

BATANG

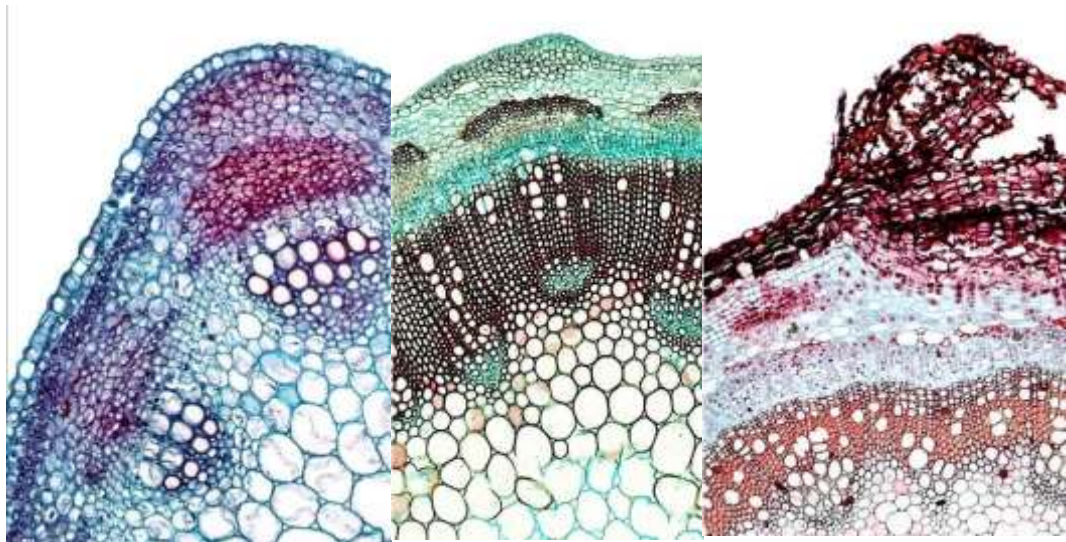
ISI BAB

Struktur Primer Batang

Struktur Sekunder Batang

Fenomena Adaptasi Batang dengan Lingkungan

Soal



Sumber :

Copyright 2003, 2007, 2012 University of Wisconsin Board of Regents



Pendahuluan

Batang atau stem merupakan organ yang terdiri dari sistem nodus yang berselang-seling, titik tempat daun melekat, dan internodus. Pada sudut paling teratas yang terbentuk oleh setiap daun dan batang terdapat kuncup aksilaris, struktur yang dapat membentuk tunas lateral disebut cabang. Sebagian besar kuncup aksilaris suatu tunas muda bersifat dorman (tidak bertumbuh). Pemanjangan tunas muda biasanya terkonsentrasi di dekat ujung tunas, yang terdiri dari kuncup apikal atau kuncup terminal dengan daun yang berkembang dan serangkaian nodus dan internodus tersusun rapat.

Struktur anatomi batang secara umum mempunyai berapa bagian pokok, yaitu epidermis dan derivatnya, korteks, stele dan empulur.

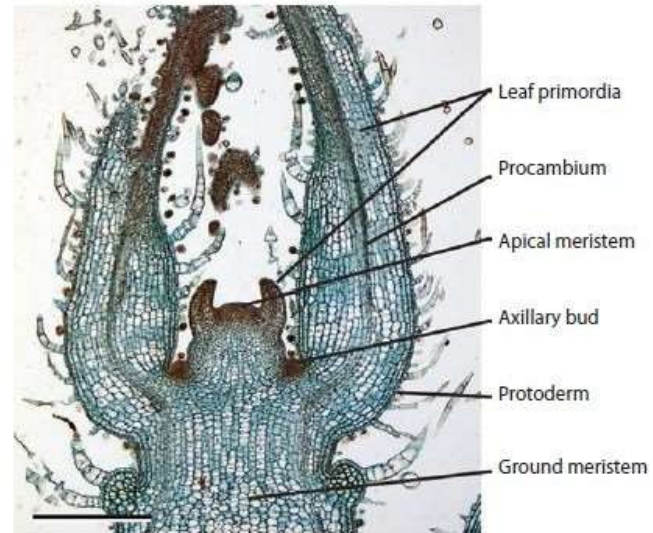


Struktur Primer Batang

Tumbuhan mampu melakukan pertumbuhan indeterminat karena mereka memiliki jaringan yang terus-menerus bersifat embrionik, disebut meristem. Ada dua tipe meristem yaitu apikal dan lateral (Gambar 1). **Meristem apikal** terletak di ujung akar dan tunas yang memungkinkan tumbuhan untuk tumbuh memanjang, proses ini dikenal dengan **pertumbuhan primer**. Pada tumbuhan herba (tak berkayu), pertumbuhan primer menghasilkan semua atau hampir semua tubuh tumbuhan. Akan tetapi, tumbuhan berkayu juga mengalami penambahan lingkaran batang dan akar yang tidak lagi tumbuh memanjang. Pertumbuhan yang menebal ini dikenal sebagai **pertumbuhan sekunder**. Pertumbuhan sekunder disebabkan oleh **meristem lateral** yaitu kambium vaskular dan kambium gabus.

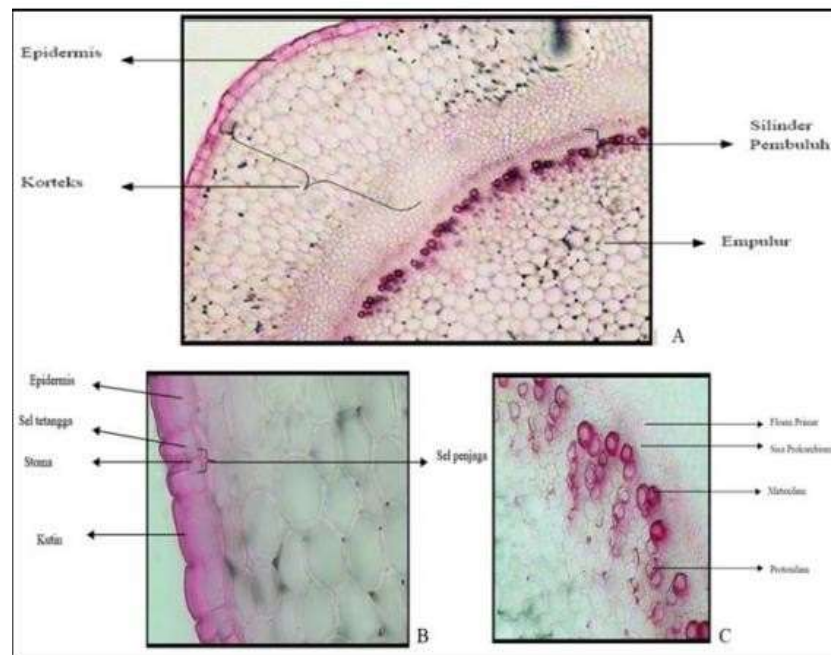
Struktur batang pada pertumbuhan primer dibedakan menjadi tiga sistem jaringan, yang terdiri dari **sistem dermal**, **sistem jaringan dasar** dan **sistem jaringan pembuluh atau pengangkut**. Ketiga sistem tersebut terdiri dari protoderm, prokambium dan meristem dasar.

Pada penampang melintang batang, dilihat secara terpisah tiga sistem jaringan pada daerah pertumbuhan primer yaitu sistem jaringan



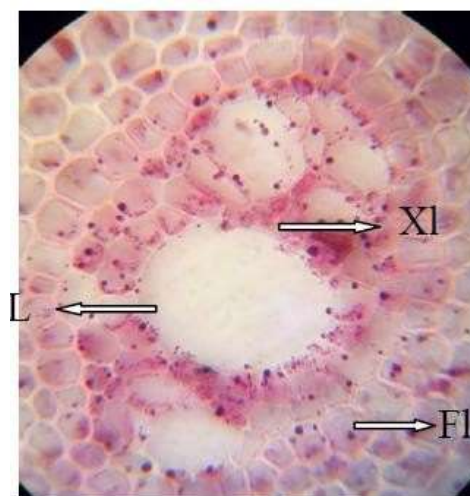
Gambar 1. Apical meristem in a coleus (*Plectranthus* sp.) shoot tip. Scale bar = 0.5 mm (RR Wise).

dermal diwakili oleh epidermis; sistem jaringan dasar terdiri atas korteks dan empulur; dan sistem jaringan pembuluh atau pengangkut yang terdiri dari xilem dan floem (Gambar 2).



Gambar 2. Foto mikrograf irisan melintang batang anyelir: (A) struktur primer perbesaran 40x; (B) daerah epidermis perbesaran 400x; (C) jaringan pembuluh primer perbesaran 100x.

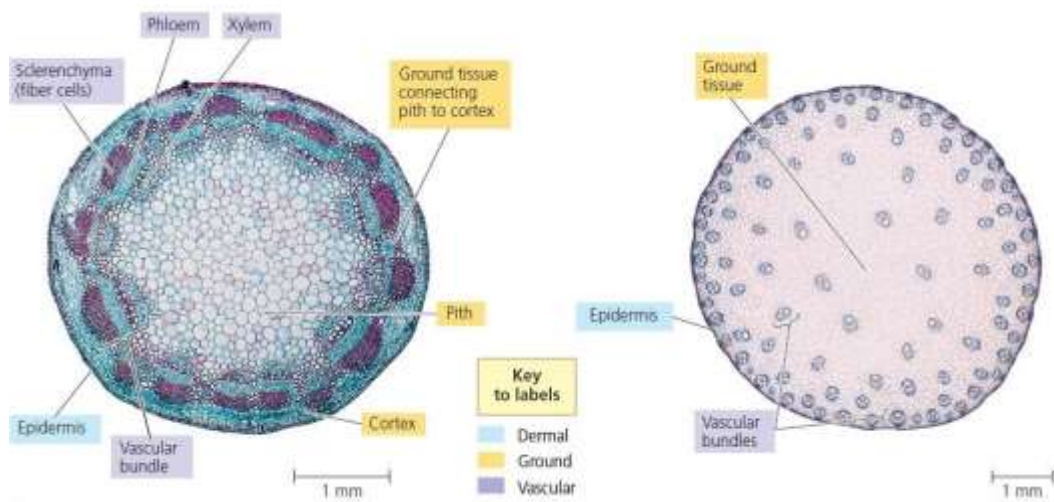
Sumber : (Julianti,2018)



Gambar 3. Penampang melintang batang *S. isoetifolium* bagian berkas pembuluh utama dengan perbesaran 100x10. XI: Xilem; FI: Floem; L: lacuna

Sumber : (Frasindin.,dkk, 2012)

Jaringan terluar sebagai pelindung berupa **epidermis** dengan derivatnya. Pada tumbuhan berkayu epidermis biasanya diganti dengan **periderm**. Lapisan selanjutnya adalah **korteks**, yang umumnya terdiri dari parenkim, akan tetapi seringkali terbentuk kolenkim, kolenkim. Inti dari batang adalah jaringan pembuluh berupa silinder pada Gymnospermae dan kebanyakan dikotil, atau terdiri atas ikatan-ikatan pembuluh yang terpisah satu dari yang lain pada monokotil. Diantara korteks dan jaringan pembuluh seringkali dijumpai adanya seludang pati atau suludang sklerenkim yang terdapat diantara korteks dan bagian batang yang mengandung jaringan pembuluh primer. Bagian paling tengah batang berisi **empulur**, yang merupakan jaringan parenkim di bagian di tengah batang.

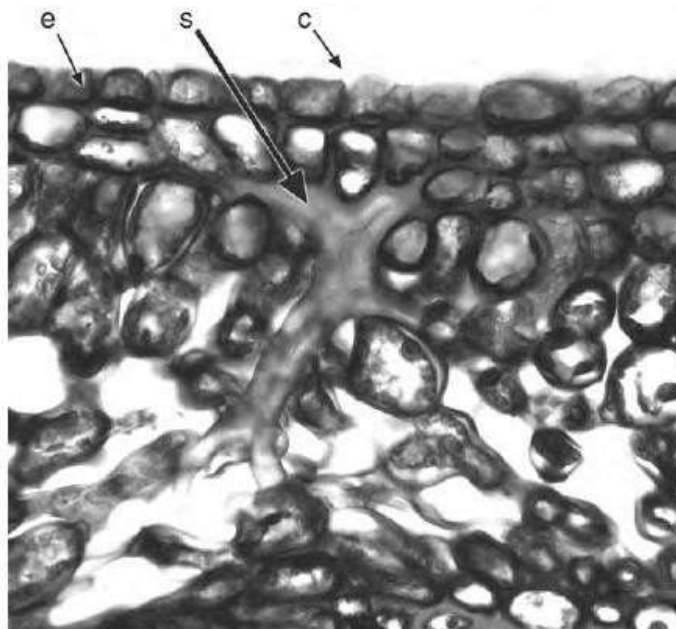


Gambar 4. Organisasi jaringan primer pada batang muda. (A) Irisan melintang batang dengan berkas vaskular yang membentuk cincin (dikotil) (B) Irisan melintang dengan berkas vaskular yang tersebar (Monokotil) (Sumber : campbell)

Epidermis

Ditinjau dari asal katanya, yaitu dari bahasa Yunani, *epi* berarti di atas, *derma* berarti kulit; maka epidermis termasuk sistem jaringan kulit bersama-sama bentuk khusus lainnya yaitu **stomata**, **trikomata**, **sel-sel kipas** (*bulliform cells*, *motor cells*), **litosis**, **sel-sel silika** dan **sel-sel gabus**. Epidermis adalah lapisan yang berada paling luar pada alat-alat tumbuhan seperti akar, batang, daun, bunga, buah dan biji.

Epidermis batang sebagian besar tersusun dari sel-sel hidup yang memiliki aktivitas mitosis cukup tinggi. Sel-sel tersebut mengalami pemanjangan secara tangensial dan pembelahan radial sebagai respon terhadap tekanan pertumbuhan primer maupun pertumbuhan sekunder. Epidermis sering juga dilapisi oleh kutikula. Pada batang yang bisa berfotosintesis, bisa dijumpai stomata pada epidermisnya. Pada epidermis batang juga dapat dijumpai trikoma kelenjar maupun tak berkelenjar.

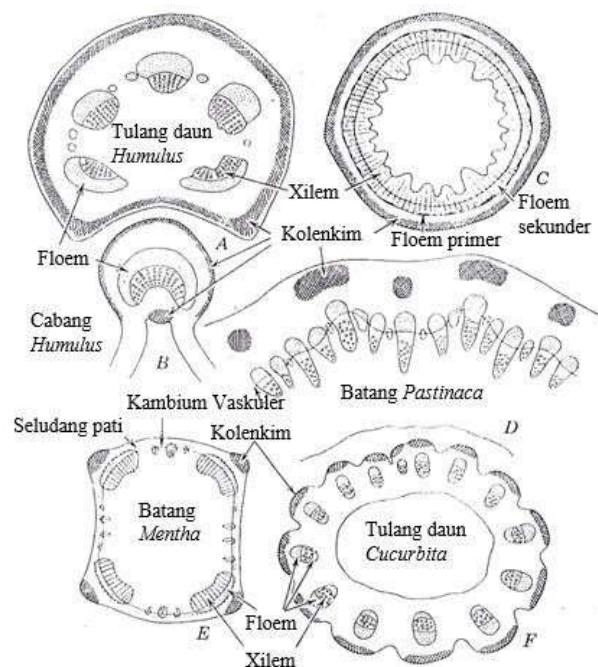


Gambar 5. *Camellia japonica* (*Theaceae*), bagian melintang daun. parenchyma. c = cuticle, e = epidermis, s = sclereid. Scale = 100 μ m
(Sumber : Rudall, 2007)

Korteks (Parenkim)

Korteks tersusun dari jaringan parenkim yang merupakan jaringan dasar. Didaerah peripir (pinggir) kadang-kadang terdapat kolenkim yang berkelompok atau membentuk lingkaran tertutup. Jaringan sklerenkim dapat berupa serabut yang berkelompok dan sklerida yang soliter. Sel-sel kortek dapat berisi tepung, Kristal atau zat lainnya. Pada daerah kortek dijumpai idioblas dapat berupa sel minyak, ruang lender, sel lender, sel Kristal, kelenjar minyak, sel hars, saluran gom, saluran lender.

Bagian kortek paling dalam disebut endodermis atau fluoeterma atau sarung tepung, disebut demikian karena terdiri atas selapis sel yang membentuk lingkaran dan berisi tepung. Endodermis pada batang yang telah dewasa (tua) tidak tampak lagi karena telah rusak/mati, sebab diganti oleh jaringan lain dari daerah stele.



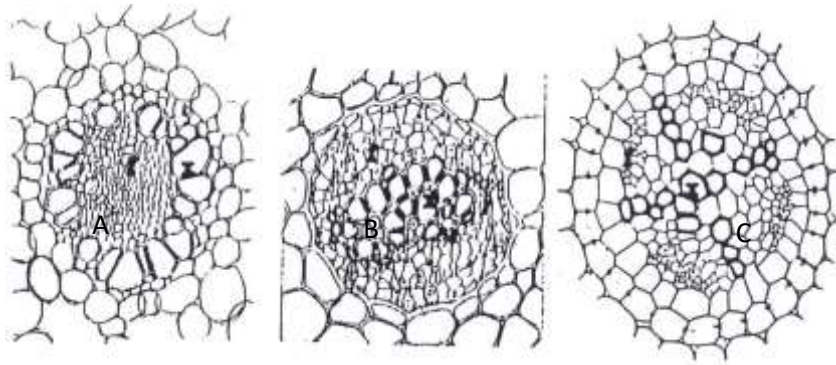
Gambar 6. Penyebaran kolenkim pada organ (batang dan tangkai daun) tumbuhan. Kolenkim ditunjukkan pada gambar yang diarsir. Bagan di atas merupakan bagan penampang melintang batang *Sambucus* (C), *Pastinaca* (D), dan *Mentha* (E). Penampang melintang tangkai daun *Humulus* (A) dan *Cucurbita* (F), serta penampang melintang tulang daun *Humulus* (B).

Berkas Pembuluh

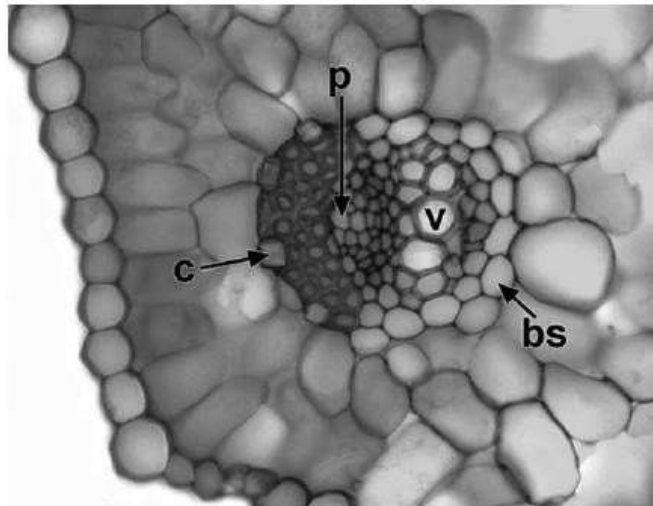
Berkas pembuluh merupakan penyebab munculnya variasi struktur batang. Pada dikotil berkas pembuluh umumnya membentuk silinder diantara korteks dan empulur.

Berdasarkan proses perkembangannya, dapat dibedakan jaringan pembuluh primer dan jaringan pembuluh sekunder. Jaringan pembuluh primer berasal dari **prokambium**. Prokambium dibentuk terus menerus di dekat meristem apeks. Xilem primer terdiri dari **protoxilem** dan **metaxilem**. Protoxilem dibentuk lebih dulu, sedangkan pembentukan dan pendewasaan metaxilem terjadi kemudian. Pada monokotil yang tidak mengalami pertumbuhan sekunder, prokambium terdiferensiasi seluruhnya menjadi xilem dan floem primer. Pada dikotil selain berdiferensiasi menjadi xilem dan floem primer, sebagian prokambium menjadi cambium pembuluh yang nantinya menghasilkan jaringan pembuluh sekunder, yaitu xilem sekunder atau kayu dan floem sekunder atau kulit kayu.

Berkas pembuluh memiliki berbagai macam tipe, diantaranya tipe **bikolateral**, dimana susunan berkas pembuluhnya terdiri dari dua buah floem, floem internal dan floem eksternal, contoh pada famili *Solanaceae*, *Cucurbitaceae*. Tipe selanjutnya adalah **konsentris**, dimana floem terletak di dalam dilingkari oleh xylem (Konsentris amphifasal) contoh pada *Cordyline*. Berkas pembuluh kpsentris amphicribal, xylem terletak di dalam dikitari oleh floem dan umum dijumpai pada tumbuhan paku.



Gambar 7. Berkas pengangkut konsentris amfivasal (A), berkas pengangkut konsentris amfikribal (B), berkas pengangkut radial (C). (x) xilem, (f) floem.



Gambar 8. *Crocus cancellatus* (Iridaceae), bagian melintang daun, c = crystal, v = metaxylem vessel, p = phloem.
Scale = 50 μm .

(Sumber : Rudall, 2007)

Empulur (Parenkim)

Bagian batang paling dalam, berkas pengangkutan tidak tersusun padat tetapi ada bangunan jaringan dasar diantaranya, yang disebut dengan empulur. Pada tumbuhan Monokotil, tidak dibedakan antara kortek dengan empulur, sehingga disebut jaringan dasar. Sistem pembuluhnya terdiri dari ikatan pembuluh yang tersebar dan pada potongan melintang tidak menunjukkan satu lingkaran. Kebanyakan tumbuhan Monokotil mempunyai sarung daun yang melindungi, relative

lama, karena ruas-ruas batang masih melanjutkan pertumbuhan interkalar. Batang pada Monokotil sering termodifikasi menjadi risoma (*gladiolus*) atau pucuk menjadi bulbul (*Allium*).

Primary Tissues of Stem

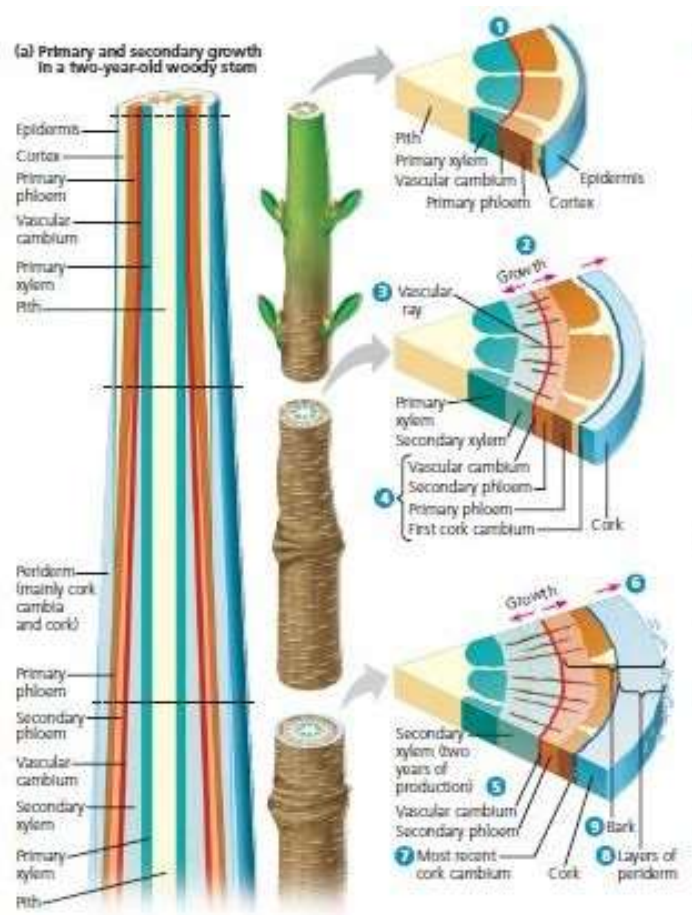
<https://www.youtube.com/watch?v=64n5s8unPok>



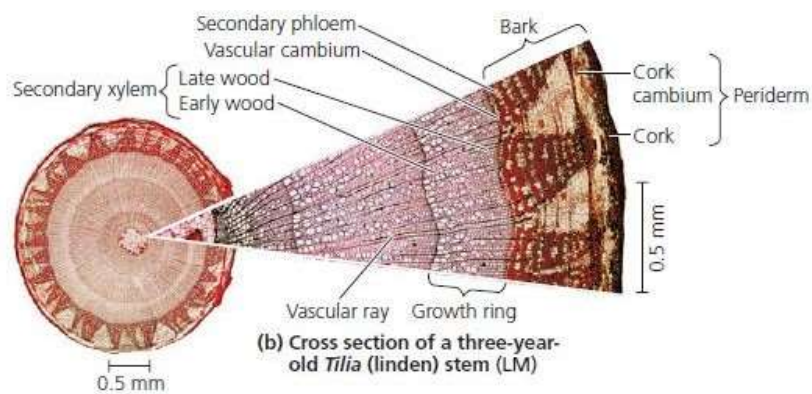
Struktur Sekunder Batang

Pertumbuhan primer muncul dari meristem apikal dan melibatkan produksi serta pemanjangan akar, batang, dan daun. Sebaliknya, pertumbuhan sekunder, pertumbuhan menebal yang dihasilkan oleh meristem lateral, terjadi pada batang dan akar tumbuhan berkayu, namun jarang pada daun. Pertumbuhan sekunder terdiri dari jaringan yang dihasilkan oleh **kambium vaskular dan kambium gabus**.

Pada batang berkayu, kambium vaskular terdiri dari sebuah silinder bersambungan dari sel-sel parenkim yang tak terdiferensiasi, terletak di luar empulur dan xilem primer serta di sebelah dalam korteks dan floem primer. Jika dilihat dalam irisan melintang, kambium vaskular terlihat sebagai cincin inisial. Ketika sel-sel meristematik ini membelah, mereka memperbesar lingkaran kambium vaskular dan juga menambahkan xilem sekunder ke bagian dalam.



Gambar 9. Pertumbuhan primer dan sekunder pada batang yang berusia dua tahun.

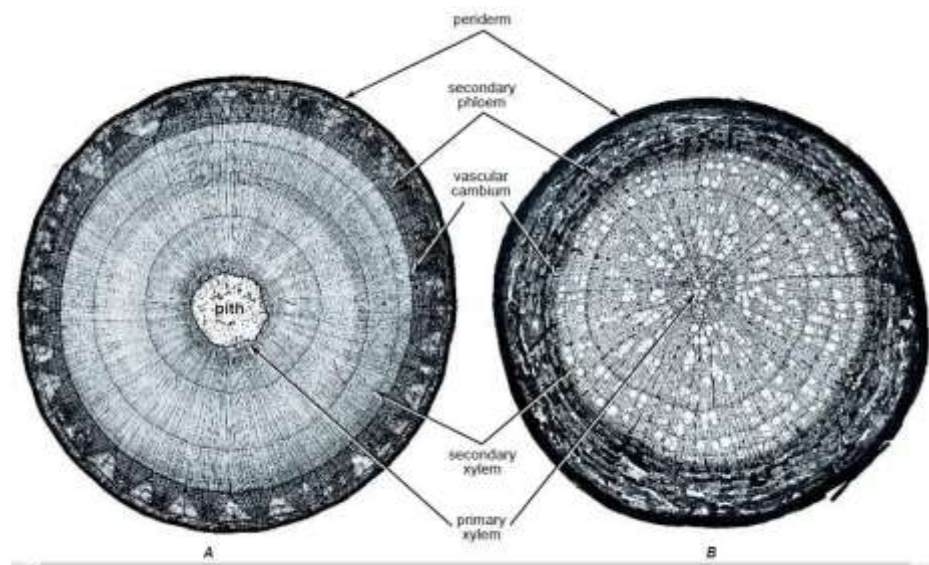


Gambar 10. Irisan melintang batang *Tilia* (linden) yang berusia tiga tahun.

Kambium Vaskular

Kambium vaskular adalah silinder dari sel-sel meristematik yang seringkali tebalnya hanya satu sel. Kambium ini meningkatkan lingkaran tumbuhan dan juga menambahkan lapisan-lapisan xilem sekunder dan floem sekunder.

Pada batang berkayu, kambium vaskular terdiri dari sebuah silinder bersambungan dari sel-sel parenkim yang tak terdiferensiasi terletak di luar empulur dan xilem primer serta di sebelah dalam korteks dan floem primer.

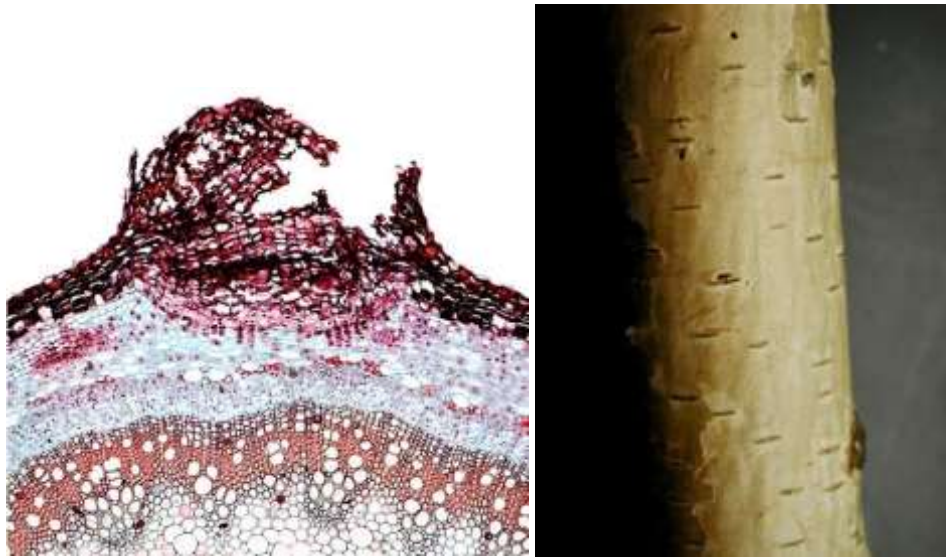


Gambar 11. Potongan melintang batang Tilia (A) dan akar (B)
(Sumber : Rudall, 2007)

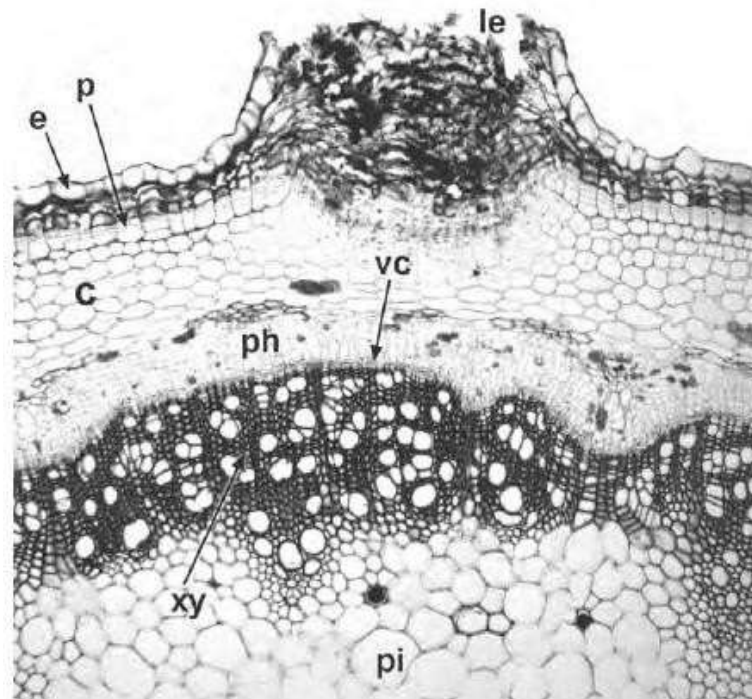
Kambium Gabus

Tahap awal pertumbuhan sekunder, epidermis terdorong ke luar, sehingga pecah mengering, dan gugur dari batang atau akar. Epidermis digantikan oleh dua jaringan yang dihasilkan oleh kambium gabus, yaitu silinder yang tersusun atas sel-sel yang sedang membelah yang muncul pada korteks batang paling luar dan pada lapisan perisikel paling luar di akar.

Jaringan gabus berfungsi untuk penghalang yang membantu melindungi batang atau akar dari kehilangan air, kerusakan fisik, dan patogen. Setiap kamim gabus dan jaringan-jaringan yang dihasilkan membentuk lapisan periderm. Di beberapa bagian periderm terdapat area-area kecil yang menonjol, disebut lentisel (Gambar 12)



Gambar 12. Lentisel pada batang. Sumber :
Copyright 2003, 2007, 2012 University of Wisconsin Board of Regents



Gambar 13. *Sambucus nigra* (Caprifoliaceae). c = cortex, e = epidermis, le = lenticel, p = periderm, ph = secondary phloem, pi = pith, vc = vascular cambium, xy = secondary xylem. Scale =100 μ m.

(Sumber : Rudall, 2007)

Secondary Growth

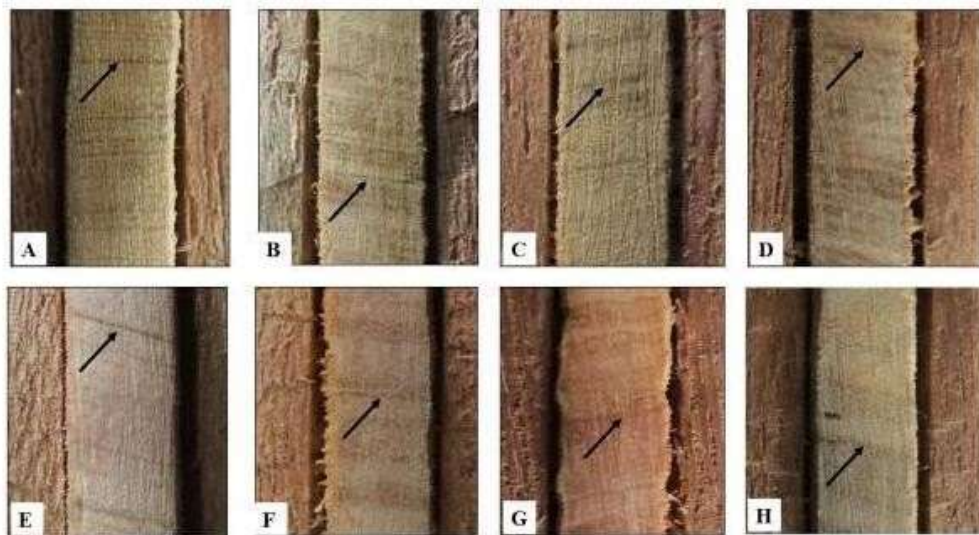
<https://www.youtube.com/watch?v=RJV1sz7GUKs>





Lingkaran Tumbuh

Pertumbuhan sekunder menyebabkan adanya lingkaran tahunan atau lingkaran tumbuh pada batang berkayu. Lingkaran tumbuh merupakan produk yang dapat dibaca dari variasi iklim terhadap pertumbuhan pohon terutama disebabkan oleh biasanya tampak jelas saat mengalami perubahan suhu dan kelembaban ekstrem (cekaman suhu dan kelembaban). Prinsip umum dalam penggunaan lingkaran tumbuh pohon sebagai penduga perubahan iklim didasarkan pada fakta kondisi pertumbuhan yang menguntungkan sehingga lingkaran kayu yang terbentuk menjadi lebih luas dan jelas. Lingkaran kayu terbentuk akibat aktivitas kambium, yang dipengaruhi oleh perubahan musim (Přemyslovská *et al.*, (2008).



Gambar 14. Lingkaran tumbuh (ditunjuk dengan tanda panah) yang terlihat dari core kayu: (A) *Alangium ridleyi*; (B) *Anisoptera costata*; (C) *Artocarpus lanceifolius*; (D) *Eugenia cymosa*; (E) *Nephelium cuspidatum*; (F) *Pentace triptera*; (G) *Santiria sp*; dan (H) *Vitex pubescens*.

Menurut Pandit dan Ramdan (2002), pembentukan kayu pada permulaan musim berjalan cepat kemudian semakin lambat mendekati akhir musim pertumbuhan. Lebar lingkaran tumbuh dipengaruhi oleh banyak faktor antara lain: **jenis pohon**, dimana lebar dan kerapatan lingkaran tumbuh berbeda-beda menurut jenis pohon; **kecepatan pertumbuhan**, pohon-pohon yang mempunyai pertumbuhan cepat akan mempunyai lingkaran tumbuh yang lebar; **tempat tumbuh**, pohon yang terlindung dan tumbuh di daerah yang lembab mempunyai lingkaran tumbuh yang sempit; **letak lingkaran tumbuh di dalam batang**, makin tinggi batang maka lingkaran tumbuh semakin lebar dan semakin jauh dari empulur juga semakin sempit; dan **toleransi pohon terhadap cahaya**, pohon-pohon yang toleran (tahan tempat yang teduh) mempunyai variasi lebar lingkaran tumbuh yang lebih banyak dari pada pohon-pohon yang suka akan cahaya.

Worbes (1999) mengemukakan bahwa curah hujan yang terlalu tinggi di hutan tropis dapat menyebabkan periodisitas pertumbuhan pohon kurang nyata sehingga jarang terbentuk lingkaran tumbuh. Selanjutnya Fritts (1976) menyatakan bahwa hujan yang terlalu banyak pada siang hari menyebabkan berkurangnya radiasi sinar matahari yang dibutuhkan untuk proses fotosintesis. Penurunan laju fotosintesis menyebabkan penurunan aktifitas fisiologi dan berkurangnya hormon pertumbuhan yang pada akhirnya terjadi penurunan laju pembentukan sel.

How Tree Grow??

<https://www.youtube.com/watch?v=ERu1WtO3J0k&t=11s>





Fenomena Adatasi Batang dengan Lingkungan

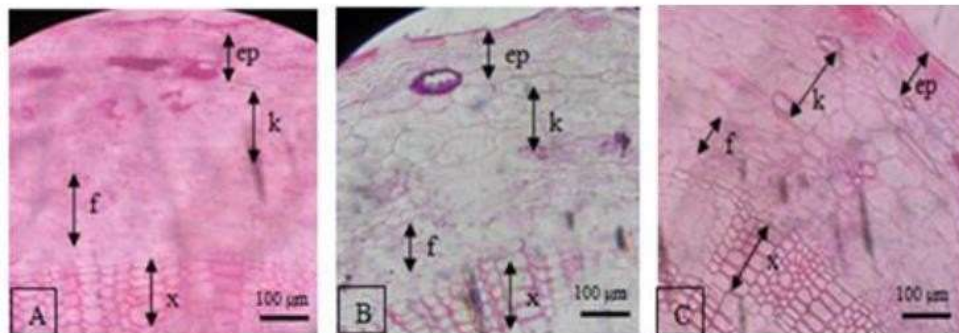
Hutan tropis dataran rendah yang terdapat di Indonesia, khususnya di Kalimantan mempunyai keanekaragaman jenis flora yang sangat tinggi. Salah satu jenis flora di Kalimantan yaitu gaharu yang dikelompokkan sebagai komoditi Hasil Hutan Bukan Kayu (HHBK) (Sumarna, 2008). Penghasil gaharu yang memiliki kualitas terbaik dan bernilai jual tinggi yaitu gaharu jenis *Aquilaria malaccensis*, sehingga dieksploitasi secara berlebihan (Sumarna, 2002). Tumbuhan sangat erat kaitannya dengan faktor-faktor lingkungan seperti air dan nutrisi yang diperlukan untuk pertumbuhan. Ketersediaan air dalam jumlah yang cukup dalam tanah merupakan hal yang menentukan bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman, begitu pula pada tanaman gaharu. Tanaman gaharu yang kekurangan air pada pertumbuhannya dapat dilihat dari perubahan morfologi selama masa pembibitan (Danapriatna, 2010).

Cekaman kekeringan adalah keadaan lingkungan yang menyebabkan kekurangan air bagi tanaman. Tanaman yang mengalami kekeringan pada waktu yang lama akan mengalami perubahan-perubahan morfologi, anatomi, fisiologi, dan biokimia sehingga dapat menyebabkan kematian. Penelitian Ninilouw *et al.*, (2015) menyatakan bahwa tanaman jabon putih (*Anthocephalus cadamba*) yang mengalami cekaman kekeringan memiliki ukuran pori xilem akar dan batang yang lebih kecil dibandingkan dengan tanaman yang normal. Perubahan morfologi pada suatu tanaman

juga merupakan salah satu akibat terjadinya perubahan struktur anatomi.

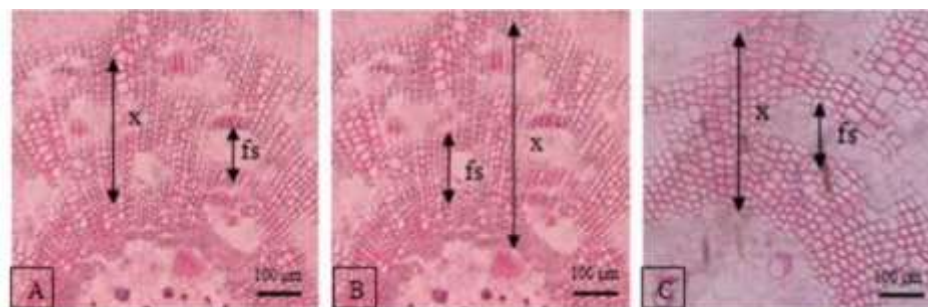
Hasil Penelitian

Jaringan epidermis batang gaharu usia ± 8 bulan dengan perlakuan kapasitas lapang (KL 100%), (KL 50%) dan (KL 25%) terdiri atas satu lapisan yang memiliki bentuk persegi panjang. Jaringan korteks pada sayatan melintang batang gaharu (KL 100%) dan (KL 50%) menunjukkan bentuk segi enam, sedangkan (KL 25%) menunjukkan bentuk segi enam memanjang.



Gambar 14. Sayatan Melintang Batang Gaharu. (A) KL 100%, (B) 50%, (C) 25%: (ep) Epidermis, (k) Korteks, (f) Floem dan (x) Xilem.

Jaringan pembuluh untuk floem menunjukkan bentuk segi enam yang tidak beraturan. Floem sisipan dan sel xilem pada sayatan melintang batang gaharu untuk semua perlakuan (KL 100%), (KL 50%) dan (KL 25%) menunjukkan tidak adanya perubahan bentuk pada setiap perlakuan kapasitas lapang. Bentuk sel xilem yang ditunjukkan yaitu berbentuk bulat seperti cincin.



Gambar 14. Jaringan Pembuluh (Floem sisipan dan Xilem) Dari Sayatan Melintang Batang Gaharu. (A) KL 100%, (B) 50%, (C) 25%: (x) Xilem dan (fs) Floem Sisipan.

Tabel 1. Ukuran Sel dan Ketebalan Jaringan pada Sayatan Melintang Batang Gaharu pada Perlakuan Kapasitas Lapang

| Jaringan | Ukuran Sel dan Ketebalan Jaringan pada Tiap-Tiap Perlakuan | | |
|-----------------------|--|--------------------------------|--------------------------------|
| | KL 25% (μm) | KL 50% (μm) | KL 100% (μm) |
| 1. Epidermis | | | |
| - Panjang sel** | 24,30 \pm 2,53 ^a | 28,67 \pm 2,79 ^b | 30,13 \pm 2,33 ^c |
| - Ketebalan Lapisan* | 58,32 \pm 4,50 ^a | 56,54 \pm 2,20 ^b | 54,59 \pm 3,02 ^c |
| 2. Korteks | | | |
| - Panjang sel** | 39,00 \pm 2,46 ^a | 37,55 \pm 2,04 ^b | 32,56 \pm 2,15 ^c |
| - Ketebalan Lapisan** | 143,37 \pm 3,89 ^a | 78,92 \pm 2,75 ^b | 54,14 \pm 2,87 ^c |
| 3. Jaringan pembuluh | | | |
| a. Floem | | | |
| - Ketebalan Lapisan* | 60,75 \pm 2,93 ^a | 81,65 \pm 4,20 ^b | 145,80 \pm 4,66 ^c |
| b. Floem Sisipan | | | |
| - Ketebalan Lapisan* | 55,89 \pm 3,09 ^a | 57,83 \pm 2,26 ^b | 69,98 \pm 3,24 ^c |
| c. Xilem | | | |
| - Ketebalan Lapisan** | 366,93 \pm 2,68 ^a | 380,28 \pm 2,24 ^b | 459,27 \pm 3,14 ^c |

Keterangan: Nilai yang tertera adalah nilai rerata \pm SD, dengan nilai signifikan $\alpha = 0,05$, angka yang diikuti huruf *superscript* yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan hasil berbeda nyata. * = Data dianalisis dengan Uji Mann-Whitney U; ** = Data dianalisis dengan Uji Duncan.

Diameter batang paling kecil ditunjukkan pada perlakuan KL 25%. Hal ini dapat terjadi karena terhambatnya sistem transport yang terjadi di dalam tubuh tanaman gaharu. Hal ini sesuai dengan pernyataan Ainingsih *et al.*, (2012), menyatakan bahwa pertumbuhan diameter batang yang lebih kecil pada perlakuan cekaman kekeringan terjadi karena jaringan meristem lateral yang berdiferensiasi dengan lambat akibat kapasitas air dan transportasi hara mineral menjadi tidak optimal. Farooq *et al.*, (2009) juga menyatakan menurunnya nilai diameter batang pada tumbuhan yang mengalami cekaman air dapat disebabkan karena turunnya tekanan turgor, terhambatnya pemanjangan sel karena adanya gangguan aliran air dari xilem ke sekitar sel-sel yang mengalami pemanjangan dan pelebaran.

Sayatan melintang batang gaharu menunjukkan pada perlakuan KL 25% memiliki ukuran panjang epidermis terkecil yaitu 24,30 μm yang merupakan adaptasi dari tanaman yang mengalami cekaman kekeringan.

Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Ninilouw *et al.*, (2015), yang membuktikan bahwa adanya penurunan ukuran panjang sel epidermis dari perlakuan KL 100% menuju perlakuan KL 25% pada batang jabon putih (*Anthocephalus cadamba*). Kecilnya ukuran sel merupakan adaptasi dari cekaman kekeringan yaitu dengan cara memperkecil ukuran sel epidermis pada batang sehingga air melalui epidermis akan lebih cepat masuk ke dalam pembuluh xilem melalui jaringan korteks.

Hasil pengukuran pada floem dan floem sisipan pada batang gaharu didapat nilai terkecil yaitu pada tanaman yang mengalami perlakuan cekaman kekeringan berat (KL 25%), dengan mengecilnya floem sisipan maka hal ini diduga dapat berpengaruh pada produksi resin yang dihasilkan pada batang gaharu. Ukuran ketebalan xilem paling kecil didapat pada perlakuan KL 25%. Hal ini diduga sebagai respon terhadap keadaan kekeringan dan mekanisme untuk menghindari embolisme pada jaringan xilem. Mengecilnya ukuran ketebalan xilem pada akar dan batang diikuti dengan mengecilnya diameter batang pada KL 25%.

Sumber :

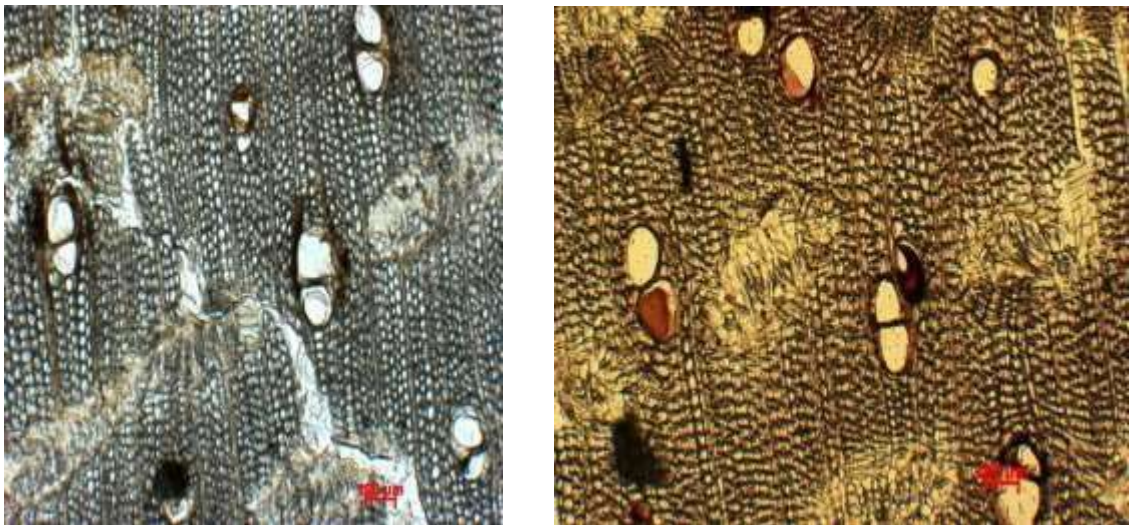
Suharti., Mukarlina., dan Dwi Gusmalawati. 2017. Struktur Anatomi Akar, Batang dan Daun Gaharu (*Aquilaria malaccensis* Lamk.) yang Mengalami Cekaman Kekeringan. *Journal Protobiont*. Vol. 6 (2) : 38 - 44.

Tambahan struktur anatomi gaharu akibat cekaman *F. solani*,

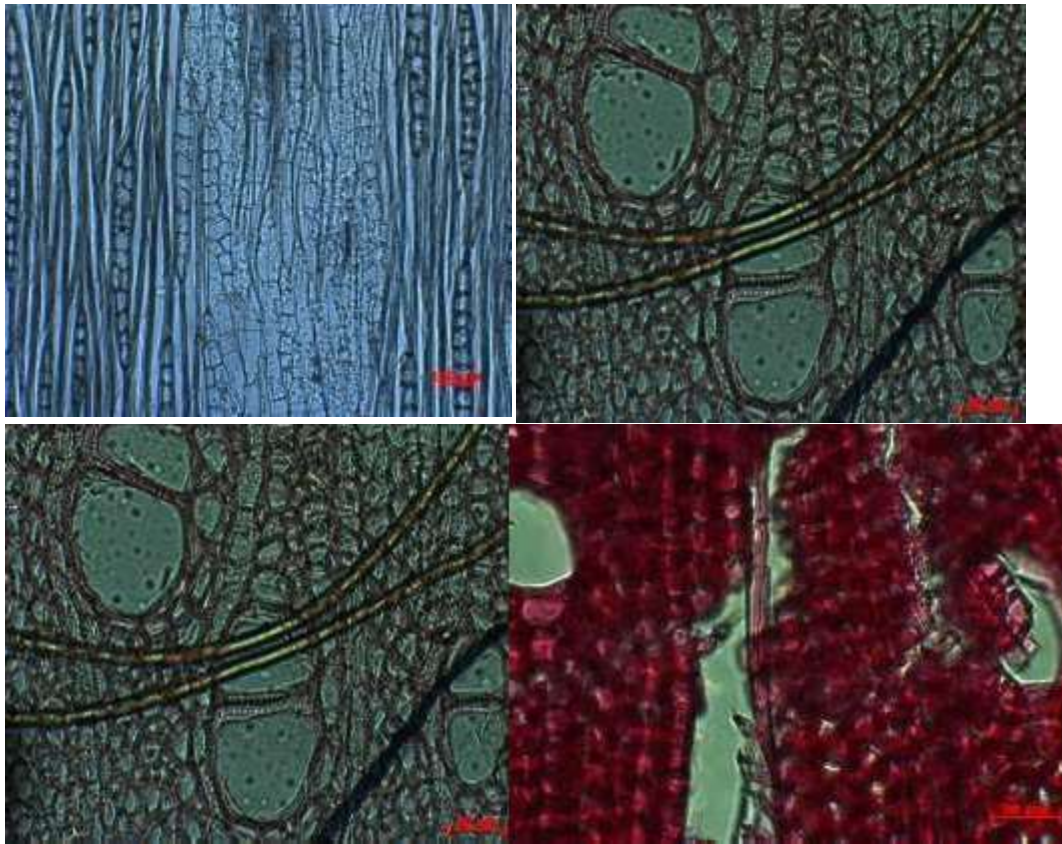
Tanaman yang diinokulasi dengan *F. solani*, menimbulkan respon terhadap infeksi yang terjadi pada tingkat sel, jaringan maupun organ. Respon yang teramati pada pengamatan ini adalah perbedaan pada jaringan pengakumulasi senyawa terpenoid, dimana pada tanaman *A. microcarpa* yang telah dilalui oleh *F. solani* seperti pada jejari parenkima,

include phloem dan empulur, akan terlihat adanya endapan, seperti pada Gambar 15.

Perubahan fisik dalam tubuh tanaman sebagai tanggapan terhadap kerusakan atau infeksi dapat terjadi, baik di tingkat seluler maupun sub-seluler. Tanggapan ini merupakan proses yang kompleks dan terkoordinasi yang terjadi segera setelah masuknya patogen. Perubahan tersebut mengakibatkan terbentuknya struktur atau bangunan fisik yang berperan sebagai pembatas (*barrier*) fisik penghambat perkembangan patogen. Pembentukan periderm dan kalose (*Callose*) pada tanaman merupakan bagian dari proses tersebut. Pembentukan periderm dan kalose sebagai tanggapan tanaman terhadap kerusakan oleh *F. solani* tersebut merupakan mekanisme ketahanan tanaman. Dalam kalose ini terkandung senyawa fenol.



Gambar 15. Penampang dan kulit tersisip yang memiliki endapan dan tidak dijumpai adanya *Fusarium solani*.



Gambar 16. Hifa *Fusarium* pada jaringan anatomi batang *Aquilaria microcarpa*

Sumber :

Siburian, Rima HS. 2014. Rekam Jejak: *Gaharu Inokulasi*, Teknologi Badan Litbang Kehutanan. Fakultas Kehutanan Universitas Papua, Manokwari. FORDA Press.

Eksplore Fenomena

Setelah kalian membaca ringkasan artikel tersebut, pertanyaan apa yang muncul dalam pikiran kalian?

Tulislah pertanyaan tersebut pada LKM yang sudah disediakan bersama kelompok kalian.....



DAFTAR PUSTAKA

- Campbell, N.A., J.B. Reece., & M.L. Cain. 2011. *Biology 9th edition*. San Francisco: Pearson Education, Inc.
- Esau, K. 1965. *Plant Anatomy*. John Wiley & Sons, New York, Toronto.
- Evert, Ray F. 2006. *Esau's Plant Anatomy Third Edition*. Jersey. Published Simultaneously in Canada.
- Fritts, H.C. 1976. *Tree Rings and Climate*. Academic Press Inc. London
- Pandit, I.K.N. dan H. Ramdan. 2002. *Anatomi Kayu: Pengantar Sifat Kayu Sebagai Bahan Baku*. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Pratiwi, R. 2015. *Anatomi Tumbuhan*. Surabaya. Universitas Negeri Surabaya Press
- Přemyslovská, E., J. Šlezingerová and L. Gandelová. 2008. Tree ring width and basic density of wood in different forest types. TRACE - Tree Rings in Archaeology, Climatology and Ecology, Vol. 6: Proceedings of the Dendro Symposium 2007, May 3rd–6th 2007, Riga, Latvia. GFZ Potsdam. p: 118 -122.
- Worbes, M. 1999. Annual Growth Rings, Rainfall-Dependent Growth And Long-Term Growth Patterns Of Tropical Trees The Caparo Forest Reserve In Venezuela. *J. Ecol.*, 87: 391-403