dan de Zeeuw (1964), adanya lubang-lubang pada dinding sel akibat infeksi hifa jamur mengakibatkan lebih cepatnya air masuk ke dalam sel daripada kayu yang memiliki dinding-dinding sel yang masih utuh dan kompak.

C. DAMPAK SERANGAN JAMUR TERHADAP SIFAT ANATOMI KAYU

1. Pengamatan Makroskopis Kayu

1.1. Bentuk-bentuk penyimpangan kayu pada penampang lintang batang

Dari hasil pengamatan pada penampang lintang batang, diketahui fungsi kambium yang membentuk kayu (xylem) dan kulit (floem) terlihat mengalami gangguan, bahkan sebagian tidak berfungsi (mati) akibat dampak langsung dari panas api yang pernah dialami dan juga adanya pengaruh meluasnya infeksi jamur di sekitar luka. Hal tersebut tampak dari adanya pembentukan kallus yang tidak sempurna untuk menutup luka di sisi pohon bekas tempat terkonsentrasinya panas api saat terjadi kebakaran.

Kondisi di atas menyebabkan terdapatnya batas yang sangat jelas dari bentuk kayu baru dan kayu sebelumnya, yakni antara xylem yang

terbentuk sebelum kebakaran (XSK) dan pasca kebakaran (XPK). Pada daerah batas tersebut tampak juga adanya bekas kulit yang terjebak di dalam kayu, dikenal dengan istilah kulit tersisip (*included floem*) yang cenderung melingkar dan menimbulkan cacat pada kayu berupa pecah gelang.

Gambaran lain yang menunjukkan penyimpangan struktur kayu adalah terdapatnya pembentukan bagian-bagian kayu yang abnormal pada daerah sekitar kanker, seperti adanya daerah (zona) kayu lapuk yang kaya akan tylosis dan endapan amorf atau disebut gum, terbentuknya batas antara xylem sebelum kebakaran dan xylem pasca kebakaran yang mencakup zona kambium yang masih aktif dan zona kambium tidak aktif. Selain itu, terbentuk beberapa zona penyanggah (*barier zone*), seperti terdapat pada batas antara kayu lapuk dan kayu tidak lapuk, juga pada xylem sebelum kebakaran yang terserang patogen berupa konsentrasi pori dan parenkim aksial berisi gum serta terjadi penyimpangan arah jari-jari dan terdapatnya pori-pori xylem yang mengecil di sekitar kallus, bentuk serangan sekunder berupa lubang gerek serangga.

Zona kayu lapuk terdapat pada bagian batang dari sisi pohon yang sebelumnya sebagai tempat terkonsentrasinya api saat kebakaran dan menyisakan kayu dan kulit luar yang terlihat hangus. Zona ini menjadi tempat awal menempel dan masuknya patogen ke dalam kayu yang selanjutnya tumbuh dan berkembang cukup baik di bagian tersebut. Pada saat itu, reaksi pohon tidak berhasil untuk mencegahnya sehingga batang pohon tidak dapat tertutup oleh kallus secara sempurna. Kayu pada bagian ini mengalami kerusakan yang terparah dan bahkan telah kehilangan fungsinya sebagai penyalur cairan dan zat-zat makanan. Hal ini ditandai dengan mudah rapuhnya kayu jika diiris, selain itu pori-pori tersumbat oleh banyaknya tylosis dan gum.

Gangguan terhadap pohon pasca kebakaran berupa serangan patogen terutama pada bagian batang yang terinfeksi, telah menyebabkan gangguan pada pertumbuhan kambium di daerah tersebut hingga menjadi tidak aktif, sementara di bagian lain kambium tetap berfungsi dalam membentuk xylem dan floem. Hal demikian mengakibatkan terjadinya pertumbuhan yang sepihak dan berlangsung secara sporadis sehingga jelas terlihat pada penampang lintang kayu, batas yang jelas antara xylem yang terbentuk sebelum terjadi kebakaran dan xylem yang terbentuk sesudahnya. Dari batas bentukan kayu tersebut menghasilkan ciri-ciri yang khas, yakni pada zona kambium tidak aktif terdapat kulit yang terjebak di tengah-tengah kayu, dikenal dengan istilah kulit tersisip (*included floem*) membentuk batas yang cenderung melingkar dan menimbulkan cacat pada kayu berupa pecah gelang, sedangkan pada zona kambium yang masih aktif hanya terlihat batas berbentuk garis yang cenderung melingkar (*membusur*).

Kallus yang berada atau berbatasan langsung dengan bagian xylem yang terbuka ternyata lebih aktif mengembangkan diri dalam usahanya

untuk menutupi luka. Hal ini dapat terlihat dari sel-sel pori yang berdiameter kecil dan tersebar merata yang akan terus berkembang seiring dengan kebutuhan dari ketersediaan zat-zat makanan yang diperlukan. Pada pihak lain, tampak juga adanya penyimpangan arah jari-jari dari arah empulur menuju ke daerah yang memiliki kambium aktif. Hal ini dimaksudkan adalah untuk memberikan jalur transportasi secara lateral bagi zat-zat makanan yang dibutuhkan oleh kallus untuk berkembang menutupi xylem yang rusak tersebut.

1.2.. Persentase kerusakan kayu

Hasil perhitungan persentase kerusakan kayu masing-masing lempengan sepanjang batang yang mengalami kanker dapat dilihat pada Tabel 1.

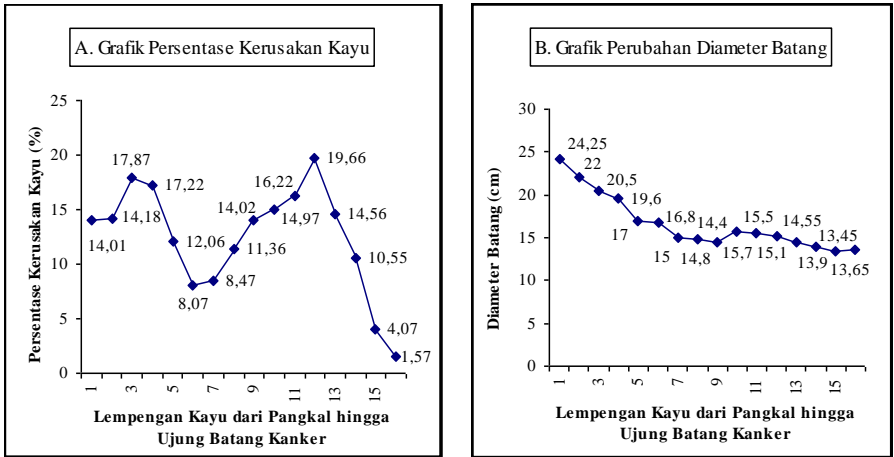
Tabel 1. Persentase kerusakan kayu pada penampang lintang (bidang transversal) dan diameter batang yang mengalami kanker

Nomor lempengan	Luas bidang lempengan (point)*	Luas kerusakan (point)*	Persentase kerusakan kayu	Diameter (cm)
1	1749	245	14,01	24,25
2	1453	206	14,18	22,00
3	1360	243	17,87	20,50
4	1063	183	17,22	19,60
5	912	110	12,06	17,00
6	805	65	8,07	16,80
7	779	66	8,47	15,00
8	722	82	11,36	14,80
9	706	99	14,02	14,40
10	728	109	14,97	15,70
11	740	120	16,22	15,50
12	641	126	19,66	15,10
13	618	90	14,56	14,55
14	578	61	10,55	13,90
15	565	23	4,07	13,45
16	574	9	1,57	13,65
Jumlah	13993	1837	198,86	266,20
Rataan	874,56	114,81	12,43	16,64

*Luas 1 petak pada dot grid = 16 mm²

Dari Tabel 1 diketahui rataan persentase kerusakan bidang lintang kayu pada bagian batang yang terdapat kallus (daerah terbentuknya kanker) adalah sebesar 12,43 % dari rataan diameter batang 16,64 cm. Hal ini menunjukkan bahwa pada batang pohon yang memiliki xylem terbuka (daerah kanker), masih terdapat bagian kayu yang tidak rusak lebih kurang 77 %, artinya reaksi pohon terhadap aktivitas jamur dengan membentuk batas-batas pertahanan sebagaimana dijelaskan sebelumnya berhasil mencegah meluasnya penyebaran hifanya ke bagian-bagian kayu yang lain.

Lebih jelasnya gambaran persentase kerusakan kayu dari perubahan diameter batang yang mengalami kanker dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 1. Grafik (A) persentase kerusakan penampang lintang kayu dan (B) perubahan diameter batang yang mengalami kanker

Dari gambar tersebut dapat dijelaskan, bahwa kerusakan kayu yang terlihat dari penampang lintang batang yang mengalami kanker membentuk pola yang tidak beraturan secara vertikal mulai dari pangkal hingga pada bagian xylem yang tertutup sempurna oleh kallus di daerah ujung batang. Keadaan demikian menunjukkan telah terjadi kerusakan fisik kayu yang berbeda-beda menurut tingkat ketinggian batang (lempengan batang) seiring dengan meluasnya serangan patogen pada daerah kanker. Gambaran kerusakan kayu yang tampak berupa perubahan warna dan corak kayu karena noda dan bercak-bercak putih, juga terbentuknya spot-spot kayu lapuk dan kulit tersisip serta terdapatnya bekas serangan penggerek kayu.

Ketidaksilindrisan batang juga terlihat dari pola perubahan diameternya yang tidak selalu teratur menurut arah vertikal. Dari Tabel 1 diketahui bahwa diameter lempengan ke-10 hingga ke-12 lebih besar daripada lempengan sebelumnya, yaitu lempengan ke-7 hingga ke-9 atau dapat dikatakan tidak selalu mengikuti perubahan diameter yang semakin menurun dengan bertambah tingginya batang. Hal demikian terjadi sebagai akibat dari pembentukan kallus untuk menutupi luka pada setiap bagian kayu yang terserang tidak selalu sama tergantung dari tingkat infeksi hifa jamur serta kemampuan pohon untuk membentuk jaringan pertahanan. Sejalan dengan penjelasan tersebut, Budi (1999) menjelaskan, bahwa daerah kanker pada batang pohon secara biologis akan selalu ditutupi oleh

perkembangan sel samping kanan dan kirinya dengan membentuk kallus baru secara cepat, akibat pertumbuhan pohon yang abnormal ini batang pohon menjadi tidak silindris.

1.3. Ciri-ciri fisik kayu

Dari hasil pengamatan mengenai ciri-ciri fisik kayu menunjukkan adanya beberapa perbedaan antara bagian yang terserang patogen dengan yang tidak terserang. Hal tersebut dapat dilihat dari perbandingannya pada Tabel 2. Pada bagian yang terserang, warna kayu tampak lebih muda dibandingkan dengan bagian yang tidak terserang. Hal ini tampak dari kayu lapuk yang berwarna coklat muda dan cenderung keputih-putihan dan kayu yang tidak lapuk coklat muda, sedangkan kayu yang tidak terserang tampak berwarna coklat lebih tua dan agak pucat.

Tabel 2. Ciri-ciri fisik kayu dari bagian yang terserang dan tidak terserang patogen

Ciri fisik	Bagian yang terserang		Bagian yang tidak terserang
	Kayu lapuk	Kayu tidak lapuk	
Warna	Coklat muda dan tampak keputihan	Coklat muda	Warna coklat yang lebih tua dan tampak agak pucat
Tekstur	Sangat kasar	Agak kasar	Halus dan merata
Arah serat	Bergelombang	Bergelombang	Lurus sampai agak berpadu
Kesan raba	Kasar	Agak kasar	Sedang
Kekerasan	Lunak	Agak keras	Agak Keras

Perubahan warna kayu tersebut berkaitan langsung dengan pembusukan oleh jamur pembusuk putih yang menyerang komponen kimia kayu dan hifanya berkembang baik di daerah tersebut tanpa kayu dapat terbentuk kembali seperti dalam keadaan sehatnya. Hal ini sesuai dengan Nicholas (1987), bahwa kebusukan lanjut pada kayu dicirikan secara khas oleh tiga hal yaitu deteriorasinya meluas ke dalam kayu, kekuatan jauh di bawah normal dan kayu mempunyai warna yang abnormal. Jamur pembusuk putih yang menyerang lignin dan selulosa sekaligus menyebabkan kayu cenderung kehilangan warna.

Tekstur kayu pada bagian yang terserang, terutama pada daerah lapuk terasa sangat kasar. Fenomena ini terjadi diduga berkaitan dengan arah longitudinal semua komponen sel kayu terlihat bergelombang dan tidak beraturan. Sementara pada bagian yang tidak terserang, kayu bertekstur halus dan merata dengan arah serat yang lurus dan berpadu.

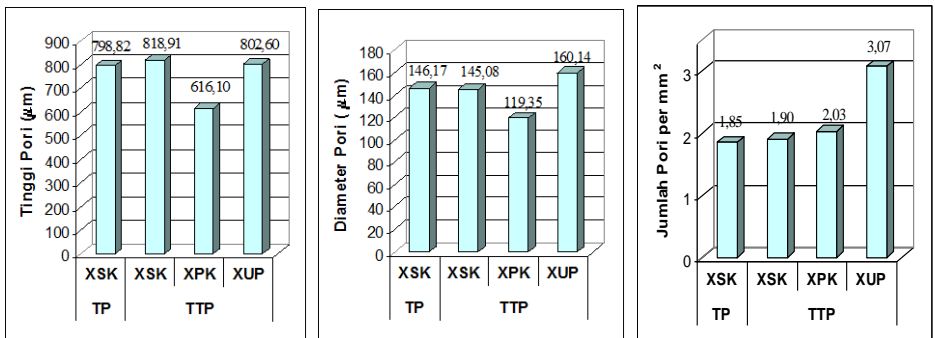
Sementara itu bagian kayu yang menjadi lapuk karena pembusukan menyebabkan kesan raba kayu terasa kasar dan kekerasan kayu berkurang atau kayu menjadi lunak. Hal tersebut terjadi karena struktur sel kayu menjadi rusak dan rapuhnya ikatan antar sel sebagai akibat degradasi

komponen kimia kayu, sebagaimana dijelaskan Nicholas (1987), bahwa jamur pembusuk putih juga mendekomposisi struktur lignin selain selulosa. Seperti diketahui bahwa lignin merupakan bahan dasar perekat antar sel yang berada pada lemela tengah dan dinding primer dalam jumlah yang cukup besar.

2. Pengamatan Mikroskopis Kayu

2.1. Sel pori

Hasil pengukuran diameter, tinggi dan jumlah pori bagian kayu terserang patogen dan yang tidak terserang dapat dilihat dari grafik perbandingan nilai-nilai rataannya pada gambar berikut ini.



Gambar 2. Grafik perbandingan nilai rata-rata diameter, tinggi dan jumlah pori dari bagian kayu yang terserang (TP) dan tidak terserang patogen (TTP). XSK = Xylem yang terbentuk (bentukan kayu) sebelum kebakaran. XPK = Xylem yang terbentuk (bentukan kayu) pasca kebakaran. XUP = Xylem yang terbentuk (bentukan kayu) di daerah ujung pohon

Dari grafik pada Gambar 2 dapat diketahui hasil perbandingan kuantitatif sel pori antara bagian kayu terserang patogen dan yang tidak terserang, antara lain nilai rata-rata diameter pori XSK (TP) 146,17 µm lebih besar daripada XSK (TTP) 145,08 µm, juga terhadap XPK 119,35 µm, namun lebih kecil daripada XUP 160,14 µm. Nilai rata-rata tinggi pori XSK (TP) 798,82 µm lebih kecil daripada XSK (TTP) 818,91 µm, sebaliknya lebih besar daripada XPK 616,10 µm dan lebih kecil daripada XUP 802,60 µm, sedangkan nilai rata-rata jumlah pori XSK (TP) 1,85 lebih kecil daripada XSK (TTP) 1,90, XPK 2,03 dan XUP 3,07.

Berdasarkan hasil analisis statistik dapat dikemukakan bahwa serangan patogen kanker pada bagian kayu dari xylem sebelum kebakaran, pada dasarnya tidak menyebabkan perubahan terhadap diameter, tinggi dan jumlah pori. Hal ini sehubungan pada saat sebelum terserang patogen,

pertumbuhan pohon berlangsung normal hingga kayu memiliki sel-sel pori yang telah mencapai tahap akhir pematangan sel-sel meristem (terbentuk kayu dewasa). Menurut Haygreen dan Bowyer (1993), penambahan tinggi dan diameter pori pada awal pertumbuhan sampai kayu menjadi dewasa relatif tetap. Hal ini disebabkan pada awal pertumbuhan sel pembuluh pada kayu juvenil umumnya merupakan meristem primer. Pada proses pencapaian bentuk dewasa sel-sel mengalami differensiasi yang merupakan tahap akhir pada pematangan sel meristem. Oleh karena itu perkembangan patogen yang menembus sel-sel kayu tidak berpengaruh besar terhadap perubahan struktur dan jumlah sel pori. Berbeda jika perkembangan kanker akibat pelukaan dan serangan patogen mulai terjadi sejak tanaman masih relatif muda, akan berpengaruh terhadap perkembangan diameter dan tinggi pori, yakni lebih kecil dan berukuran pendek dibandingkan dengan bagian kayu yang tidak terserang, seperti terdapat pada kayu leda (Pasarakan, 1999) dan gmelina (Erwin, 2000).

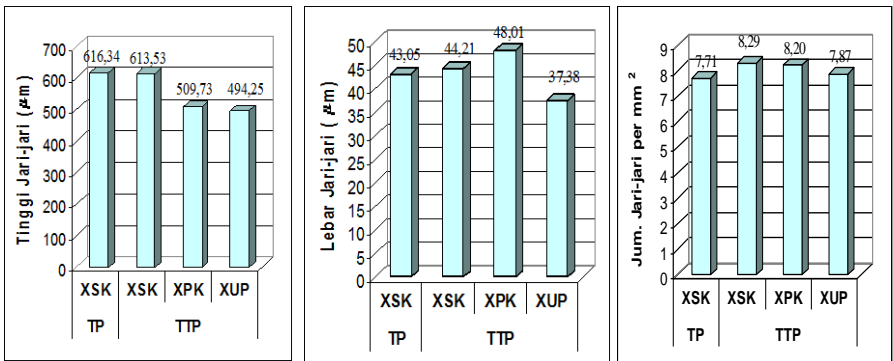
Diameter dan tinggi pori kayu dari xylem pasca kebakaran lebih kecil daripada xylem sebelum kebakaran yang terserang patogen merupakan indikasi adanya upaya pohon untuk tetap bertahan hidup dengan memproduksi makanan secara maksimal, kemudian digunakan untuk pertumbuhan kallus yang akan menutupi luka. Untuk maksud tersebut, dengan kondisi lingkungan sedemikian rupa pohon berusaha meningkatkan daya serap kayu terhadap air dan unsur hara tanah dengan cara memperkecil diameter pori. Hal tersebut sesuai dengan pendapat Budi (1999), bahwa pengangkutan oleh daya kapiler akan lebih kuat pada pipa-pipa pori yang berdiameter lebih kecil. Sesuai juga dengan penjelasan Soenardi (1977) bahwa sel pori akan tumbuh besar dan sangat besar saat air dan hara yang dapat diserap berlimpah. Sebaliknya pori akan sangat kecil saat persediaan air di tanah sangat kurang.

Perkembangan sel pori pada bagian kayu yang terletak pada ujung pohon berlangsung normal. Hal ini dapat dilihat dari dimensi dan jumlahnya relatif lebih banyak. Keberhasilan pohon membentuk struktur pori yang berdiameter kecil dan lebih padat pada xylem pasca kebakaran ternyata merupakan salah satu faktor yang memberikan kontribusi positif bagi transportasi makanan yang diperlukan untuk pertumbuhan sel-sel kayu di daerah ujung pohon. Dalam hal ini Haygreen dan Bowyer (1993) menjelaskan, sel-sel yang kurang mendapatkan hara mungkin gagal untuk membelah dan agar perkembangannya dapat berlangsung normal, diperlukan distribusi makanan dari sel jari-jari, ini berarti bahwa sel-sel berukuran lebih panjang dan berhubungan dengan jari-jari akan tetap hidup, sebaliknya akan mengalami kemunduran.

2.2. Sel jari-jari

Hasil pengukuran terhadap sel jari-jari bagian kayu terserang patogen dan tidak terserang memberikan nilai rata-rata tinggi, lebar dan

jumlah jari-jari seperti dapat dilihat dari grafik perbandingannya pada Gambar 3. Grafik pada gambar tersebut memperlihatkan perbandingan kuantitatif sel jari-jari antara bagian kayu terserang patogen dan yang tidak terserang, antara lain nilai rata-ran tinggi jari-jari XSK (TP) 616,34 μm lebih besar daripada XSK (TTP) 613,53 μm , juga terhadap XPK 509,73 μm dan XUP 494,25 μm . Nilai rata-ran lebar jari-jari XSK (TP) 43,05 μm lebih kecil daripada XSK (TTP) 44,21 μm dan XPK 616,10 μm , namun lebih besar daripada XUP 37,38 μm .



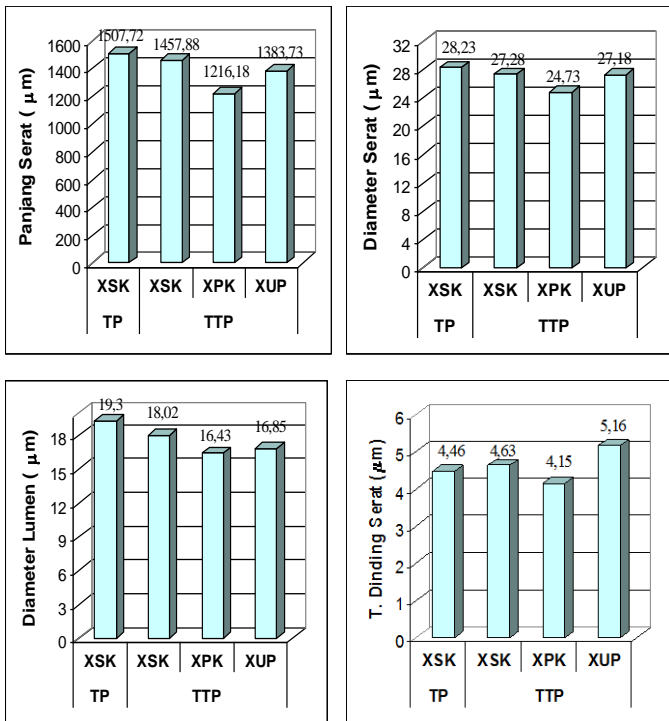
Gambar 3. Grafik perbandingan nilai rata-ran tinggi, lebar dan jumlah jari-jari dari bagian kayu yang terserang (TP) dan tidak terserang patogen (TTP)

Nilai rata-ran jumlah jari-jari (per mm^2) XSK (TP) 7,71 lebih kecil daripada XSK (TTP) 8,29, juga terhadap XPK 8,20 dan XUP 7,87. Sebagaimana halnya sel pori, tidak terjadi pula perubahan yang begitu mencolok terhadap tinggi, lebar dan jumlah jari-jari kayu oleh adanya serangan patogen pada xylem sebelum kebakaran. Sementara sel jari-jari dari xylem pasca kebakaran cenderung lebih besar dan padat daripada xylem sebelum kebakaran yang terserang patogen, dikarenakan pohon berusaha untuk menyediakan cadangan makanan yang lebih banyak, terutama sekali untuk penutupan luka oleh kallus (pertumbuhan ke arah samping). Hal ini juga berhubungan dengan pertumbuhan pohon pasca kebakaran lebih terkonsentrasi ke arah samping (radial). Penjelasan ini sesuai dengan pendapat Soenardi (1977), bahwa struktur sel jari-jari akan berpengaruh pada aktivitas penyimpanan dan penyaluran bahan makanan arah radial batang. Pohon dengan lebar jari-jari yang lebih besar akan memiliki aktivitas penyimpanan dan penyaluran bahan makanan yang besar pula. Pengangkutan zat-zat hara tanah (sebagai sumber bahan makanan) melalui pori-pori xylem pasca kebakaran ke ujung pohon memperlihatkan

juga perkembangan sel jari-jarinya berlangsung secara normal. Tingginya jumlah jari-jari xylem pada ujung pohon menunjukkan pembelahan inisial kambium jari-jari berlangsung aktif. Mengenai dimensi jari-jari xylem di daerah ujung pohon lebih kecil daripada xylem sebelum kebakaran yang terserang patogen, pada dasarnya terkait dengan keperluan bahan makanan yang diangkut ke arah pusat batang (empulur) pada ujung pohon tidak sebesar yang dibutuhkan oleh batang bagian pangkal yang berdiameter lebih besar. Selain itu adanya konsentrasi pohon terhadap pertumbuhan kallus dalam usaha menutupi luka pada daerah sekitar kanker dari pangkal hingga berbatasan pada daerah ujung pohon juga mempengaruhi perbedaan dimensi sel jari-jari tersebut.

2.3. Sel serat

Dari hasil pengukuran terhadap serat bagian kayu terserang patogen dan yang tidak terserang diperoleh nilai rata-ran dimensi serat seperti dapat dilihat dari grafik perbandingannya pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik perbandingan nilai rata-ran dimensi serat dari bagian kayu yang terserang (TP) dan tidak terserang patogen (TTP)

Dari perbandingan rataan dimensi serat antara bagian kayu terserang patogen dan yang tidak terserang pada Gambar 4 diketahui, bahwa nilai rataan panjang serat XSK (TP) 1507,72 μm lebih besar daripada XSK (TTP) 1457,88 μm , juga terhadap XPK 1216,18 μm dan XUP 1383,73 μm . Nilai rataan diameter serat XSK (TP) 28,23 μm lebih besar daripada XSK (TTP) 27,28 μm dan XPK 24,73 μm , demikian pula terhadap XUP 27,18 μm . Nilai rataan diameter lumen serat XSK (TP) 19,30 μm lebih besar daripada XSK (TTP) 18,02, juga terhadap XPK 16,43 μm dan XUP 16,85 μm . Nilai rataan tebal dinding serat XSK (TP) 4,46 μm lebih kecil daripada XSK (TTP) 4,63, namun lebih besar daripada XPK 4,15 dan sebaliknya lagi lebih kecil daripada XUP 5,16 μm .

Dari hasil pengukuran diketahui, bahwa tidak terjadi penipisan dinding sel serat, walaupun hasil analisis uji-t menunjukkan rataan pengukuran antara kayu yang terserang dan tidak terserang patogen berbeda tidak signifikan, sedangkan panjang, diameter lumen dan diameter serat tetap dalam kondisi pertumbuhan dan perkembangan yang normal.

Penipisan dinding serat oleh serangan patogen merupakan salah satu ciri dari bentuk degradasi kayu yang disebabkan oleh jamur pembusuk putih (white rot) sebagaimana dijelaskan oleh Nicholas (1987), perbedaan utama antara jamur pembusuk putih dan pembusuk coklat terletak pada sisa dinding sel sesudah perombakan substansi dinding-dinding sel. Degradasi kayu oleh jamur pembusuk putih menyebabkan terjadinya penipisan progresif dari dinding sel sekunder, dimulai pada lumen dan maju keluar ke arah lamela tengah.

Terdapatnya hifa pada sel serat dan juga parenkim yang telah menyebabkan penipisan dinding sel merupakan upaya jamur mendegradasi dinding sel untuk memperoleh substrat yang diperlukannya. Hal ini sesuai dengan penjelasan Nicholas (1987), bahwa sehubungan dengan aktivitas enzim-enzim jamur (pembusuk putih) penghancur lignin harus masuk lebih jauh ke dalam struktur dinding sel daripada enzim-enzim yang mendekomposisikan selulosa untuk mencapai jumlah substrat yang diperlukan, maka menyebabkan terdapatnya saluran-saluran noktah dan lubang infeksi tempat masuknya hifa menjadi membesar. Pecah-pecah dan retak radial pada dinding sekunder terjadi pada tahap-tahap awal serangan pembusuk putih.

Perbedaan diameter serat antara kayu bentukan sebelum kebakaran baik yang terserang maupun tidak terserang patogen dengan bentukan kayu pasca kebakaran diduga berkaitan dengan keberadaan hormon tumbuhan. Menurut Zimmermann dan Brown (1971) dikutip Haygreen dan Bowyer (1993), bahwa keberadaan hormon auksin yang berlimpah akan mendorong pembentukan sel-sel yang berdiameter besar. Dari hal tersebut, dimungkinkan pohon telah membentuk kayu yang memiliki serat-serat berdiameter besar sebelum terjadinya kebakaran karena keberadaan hormon

pertumbuhan dalam pembentukan sel-sel normal, sementara serat-serat kayu bentukan pasca kebakaran berdiameter lebih kecil disebabkan hormon-hormon tersebut digunakan juga membentuk jaringan-jaringan pertahanan dan penutup luka.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Kanker terjadi secara lokal pada daerah bekas luka bakar arah vertikal dari pangkal batang pohon. Akibat yang ditimbulkan berupa xylem menjadi terbuka, terbentuk kallus namun tidak dapat menutupi xylem secara sempurna sehingga batang menjadi tidak silindris, floem di sekitar kanker pecah-pecah, terkelupas dan permukaannya tidak rata (agak kasar).
2. Patogen yang menyerang kayu dan menyebabkan kanker batang adalah dari golongan jamur kelas Basidiomycetes dan dikategorikan sebagai jamur pembusuk putih (white rot). Jamur ini menginfeksi inangnya secara inter- dan intraselluler, yaitu hifanya berada di luar dan masuk ke rongga sel-sel kayu melalui noktah dan bidang perforasi serta mampu menginfeksi dinding sel secara enzimatik.
3. Reaksi pohon terhadap serangan patogen memperlihatkan beberapa bentuk penyimpangan kayu, yaitu terdapat kallus, kulit tersisip dan mengecilnya pori-pori xylem di sekitar kallus, terjadi penyimpangan arah jari-jari dan terbentuk zona kayu lapuk yang kaya akan pori berisi tylosis dan gum serta zona penyanggah berupa konsentrasi pori dan parenkim aksial berisi gum, juga zona kambium aktif dan tidak aktif yang memperlihatkan batas yang jelas antara bentukan kayu sebelum dan pasca kebakaran.
4. Kecilnya nilai persentase kerusakan kayu pada penampang lintang batang yang mengalami kanker menunjukkan pohon aktif membentuk jaringan pertahanan guna mencegah meluasnya penyebaran hifa jamur ke daerah yang lain.
5. Sifat fisik kayu mengalami perubahan, yaitu warna kayu dari coklat tua dan tampak pucat menjadi coklat muda dan tampak keputih-putihan, tekstur kayu dari halus dan merata menjadi agak kasar dan sangat kasar, arah serat lurus sampai agak berpadu berubah menjadi bergelombang, kekasaran permukaan kayu terkesan sedang berubah menjadi agak kasar dan kasar serta kekerasan kayu berkurang hingga menjadi lunak.

6. Serangan jamur patogen kanker pada xylem yang terbentuk sebelum kebakaran, tidak menyebabkan perubahan yang signifikan terhadap nilai rata-rata dimensi dan jumlah sel-sel kayu. Perbedaan yang signifikan antara xylem yang terbentuk sebelum kebakaran yang terserang patogen dengan xylem pasca kebakaran dan xylem di daerah ujung pohon dipengaruhi oleh adanya reaksi pohon dalam upayanya menutup luka pada daerah kanker dengan membentuk kallus dan jaringan pertahanan untuk mencegah meluasnya penyebaran hifa jamur, seperti zona kayu yang memiliki pori berisi gum dan berupaya untuk tetap dapat mendistribusikan makanan ke seluruh bagian kayu untuk pertumbuhan dan perkembangan sel.

Saran

Dari hasil penelitian ini disarankan beberapa hal sebagai berikut:

1. Sebaiknya pohon karet bekas terbakar yang terinfeksi oleh jamur patogen kanker batang segera dimanfaatkan kayunya bila diketahui lingkungan tempat tumbuhnya kurang subur, karena jika terlalu lama dibiarkan maka degradasi kayu yang terjadi akan semakin parah tanpa mampu pohon untuk melakukan pencegahan secara alamiah.
2. Berdasarkan struktur anatomi kayu pohon karet bekas terbakar yang terserang jamur patogen kanker batang, kayunya masih bisa dimanfaatkan namun untuk mengetahui seberapa besar nilai manfaat dan kegunaannya, maka hasil penelitian ini perlu ditunjang dengan serangkaian penelitian lain terutama mengenai perubahan sifat kimia, fisika dan mekanika kayu.
3. Perlu dilakukan penelitian tentang aspek-aspek biologis dan karakteristik jamur patogen kanker batang dari kelas Basidiomycetes, berkaitan dengan gejala serangan dan faktor-faktor penunjang perkembangannya pada luka pohon karet bekas terbakar sehingga dapat diketahui bentuk penanggulangannya secara dini.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1989. IAWA List of Microscopic Features for Hardwood Identification. IAWA Buletin 10 (3): 219-332.
- Anonim. 1999. Kerusakan Akibat Kebakaran di Kalimantan Timur 1997/98 dalam Kaitannya dengan Penggunaan Lahan dan Kelas Vegetasi: Hasil Inventarisasi Satelit Radar dan Usulan Untuk Tindak Lanjut.

- Kerja sama Teknis antara Pemerintah Indonesia (Dephutbun) dan Jerman (GTZ), Samarinda. 27 h.
- Budi, A.S. 1999. Respons Kayu terhadap Kebakaran Hutan (The Response of Wood on Forest Fire). *Frontir* 25: 9-22.
- Cartwright, G.ST.K dan W.P.K. Findlay. 1946. Decay of Timber and Its Prevention. Department of Scientific and Industrial Research. H.M. Stationery Office, London. 294 h.
- Erwin. 2000. Identifikasi Patogen Kanker Batang dan Perubahan Sifat Anatomi Kayu yang Terserang pada *Gmelina arborea* Roxb. Laporan Penelitian Dosen Muda. Lembaga Penelitian Universitas Mulawarman, Samarinda. 60 h.
- Haygreen, G.J. dan J.L. Bowyer. 1993. Hasil Hutan dan Ilmu Kayu. Suatu Pengantar. Gajah Mada University Press, Yogyakarta. (Diterjemahkan oleh S.A. Hadikusumo). 719 h.
- Kollman, F.F.P and W.A. Côté Jr. 1968. Principles of Wood Science and Technology. Solid Wood. Volume I. Springer-Verlag, Berlin. 592 h.
- Mardji, D. 1995. Perlindungan Hutan di Daerah Tropis. Bahan Kuliah. Fakultas Kehutanan Universitas Mulawarman, Samarinda. 109 h.
- Nicholas, D.D. 1987. Kemunduran (Deteriorasi) Kayu dan Pencegahannya dengan Perlakuan-perlakuan Pengawetan. Jilid I. Degradasi dan Proteksi Kayu. Airlangga University Press. (Diterjemahkan oleh H. Yoedodibroto). 590 h.
- Nobles, M.K. 1965. Identification of Cultures of Wood-Inhabiting Hymenomyces. *Canadian Journal of Botany* 43: 1097-1139.
- Panshin, A.J. dan C. de Zeeuw. 1964. Textbook of Wood Technology. Volume I. McGraw-Hill Book Company Inc., New York. 705 h.
- Parham, R.A. 1983. Wood Defects. Properties of Fibrous Raw Material and Their Preparation for Pulping. The Joint Textbook Committee of the Paper Industry of United States and Canada. 182 h.

- Pasarakan, R. 1999. Pangaruh Serangan Patogen Kanker terhadap Struktur Anatomi Batang Kayu Leda (*Eucalyptus deglupta* Blume.). Skripsi Sarjana Fakultas Kehutanan Universitas Mulawarman, Samarinda. 94 h.
- Siahaya, J. 1987. Statistika I (Dasar-dasar Statistika). Diktat Kuliah. Fakultas Kehutanan Universitas Mulawarman, Samarinda. 44 h.
- Soenardi. 1977. Ilmu Kayu. Yayasan Pembina Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta. 135 h.
- Wasaraka, R.A.; S. Prawirohatmodjo dan A. Sulthoni. 1996. Deteriorasi Sifat-sifat Kimia dan Fisika Kayu Karet oleh Asosiasi Jamur Pengganggu. Berkala Penelitian Pascasarjana Universitas Gadjah Mada 9 (1B): 85-95.