



UNIVERSITAS PERSADA INDONESIA Y.A.I FAKULTAS TEKNIK

Kampus D : Jl. Salemba Raya 7/9 A Jakarta 10340, Indonesia
Telp : (021) 3914075-76-81, Fax : (021) 3147910
Website : www.yai.ac.id, E-mail : fti.upi@yai.ac.id

SURAT TUGAS

Nomor : 025/ST/FT UPI Y.A.I/II/2021

Yang bertandatangan dibawah ini Dekan Fakultas Teknik Universitas Persada Indonesia Y.A.I, dengan ini menugaskan kepada :

Nama Dosen : Ir. Prijasambada., MM. MT

Jabatan : Dosen Teknik Sipil FT UPI Y.A.I

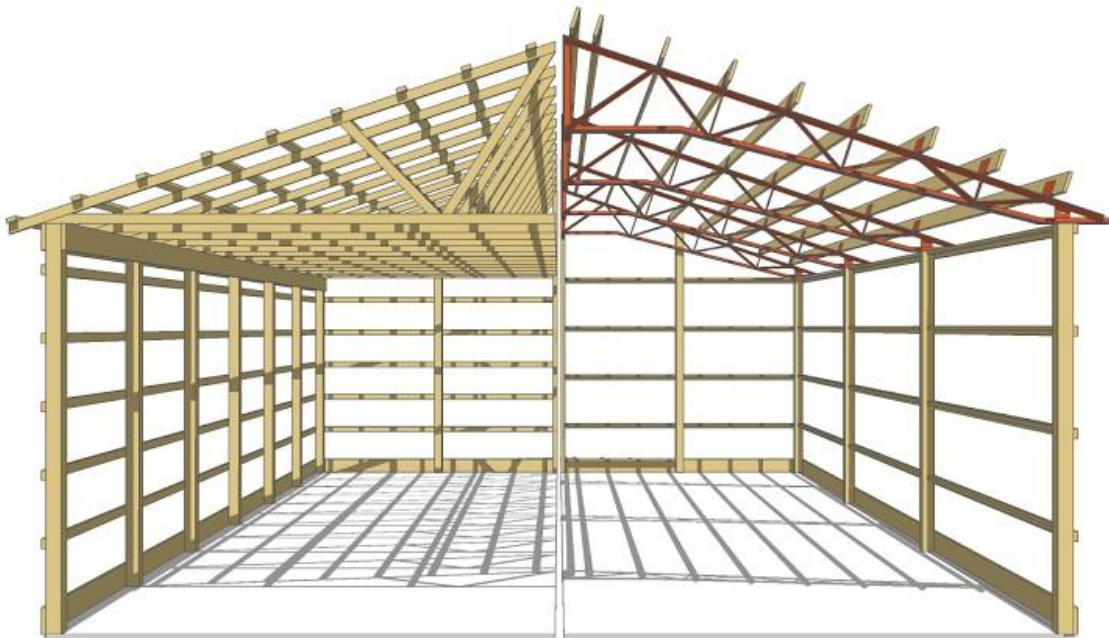
Menulis Buku Kuliah Konstruksi Kayu yang dipergunakan sebagai Bahan Ajar di Program Studi Teknik Sipil S1 FT UPI Y.A.I.

Demikianlah surat Tugas ini kami sampaikan untuk diketahui dan dilaksanakan sebagaimana mestinya.

Jakarta, 25 Februari 2021
Fakultas Teknik
Universitas Persada Indonesia Y.A.I
Dekan

Dr. Ir. Fitri Suryani. MT

Buku Perkuliahan
KONSTRUKSI KAYU



Edisi 2020

BAB I

PENDAHULUAN

A. STRUKTUR KAYU DALAM DUNIA KONSTRUKSI

Indonesia adalah suatu negeri yang kaya akan kayu, baik dalam Jenis maupun dalam Kwantitasnya. Jenis pohon di Indonesia ada beberapa ribu, dan itu tersebar di seluruh pulau-pulau yang ada di wilayah Kepulauan Indonesia.

Kayu adalah suatu bahan konstruksi yang didapatkan dari alam, oleh karena itu kayu tidak hanya merupakan salah satu bahan konstruksi pertama dalam sejarah manusia, tetapi mungkin juga menjadi yang terakhir.

Ilmu Konstruksi Kayu (*timber engineering*) yang dimulai perkembangannya terutama di Jerman pada permulaan abad ke 20, yang pada awalnya hanya berdasarkan atas perhitungan sederhana / tradisional, pengalaman dan intuisi, terus mengalami transisi ke suatu ilmu pengetahuan berdasarkan perhitungan matematis yang sudah lama digunakan untuk cabang-cabang ilmu lainnya.

Sayangnya dalam Konstruksi Kayu di Indonesia, kita belum banyak melakukan penelitian untuk mendapatkan cara perhitungan Konstruksi Kayu yang baru, yang bertujuan untuk penggunaan konstruksi berat dan menghemat penggunaan kayu. Karena kurangnya penelitian ini, maka dalam pemakaian bahan di konstruksi Kayu di Indonesia terlalu berlebih-lebihan, sedang dalam alat-alat sambung kayu yang digunakan sudah terbilang tertinggal oleh kemajuan jaman.

Dengan adanya alat-alat sambung baru atau modern, pemakaian kayu di dalam Konstruksi Kayu dapat dihemat, dan pemakaian kayu sebagai konstruksi pendukung dalam bangunan-bangunan bentang besar (sampai dengan 50 m) dapat menggantikan konstruksi besi atau beton bertulang.

Dalam perkembangan teknik penggunaan kayu sebagai bahan konstruksi yang lebih rational, kita harus memperhatikan hal-hal khusus berikut :

- Pengetahuan sifat-sifat jenis kayu serta faktor-faktor pengaruhnya
- Sambungan dan alat-alat penyambung
- Teknologi Pengawetan Kayu

Penilaian dan perbandingan teknis antara kayu dengan bahan konstruksi lainnya dapat dicapai dengan meninjau satu demi satu anggapan-anggapan yang biasa diambil dalam perhitungan konstruksi, yaitu :

1. Homogenitas (serba kesamaan)

Untuk keperluan praktis, baja dianggap homogen, artinya bagian-bagian dalam suatu material baja mempunyai sifat-sifat fisis yang sama. Tetapi sesungguhnya mikroskopis bajapun tidak homogen karena terdiri dari bermacam-macam kristal dengan sifat yang berlainan.

Kayu yang terdiri dari serat-serat tentunya tidak dapat disebut homogen seperti baja, namun dalam praktek konstruksi, kayu masih dapat dianggap sebagai bahan yang homogen, tetapi tetap harus memperhatikan cacat-cacat seperti mata kayu yang menyebabkan perbedaan dalam dasar-dasar perhitungan yang lazim.

2. Hukum Hooke

Seperti untuk baja, hukum Hooke juga berlaku untuk kayu sampai batas-batas yang kita kenal sebagai batas proporsional, tetapi kayu tidak mempunyai batas leleh seperti baja.

Bentuk diagram tegangan regangan untuk kayu menyamai diagram untuk bahan-bahan batu seperti beton.

Untuk baja biasa, batas proporsional dicapai pada 50% dari tegangan patah, untuk kayu dari hasil penyelidikan ternyata pada pembebanan tekan batas proporsional dicapai pada 75% dari tegangan patahnya. Jadi ditinjau dari aspek ini kayu lebih menguntungkan. Pada percobaan pembebanan tarik kayu, menunjukkan angka-angka yang lebih menguntungkan lagi.

3. Elastisitas

Semakin mudah benda berubah bentuk akibat beban yang sama, berarti semakin tidak kaku (elastis) benda tersebut, ditunjukkan dengan sudut /slope yang semakin kecil.

Pada pembebanan tekan biasanya kayu lebih bersifat elastis sampai batas proportional. Untuk keadaan tarik belum banyak keterangan, tetapi sudah diketahui bahwa terdapat tarikan sifat-sifat elastisitas untuk kayu, yang

tergantung dari keadaan lengas kayu. Utuk kayu kering memperlihatkan batas elastisitas yang agak rendah, sedangkan kayu dengan kadar lengas tinggi terdapat perubahan bentuk yang permanen pada beban-beban yang kecil sekalipun.

4. Modulus Kenyal

Dalam penyelidikan didapatkan, kekuatan tarik kayu lebih tinggi daripada kekuatan tekannya, yaitu antara 2 - 3 kali lebih besar. Meskipun kemungkinan adanya perbedaan dalam modulus kenyal antara tarik dan tekan sangat penting untuk penggunaan teori elastisitas, namun pentingnya di dalam praktek dihilangkan oleh efek perbedaan dalam penentuan tegangan-tegangan ijin tarik dan ijin tekan kayu.

5. Hipotesa Bernoulli dalam Balok Lentur

Hipotesa Bernoulli atau anggapan bahwa dalam balok terlentur tampang-tampangnya tetap rata mempermudah perhitungan balok terlentur, tetapi kenyataannya dalam penyelidikan-penyelidikan memperlihatkan penyimpangan dari linearitas itu.

6. Isotropi

Di dalam analisa tegangan-tegangan dan perubahan-perubahan bentuk akibat beban-beban luar pada suatu benda baja, bahan dianggap isotropis, artinya baja mempunyai sifat-sifat elastis yang sama pada semua arahnya.

Kayu bukan suatu bahan isotropis, sifat-sifat elastisnya tergantung dari arah gaya terhadap arah serat-serat dan cincin-cincin pertumbuhan. Tetapi untuk keperluan praktis, kayu dapat dianggap *ortotropis*, artinya mempunyai tiga bidang simetri elastis yang tegak lurus satu dengan yang lainnya, yaitu longitudinal, tangensial dan radial.

Diamana sumbu longitudinal adalah sejajar serat-serat kayu, sumbu tangensial adalah garis singgung cincin-cincin pertumbuhan, dan sumbu radial adalah tegak lurus pada cincin-cincin pertumbuhan.

Salah satu sifat yang sering kali dikemukakan sebagai kerugian besar dibanding dengan bahan baja atau bahan beton adalah **dapat terbakar** nya kayu. Memang kayu dapat terbakar, tetapi kebakaran selalu terjadi karena material lainnya yang mudah terbakar yang ada di dalam suatu bangunan. Jadi yang penting adalah menghindari atau mencegah terbakarnya benda-benda tersebut.

Memang baja tidak dapat terbakar tetapi baja bukan material yang *fire resistant* (tahan api), kecuali dilindungi pada semua bidangnya dengan bahan fire-proof untuk mengisolir baja terhadap suhu tinggi akibat kebakaran. Tanpa perlindungan itu, maka batang-batang rangka baja sudah akan runtuh pada suhu kebakaran yang rendah, padahal batang-batang kayu pada umumnya belum runtuh jika terbakar sebelum menjadi arang seluruhnya. Dan ini akan banyak membantu penghuni bangunan untuk dapat menyelamatkan diri sebelum bangunan benar-benar runtuh.

B. BAHAN KAYU

B.1. Tampang Melintang Pohon

Jika sebatang pohon kita potong melintang, maka terdapat beberapa macam bagian lapisan kayu. Secara garis besar lapisan kayu terbagi atas dua, yaitu :

a. Kulit Luar (*outer bark*)

yaitu, bagian pohon yang telah mati, yang tugasnya melindungi bagian-bagian disebelah dalamnya.

b. Kulit Dalam (*inner bark*)

yaitu, bagian pohon yang masih hidup, yang gunanya untuk mengangkut atau mengantarkan makanan yang dibuat di daun ke bagian-bagian pohon lainnya.

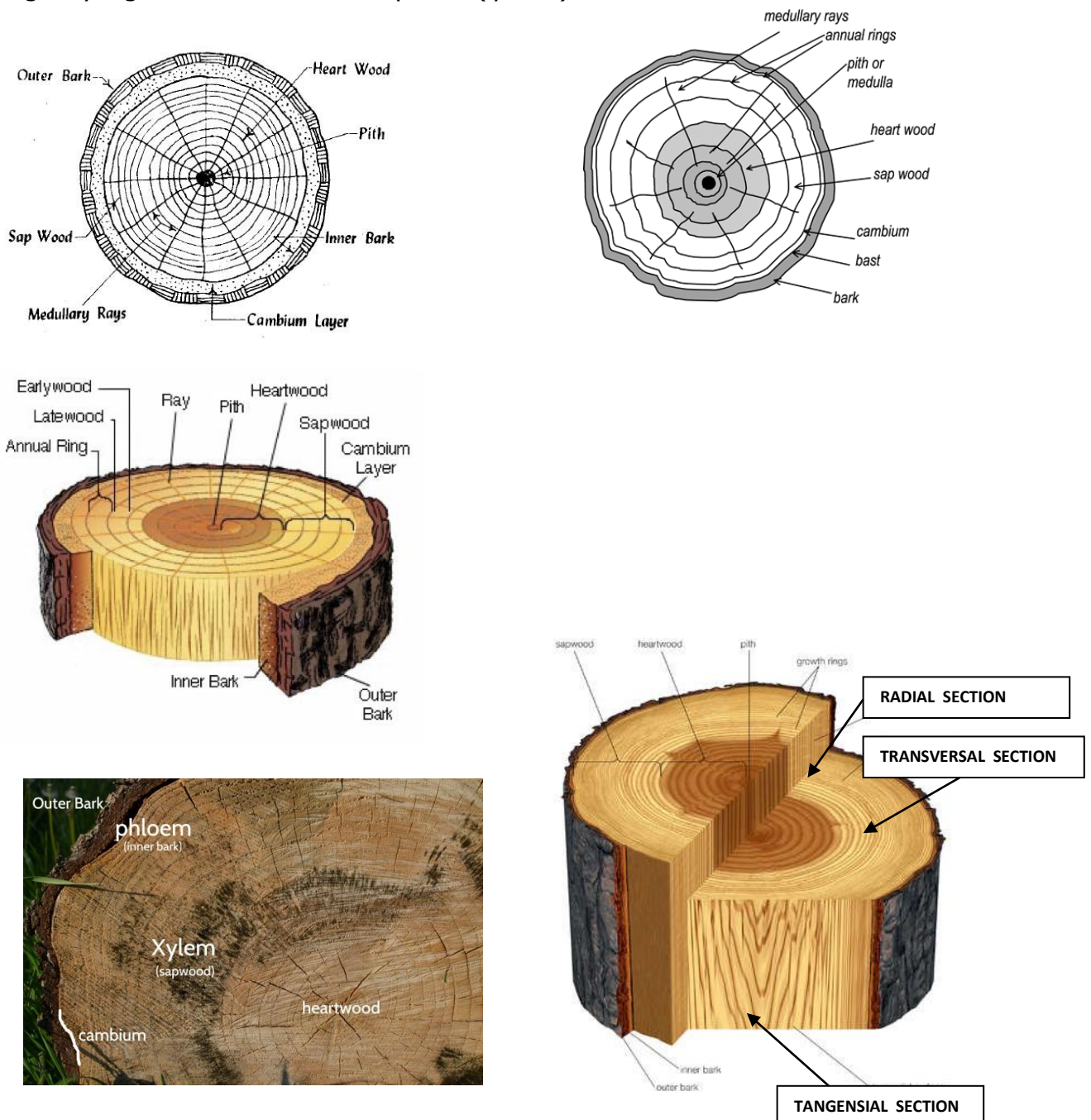
Bagian kulit dalam terluar terdapat sebuah lapisan sangat tipis (berukuran mikroskopik) dinamakan lapisan kambium. Proses pertumbuhan terjadi di lapisan kambium ini, dimana sel memecah, bertumbuh dan memecah lagi untuk membentuk sel kulit yang baru atau zat kayu baru.

Di sebelah dalamnya lagi dari kambium terdapat bagian kayu yang lunak, berwarna keputih-putihan, disebut kayu gubal (*sapwood*). Tebalnya antara 1 - 20 cm tergantung jenis pohonnya. Merupakan bagian pohon yang hidup. Air dan zat-

zat makanan melewati bagian ini dibawa dari akar ke daun-daun untuk diolah dan kemudian dibagikan ke bagian pohon lainnya.

Di dalamnya lagi terdapat lapisan kayu yang lebih tebal, disebut kayu teras / inti (*heart wood*). Yaitu bagian pohon yang pekerjaannya hanya merupakan inti kayu yang kuat dan kokoh. Warnanya lebih gelap dari kayu gubal, tidak terdapat bahanbahan makanan di dalamnya. Kayu bagian inilah yang digunakan sebagai bahan konstruksi karena tidak mudah lapuk dan keras.

Bagian yang terdalam adalah hati pohon (*pitch*).

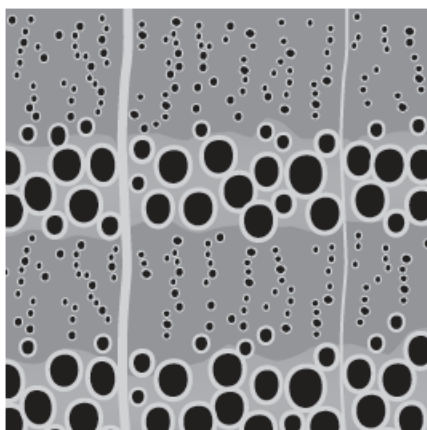
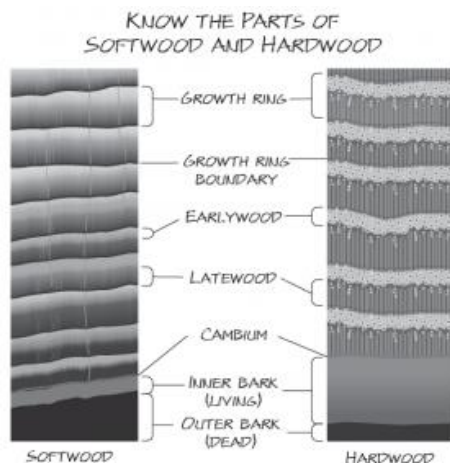


B.2. Jenis Pohon

Pohon-pohon dapat digolongkan menjadi dua golongan besar, yaitu kayu Lunak (softwood) dan kayu keras (hardwood). Tapi pembagian ini kurang tepat karena diantara kayu lunak terdapat kayu keras, sebaliknya diantara kayu keras terdapat kayu lunak.

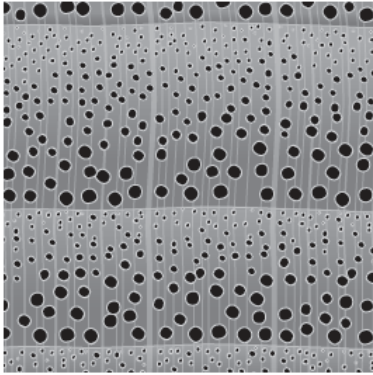
Pembagian yang paling tepat untuk membedakan antara kayu lunak dan kayu keras adalah dari jenis pohon yang berpori dan jenis pohon yang tidak berpori.

Semua kayu keras memiliki *vessels* (pipa kecil) yang digunakan dalam produksi getah. Ukuran dan distribusi vessels ini bervariasi antar spesies; Beberapa terlihat dengan mata telanjang. Ketika vessels dipotong melintasi butiran akhir, mereka sering disebut pori-pori, sehingga kayu keras dikenal sebagai kayu berpori (*porous wood*). Ukuran, jumlah dan distribusi vessels mempengaruhi penampilan dan keseragaman kekerasan pada kayu. Kayu lunak, yang tidak memiliki pori-pori, dikenal sebagai kayu yang tidak berpori (*non-porous wood*).



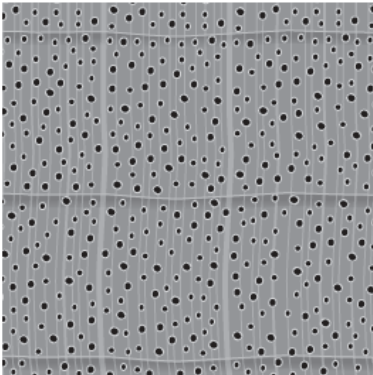
Cincin berpori

Pada beberapa jenis kayu (misalnya oak), pori-pori terbesar ada di lingkaran tahun kayu perdana (early wood) sementara lingkaran tahun kayu akhir (latewood) lebih merata dan seragam. Kayu ini biasanya memiliki figur dan pola yang berbeda, dan serapan warna yang tidak rata (pori-pori besar menyerap lebih banyak warna) membuat corak kayu lebih terasa.



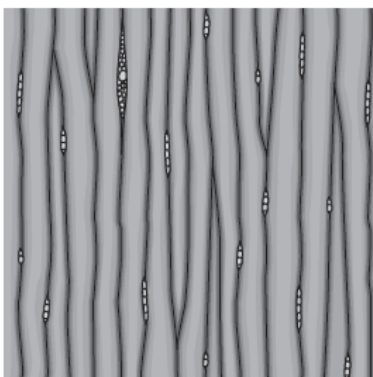
Cincin semi-berpori atau semi-difus

Pada beberapa jenis kayu (misalnya black walnut), pori-pori berukuran besar di earlywood dan lebih kecil ke arah latewood, namun tanpa zonasi yang berbeda.



Pori yang menyebar

Pada beberapa jenis kayu (misalnya maple, cherry) pori-pori didistribusikan secara merata di kayu awal dan kayu akhir. Beberapa jenis kayu tropis dari jenis ini (misalnya mahoni) memiliki pori-pori yang agak besar. Kayu ini biasanya memiliki serpihan noda/corak (tidak ada penjelasan ilmiah tentang penyebab noda)



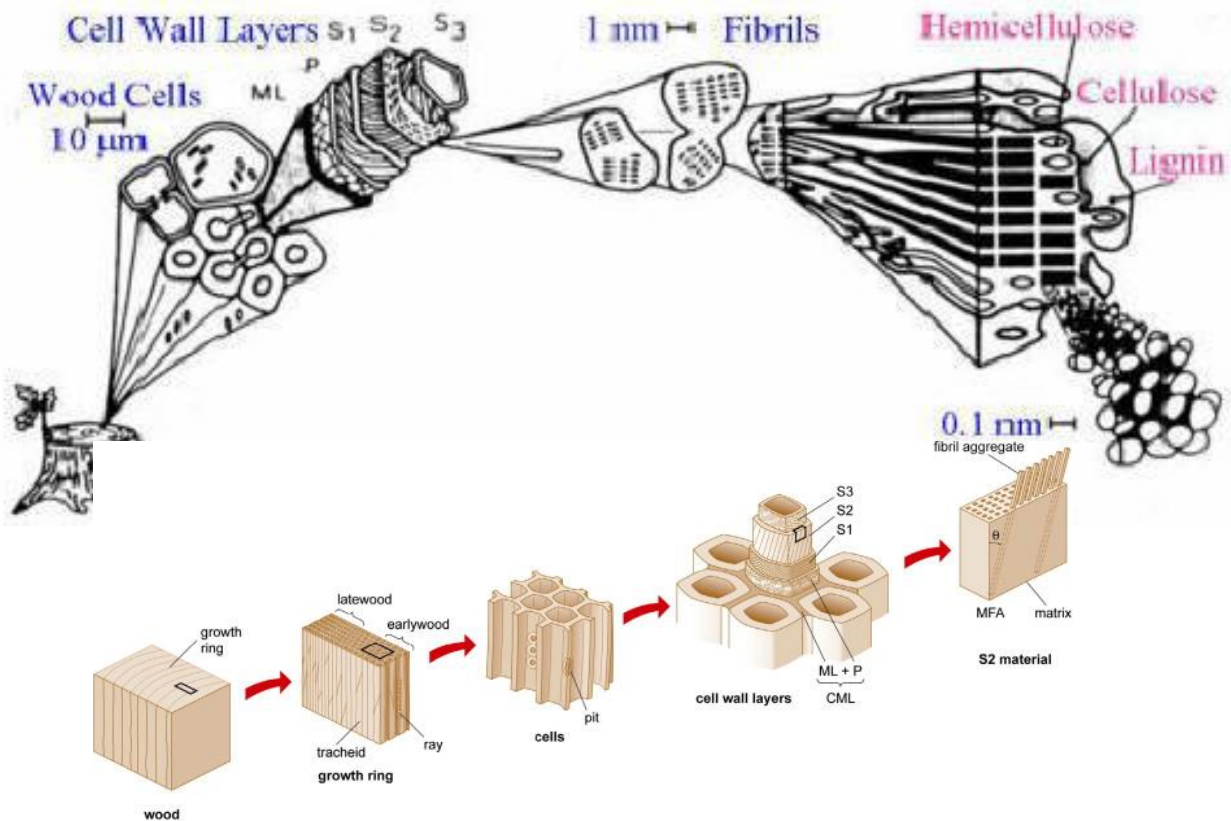
Kayu tak berpori

Kayu lunak tidak memiliki sel pembuluh/vessels (suplai air/makanan dilakukan di sel trakea). Kayu lunak yang berbeda memiliki karakteristik pertumbuhan cincin yang berbeda. Pada kayu pinus putih, cincinnya tidak berbeda, dan serapan noda cukup ringan, seperti pada kayu berpori yang menyebar. Dalam pinus kuning, di mana cincinnya terlihat jelas, pengambilan noda di earlywood lebih terasa daripada di latewood.

Gambar 1.2. Pori-pori kayu

B.3. Sel Kayu

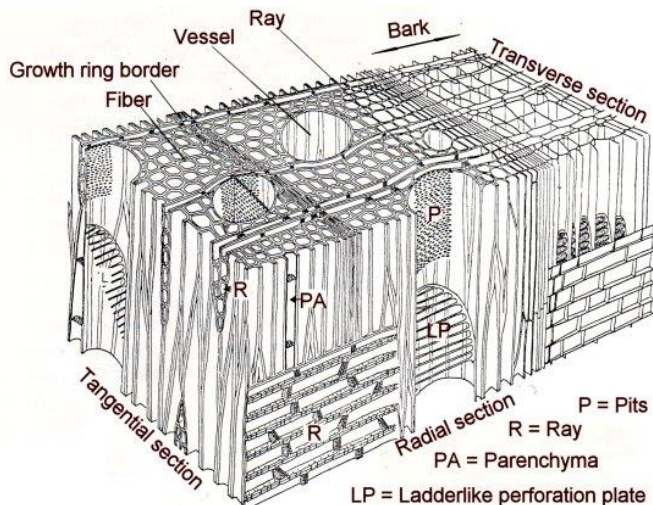
Sel-sel kayu berbeda untuk kayu pohon berdaun lebar / kayu keras (hardwood) dan kayu berdaun jarum / kayu lunak (softwood). Perbedaannya di uraikan di bawah ini :



Gambar 1.3. Sel-sel Kayu

Sel kayu pohon berdaun lebar :

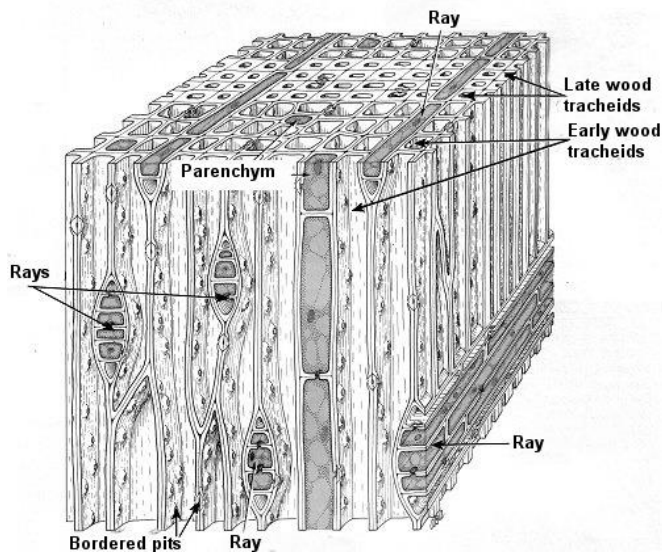
- Pori sel pembuluh adalah sel-sel yang berbentuk tabung, saling berhubungan secara vertikal, berfungsi sebagai pengantar masuknya cairan bahan makanan dari tanah ke daun. Pada penampang batang kayu, pori terlihat berbentuk lobang kecil yang bisa dilihat dengan mata telanjang.
- Peresima, adalah sel yang berbentuk seperti batu bata dengan dinding sel yang tipis. Sel peresima di dalam kayu gubal masih dalam keadaan hidup, sedangkan pada lapisan kayu keras sudah tidak berfungsi lagi. Di dalam kayu, sel peresima membentuk untaian-untaian vertical.
- Jari-jari (Ray), merupakan jaringan-jaringan yang terdiri dari sel-sel yang bersifat peresima.



Gambar 1.4. Struktur Sel Kayu Batang Pohon Berdaun Lebar.

Sel kayu pohon berdaun jarum :

- Memiliki trakeida yang merupakan bagian terbesar dari kayu, yang berfungsi untuk mengangkut bahan makanan.
- Peresima serupa dengan kayu pohon berdaun lebar, hanya susunannya lebih sedikit.
- Kantung Damar, berada dalam riap tumbuh, atau diantara riap tumbuh, berupa rongga-rongga berisi zat damar yang padat dan encer.



Gambar 1.5. Struktur Sel Kayu Batang Pohon Berdaun Jarum.

B.5. Cacat-cacat Kayu

Cacat-cacat kayu harus diperhatikan dalam memilih kayu yang akan digunakan dalam konstruksi, karena cacat kayu ini mempengaruhi mutu kayu itu sendiri, baik dari kekuatan, kestabilan maupun penampilannya.

Cacat-cacat kayu yang perlu diperhatikan antara lain :

B.5.1. Mata Kayu

Mata kayu merupakan alur tunas/cabang pohon yang tumbuh pada batang utama pohon, dengan adanya cabang maka arah serat kayu akan membelok membentuk serat yang spesifik searah membeloknya cabang pohon tersebut.

Cacat mata kayu disamping menunjukkan adanya cabang juga menunjukkan bahwa kayu pada bagian tersebut berada pada bagian yang lebih atas dari bagian kayu lainnya yang mempunyai sedikit mata kayu.

Cacat mata kayu dibedakan atas :

- Cacat mata kayu sehat kecil, mempunyai diameter kurang dari 3 mm.
- Cacat mata kayu sehat besar, mempunyai diameter lebih dari 3 mm.
- Cacat mata kayu mati atau lepas.
- Cacat mata kayu samping.

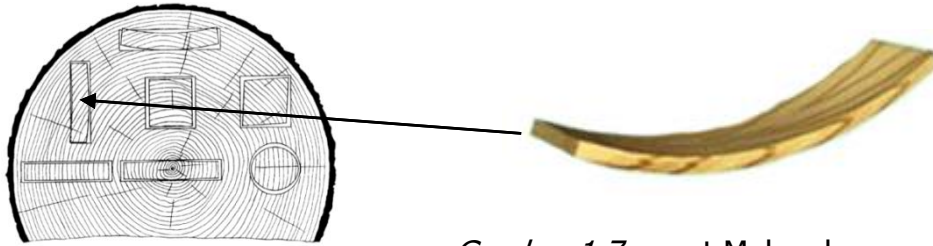


Gambar 1.6. Mata Kayu

B.5.2. Melengkung

Cacat yang terjadi pada kayu yang berbentuk balok maupun papan, dimana bentuk kayu melengkung terhadap panjang kayu. Cacat ini disebabkan oleh adanya faktor penyusutan, kayu mengalami proses pemotongan menjadi balok atau papan sebelum proses pengeringan kayu selesai.

Cacat ini akan semakin parah jika terdapat mata kayu dimana pada area mata kayu ada pembelokan sarah serat kayu.

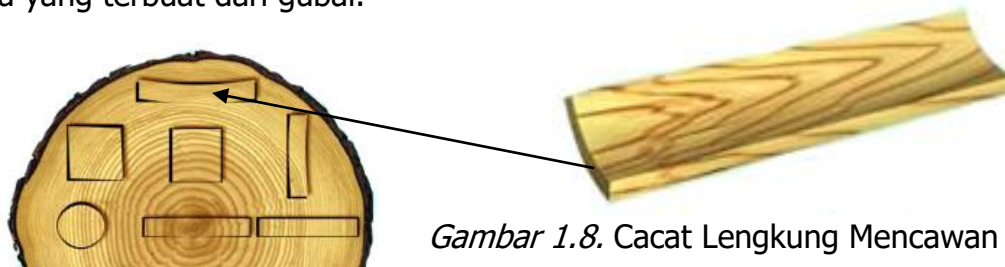


Gambar 1.7. cacat Melengkung

B.5.3. Mencawan

Cacat ini menyerupai cacat melengkung dimana cacat ini arah melengkungnya pada sisi lebar kayu, biasa terjadi pada kayu yang berbentuk papan.

Cacat ini diakibatkan oleh adanya cacat kayu dari awal yaitu seperti bagian kayu yang terbuat dari gubal.



Gambar 1.8. Cacat Lengkung Mencawan

B.5.4. Terpuntir/Melintir

Merupakan cacat kayu dimana masing-masing sisi tidak berada pada posisi lurus. Dapat terjadi baik pada balok kayu maupun papan.



Gambar 1.9. Cacat Puntir

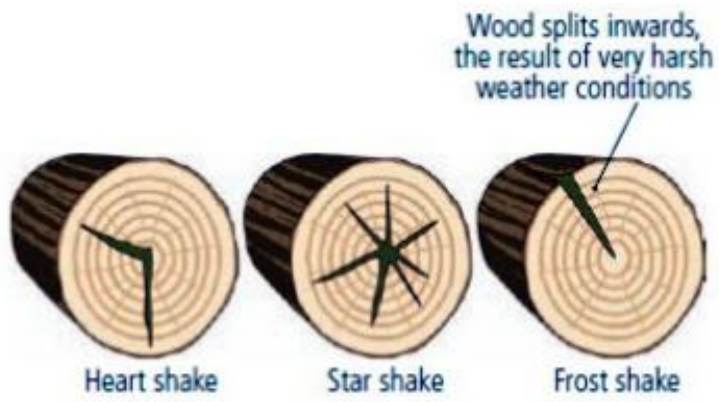
B.5.5. Rongga Dalam Kayu

Merupakan cacat bawaan kayu yang berbentuk rongga di dalamnya, dan biasanya di dalam rongga tersebut berisi zat-zat kapur.

B.5.6. Retak Tertutup / Retak Radial

Retak Tertutup adalah cacat kayu yang berupa retak yang melintang pada lingkaran tahun. Kayu terbelah ke dalam, hasil dari kondisi cuaca yang sangat buruk.





BAB I PENDAHULUAN

A. STRUKTUR KAYU DALAM DUNIA KONSTRUKSI

Indonesia adalah suatu negeri yang kaya akan kayu, baik dalam Jenis maupun dalam Kwantitasnya. Jenis pohon di Indonesia ada beberapa ribu, dan itu tersebar di seluruh pulau-pulau yang ada di wilayah Kepulauan Indonesia.

Kayu adalah suatu bahan konstruksi yang didapatkan dari alam, oleh karena itu kayu tidak hanya merupakan salah satu bahan konstruksi pertama dalam sejarah manusia, tetapi mungkin juga menjadi yang terakhir.

Ilmu Konstruksi Kayu (*timber engineering*) yang dimulai perkembangannya terutama di Jerman pada permulaan abad ke 20, yang pada awalnya hanya berdasarkan atas perhitungan sederhana / tradisional, pengalaman dan intuisi, terus mengalami transisi ke suatu ilmu pengetahuan berdasarkan perhitungan matematis yang sudah lama digunakan untuk cabang-cabang ilmu lainnya.

Sayangnya dalam Konstruksi Kayu di Indonesia, kita belum banyak melakukan penelitian untuk mendapatkan cara perhitungan Konstruksi Kayu yang baru, yang bertujuan untuk penggunaan konstruksi berat dan menghemat penggunaan kayu. Karena kurangnya penelitian ini, maka dalam pemakaian bahan di konstruksi Kayu di Indonesia terlalu berlebih-lebihan, sedang dalam alat-alat sambung kayu yang digunakan sudah terbilang tertinggal oleh kemajuan jaman.

Dengan adanya alat-alat sambung baru atau modern, pemakaian kayu di dalam Konstruksi Kayu dapat dihemat, dan pemakaian kayu sebagai konstruksi pendukung dalam bangunan-bangunan bentang besar (sampai dengan 50 m) dapat menggantikan konstruksi besi atau beton bertulang.

Dalam perkembangan teknik penggunaan kayu sebagai bahan konstruksi yang lebih rational, kita harus memperhatikan hal-hal khusus berikut :

- Pengetahuan sifat-sifat jenis kayu serta faktor-faktor pengaruhnya
- Sambungan dan alat-alat penyambung
- Teknologi Pengawetan Kayu

Penilaian dan perbandingan teknis antara kayu dengan bahan konstruksi lainnya dapat dicapai dengan meninjau satu demi satu anggapan-anggapan yang biasa diambil dalam perhitungan konstruksi, yaitu :

1. Homogenitas (serba kesamaan)

Untuk keperluan praktis, baja dianggap homogen, artinya bagian-bagian dalam suatu material baja mempunyai sifat-sifat fisis yang sama. Tetapi sesungguhnya mikroskopis bajapun tidak homogen karena terdiri dari bermacam-macam kristal dengan sifat yang berlainan.

Kayu yang terdiri dari serat-serat tentunya tidak dapat disebut homogen seperti baja, namun dalam praktek konstruksi, kayu masih dapat dianggap sebagai bahan yang homogen, tetapi tetap harus memperhatikan cacat-cacat seperti mata kayu yang menyebabkan perbedaan dalam dasar-dasar perhitungan yang lazim.

2. Hukum Hooke

Seperti untuk baja, hukum Hooke juga berlaku untuk kayu sampai batas-batas yang kita kenal sebagai batas proporsional, tetapi kayu tidak mempunyai batas leleh seperti baja.

Bentuk diagram tegangan regangan untuk kayu menyamai diagram untuk bahan-bahan batu seperti beton.

Untuk baja biasa, batas proporsional dicapai pada 50% dari tegangan patah, untuk kayu dari hasil penyelidikan ternyata pada pembebanan tekan batas proporsional dicapai pada 75% dari tegangan patahnya. Jadi ditinjau dari aspek ini kayu lebih menguntungkan. Pada percobaan pembebanan tarik kayu, menunjukkan angka-angka yang lebih menguntungkan lagi.

3. Elastisitas

Semakin mudah benda berubah bentuk akibat beban yang sama, berarti semakin tidak kaku (elastis) benda tersebut, ditunjukkan dengan sudut /slope yang semakin kecil.

Pada pembebanan tekan biasanya kayu lebih bersifat elastis sampai batas proportional. Untuk keadaan tarik belum banyak keterangan, tetapi sudah diketahui bahwa terdapat tarikan sifat-sifat elastisitas untuk kayu, yang

tergantung dari keadaan lengas kayu. Untuk kayu kering memperlihatkan batas elastisitas yang agak rendah, sedangkan kayu dengan kadar lengas tinggi terdapat perubahan bentuk yang permanen pada beban-beban yang kecil sekalipun.

4. Modulus Kenyal

Dalam penyelidikan didapatkan, kekuatan tarik kayu lebih tinggi daripada kekuatan tekannya, yaitu antara 2 - 3 kali lebih besar. Meskipun kemungkinan adanya perbedaan dalam modulus kenyal antara tarik dan tekan sangat penting untuk penggunaan teori elastisitas, namun pentingnya di dalam praktek dihilangkan oleh efek perbedaan dalam penentuan tegangan-tegangan ijin tarik dan ijin tekan kayu.

5. Hipotesa Bernoulli dalam Balok Lentur

Hipotesa Bernoulli atau anggapan bahwa dalam balok terlentur tampang-tampangnya tetap rata mempermudah perhitungan balok terlentur, tetapi kenyataannya dalam penyelidikan-penyelidikan memperlihatkan penyimpangan dari linearitas itu.

6. Isotropi

Di dalam analisa tegangan-tegangan dan perubahan-perubahan bentuk akibat beban-beban luar pada suatu benda baja, bahan dianggap isotropis, artinya baja mempunyai sifat-sifat elastis yang sama pada semua arahnya.

Kayu bukan suatu bahan isotropis, sifat-sifat elastisnya tergantung dari arah gaya terhadap arah serat-serat dan cincin-cincin pertumbuhan. Tetapi untuk keperluan praktis, kayu dapat dianggap *ortotropis*, artinya mempunyai tiga bidang simetri elastis yang tegak lurus satu dengan yang lainnya, yaitu longitudinal, tangensial dan radial.

Dimana sumbu longitudinal adalah sejajar serat-serat kayu, sumbu tangensial adalah garis singgung cincin-cincin pertumbuhan, dan sumbu radial adalah tegak lurus pada cincin-cincin pertumbuhan.

Salah satu sifat yang sering kali dikemukakan sebagai kerugian besar dibanding dengan bahan baja atau bahan beton adalah *dapat terbakar* nya kayu. Memang kayu dapat terbakar, tetapi kebakaran selalu terjadi karena material lainnya yang mudah terbakar yang ada di dalam suatu bangunan. Jadi yang penting adalah menghindari atau mencegah terbakarnya benda-benda tersebut.

Memang baja tidak dapat terbakar tetapi baja bukan material yang *fire resistant* (tahan api), kecuali dilindungi pada semua bidangnya dengan bahan fire-proof untuk mengisolir baja terhadap suhu tinggi akibat kebakaran. Tanpa perlindungan itu, maka batang-batang rangka baja sudah akan runtuh pada suhu kebakaran yang rendah, padahal batang-batang kayu pada umumnya belum runtuh jika terbakar sebelum menjadi arang seluruhnya. Dan ini akan banyak membantu penghuni bangunan untuk dapat menyelamatkan diri sebelum bangunan benar-benar runtuh.

B. BAHAN KAYU

B.1. Tampang Melintang Pohon

Jika sebatang pohon kita potong melintang, maka terdapat beberapa macam bagian lapisan kayu. Secara garis besar lapisan kayu terbagi atas dua, yaitu :

a. Kulit Luar (*outer bark*)

yaitu, bagian pohon yang telah mati, yang tugasnya melindungi bagian-bagian disebelah dalamnya.

b. Kulit Dalam (*inner bark*)

yaitu, bagian pohon yang masih hidup, yang gunanya untuk mengangkut atau mengantarkan makanan yang dibuat di daun ke bagian-bagian pohon lainnya.

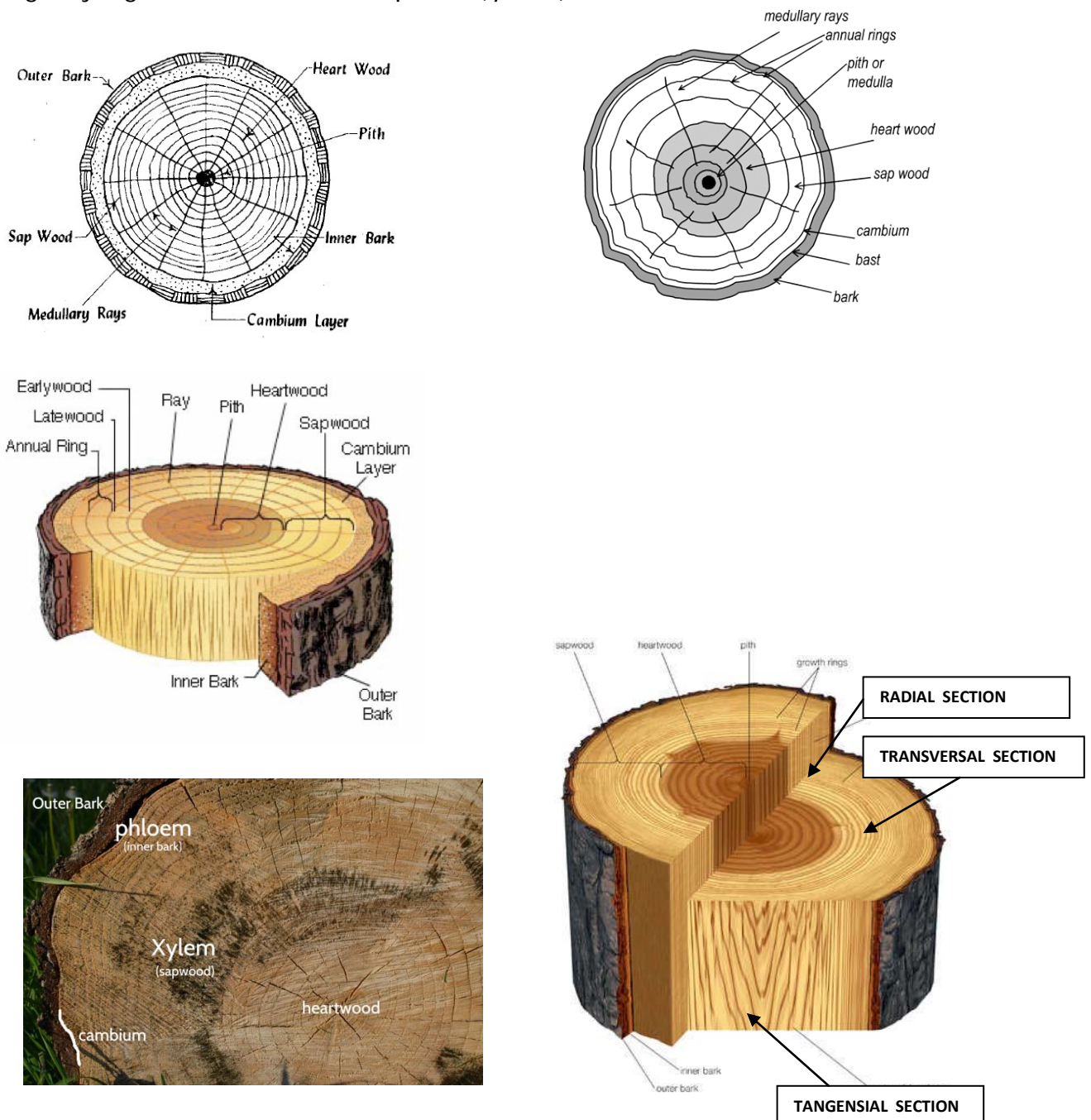
Bagian kulit dalam terluar terdapat sebuah lapisan sangat tipis (berukuran mikroskopik) dinamakan lapisan kambium. Proses pertumbuhan terjadi di lapisan kambium ini, dimana sel memecah, bertumbuh dan memecah lagi untuk membentuk sel kulit yang baru atau zat kayu baru.

Di sebelah dalamnya lagi dari kambium terdapat bagian kayu yang lunak, berwarna keputih-putihan, disebut kayu gubal (*sapwood*). Tebalnya antara 1 - 20 cm tergantung jenis pohonnya. Merupakan bagian pohon yang hidup. Air dan zat-

zat makanan melewati bagian ini dibawa dari akar ke daun-daun untuk diolah dan kemudian dibagikan ke bagian pohon lainnya.

Di dalamnya lagi terdapat lapisan kayu yang lebih tebal, disebut kayu teras / inti (*heart wood*). Yaitu bagian pohon yang pekerjaannya hanya merupakan inti kayu yang kuat dan kokoh. Warnanya lebih gelap dari kayu gubal, tidak terdapat bahanbahan makanan di dalamnya. Kayu bagian inilah yang digunakan sebagai bahan konstruksi karena tidak mudah lapuk dan keras.

Bagian yang terdalam adalah hati pohon (*pitch*).

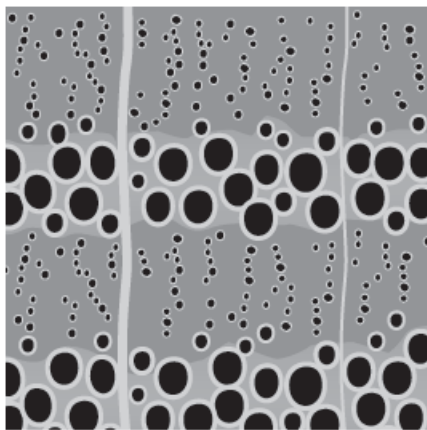
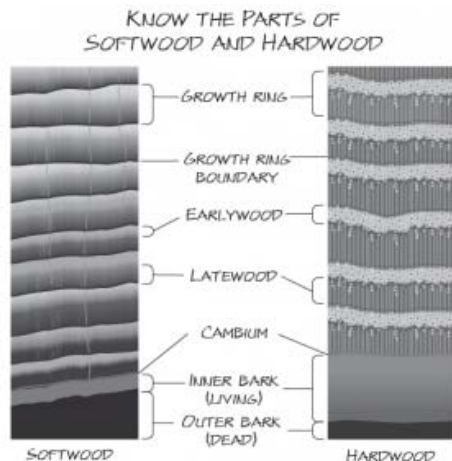


B.2. Jenis Pohon

Pohon-pohon dapat digolongkan menjadi dua golongan besar, yaitu kayu Lunak (softwood) dan kayu keras (hardwood). Tapi pembagian ini kurang tepat karena diantara kayu lunak terdapat kayu keras, sebaliknya diantara kayu keras terdapat kayu lunak.

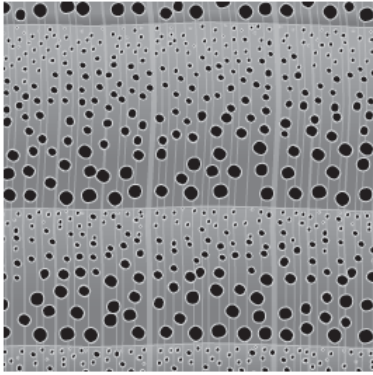
Pembagian yang paling tepat untuk membedakan antara kayu lunak dan kayu keras adalah dari jenis pohon yang berpori dan jenis pohon yang tidak berpori.

Semua kayu keras memiliki *vessels* (pipa kecil) yang digunakan dalam produksi getah. Ukuran dan distribusi vessels ini bervariasi antar spesies; Beberapa terlihat dengan mata telanjang. Ketika vessels dipotong melintasi butiran akhir, mereka sering disebut pori-pori, sehingga kayu keras dikenal sebagai kayu berpori (*porous wood*). Ukuran, jumlah dan distribusi vessels mempengaruhi penampilan dan keseragaman kekerasan pada kayu. Kayu lunak, yang tidak memiliki pori-pori, dikenal sebagai kayu yang tidak berpori (*non-porous wood*).



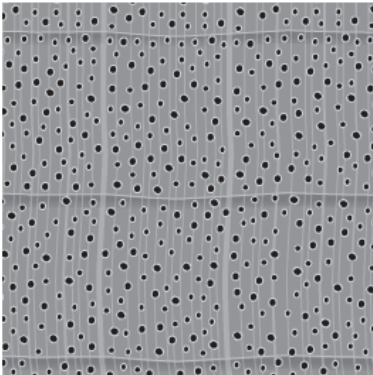
Cincin berpori

Pada beberapa jenis kayu (misalnya oak), pori-pori terbesar ada di lingkaran tahun kayu perdana (early wood) sementara lingkaran tahun kayu akhir (latewood) lebih merata dan seragam. Kayu ini biasanya memiliki figur dan pola yang berbeda, dan serapan warna yang tidak rata (pori-pori besar menyerap lebih banyak warna) membuat corak kayu lebih terasa.



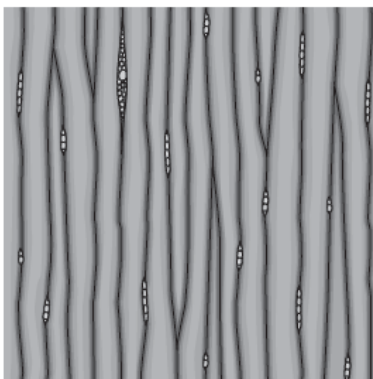
Cincin semi-berpori atau semi-difus

Pada beberapa jenis kayu (misalnya black walnut), pori-pori berukuran besar di earlywood dan lebih kecil ke arah latewood, namun tanpa zonasi yang berbeda.



Pori yang menyebar

Pada beberapa jenis kayu (misalnya maple, cherry) pori-pori didistribusikan secara merata di kayu awal dan kayu akhir. Beberapa jenis kayu tropis dari jenis ini (misalnya mahoni) memiliki pori-pori yang agak besar. Kayu ini biasanya memiliki serpihan noda/corak (tidak ada penjelasan ilmiah tentang penyebab noda)



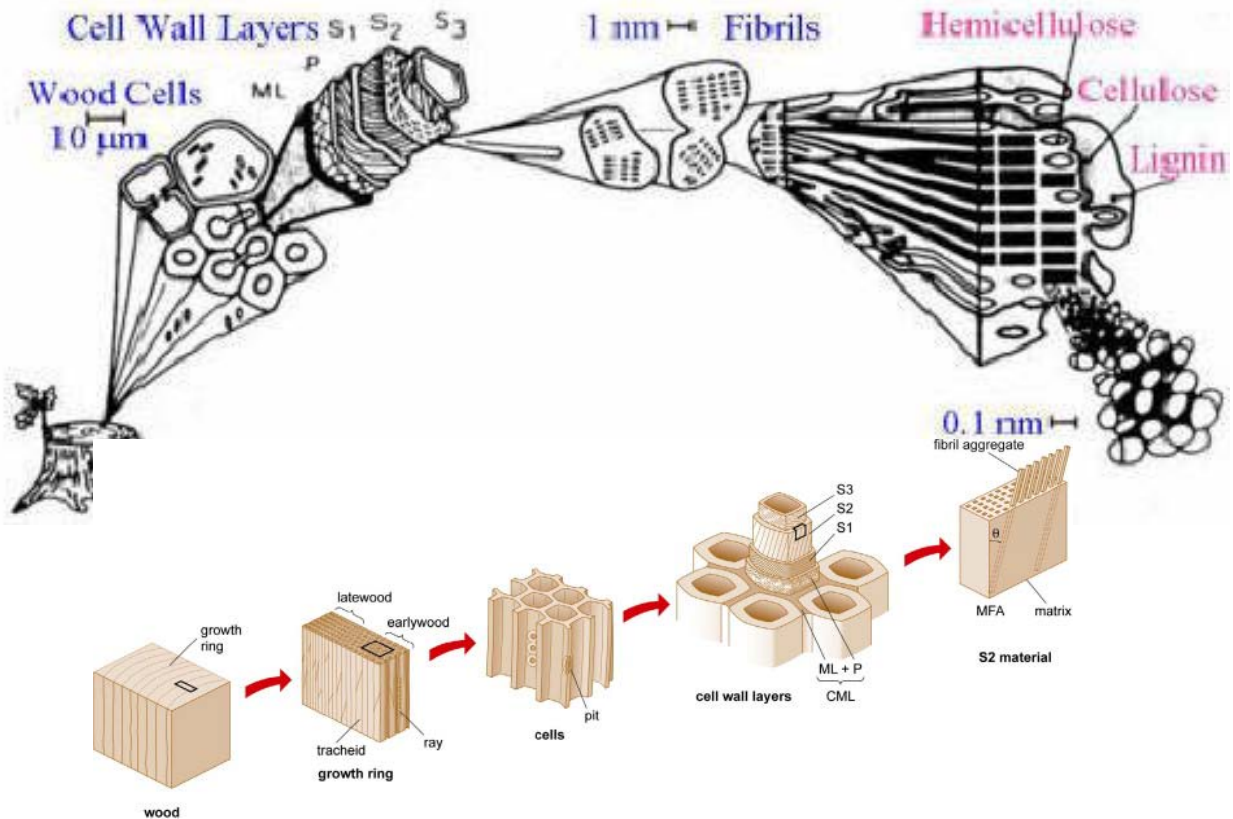
Kayu tak berpori

Kayu lunak tidak memiliki sel pembuluh/vessels (suplai air/makanan dilakukan di sel trakea). Kayu lunak yang berbeda memiliki karakteristik pertumbuhan cincin yang berbeda. Pada kayu pinus putih, cincinnya tidak berbeda, dan serapan noda cukup ringan, seperti pada kayu berpori yang menyebar. Dalam pinus kuning, di mana cincinnya terlihat jelas, pengambilan noda di earlywood lebih terasa daripada di latewood.

Gambar 1.2. Pori-pori kayu

B.3. Sel Kayu

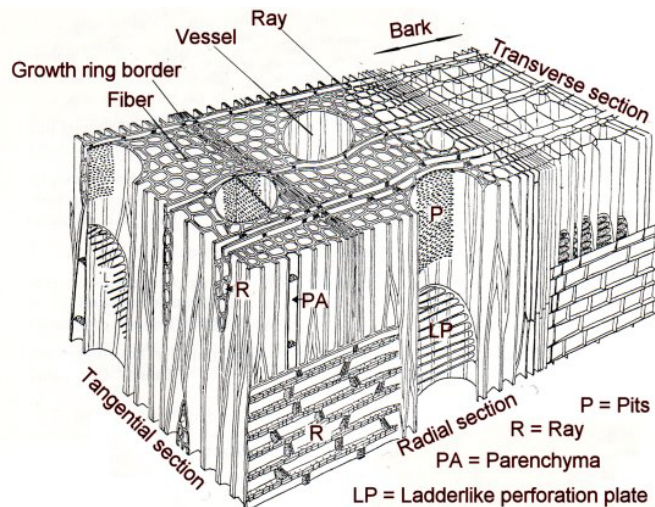
Sel-sel kayu berbeda untuk kayu pohon berdaun lebar / kayu keras (hardwood) dan kayu berdaun jarum / kayu lunak (softwood). Perbedaannya di uraikan di bawah ini :



Gambar 1.3. Sel-sel Kayu

Sel kayu pohon berdaun lebar :

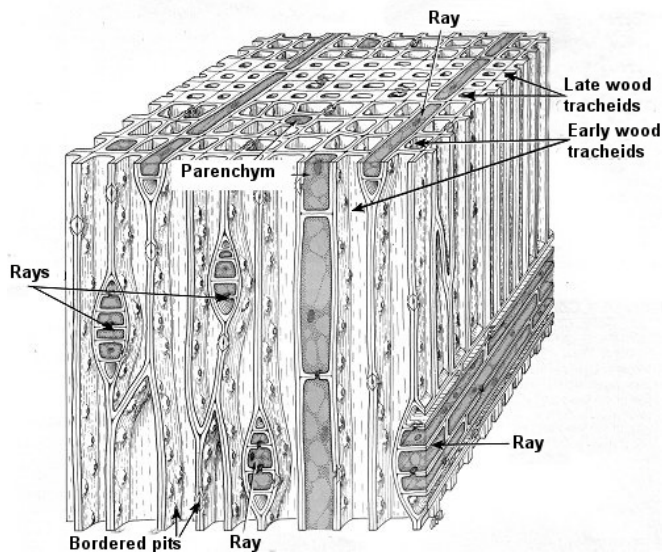
- Pori sel pembuluh adalah sel-sel yang berbentuk tabung, saling berhubungan secara vertikal, berfungsi sebagai pengantar masuknya cairan bahan makanan dari tanah ke daun. Pada penampang batang kayu, pori terlihat berbentuk lobang kecil yang bisa dilihat dengan mata telanjang.
- Peresima, adalah sel yang berbentuk seperti batu bata dengan dinding sel yang tipis. Sel peresima di dalam kayu gubal masih dalam keadaan hidup, sedangkan pada lapisan kayu keras sudah tidak berfungsi lagi. Di dalam kayu, sel peresima membentuk untaian-untaian vertical.
- Jari-jari (Ray), merupakan jaringan-jaringan yang terdiri dari sel-sel yang bersifat peresima.



Gambar 1.4. Struktur Sel Kayu Batang Pohon Berdaun Lebar.

Sel kayu pohon berdaun jarum :

- Memiliki trakeida yang merupakan bagian terbesar dari kayu, yang berfungsi untuk mengangkut bahan makanan.
- Peresima serupa dengan kayu pohon berdaun lebar, hanya susunannya lebih sedikit.
- Kantung Damar, berada dalam riap tumbuh, atau diantara riap tumbuh, berupa rongga-rongga berisi zat damar yang padat dan encer.



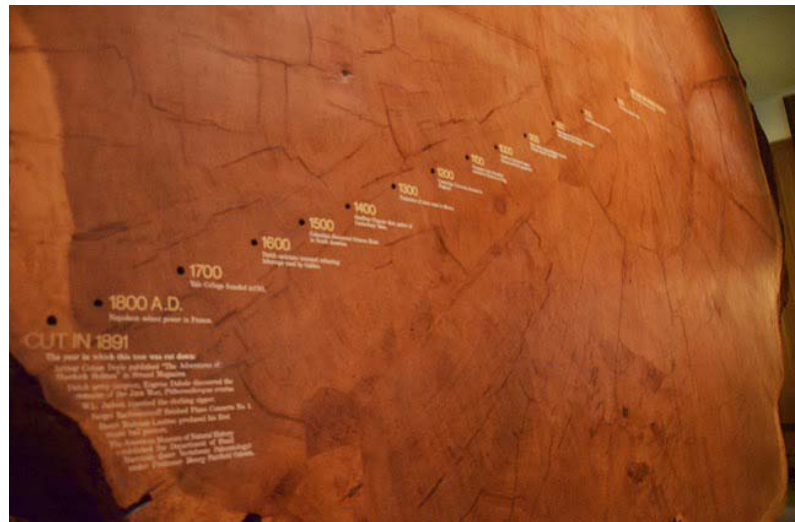
Gambar 1.5. Struktur Sel Kayu Batang Pohon Berdaun Jarum.

B.4. Gelang/Lingkar Tahun

Pohon mengalami pertumbuhan primer dan sekunder dalam perjalanan hidupnya. Pertumbuhan primer ditunjukkan oleh batang pohon yang bertambah tinggi dan akar pohon yang bertambah panjang. Pertumbuhan sekunder ditunjukkan dengan bertambah besarnya batang pohon dan dapat dilihat pada potongan melintang batang pohon berupa garis-garis lingkaran konsentris yang disebut lingkaran tahun / gelang tahun.

Lingkaran tahun ini terbentuk karena aktivitas pembelahan sel-sel kambium. Pembelahan sel-sel kambium ini dipengaruhi oleh musim. Pada musim penghujan aktivitas sel-sel kambium meningkat seiring dengan meningkatnya air dan unsur hara, dan pada musim kemarau, air yang tersedia berkurang sehingga perkembangan sel-sel kambium berkurang.

Jadi pertumbuhan pohon di musim hujan lebih cepat dibanding pertumbuhan di musim kemarau, inilah yang menyebabkan terbentuknya lingkaran tahun. Akhirnya kita bisa menentukan umur pohon tersebut dari jumlah lingkaran tahun yang ditemukan.



B.5. Cacat-cacat Kayu

Cacat-cacat kayu harus diperhatikan dalam memilih kayu yang akan digunakan dalam konstruksi, karena cacat kayu ini mempengaruhi mutu kayu itu sendiri, baik dari kekuatan, kestabilan maupun penampilannya.

Cacat-cacat kayu yang perlu diperhatikan antara lain :

B.5.1. Mata Kayu

Mata kayu merupakan alur tunas/cabang pohon yang tumbuh pada batang utama pohon, dengan adanya cabang maka arah serat kayu akan membelok membentuk serat yang spesifik searah membeloknya cabang pohon tersebut.

Cacat mata kayu disamping menunjukkan adanya cabang juga menunjukkan bahwa kayu pada bagian tersebut berada pada bagian yang lebih atas dari bagian kayu lainnya yang mempunyai sedikit mata kayu.

Cacat mata kayu dibedakan atas :

- Cacat mata kayu sehat kecil, mempunyai diameter kurang dari 3 mm.
- Cacat mata kayu sehat besar, mempunyai diameter lebih dari 3 mm.
- Cacat mata kayu mati atau lepas.
- Cacat mata kayu samping.

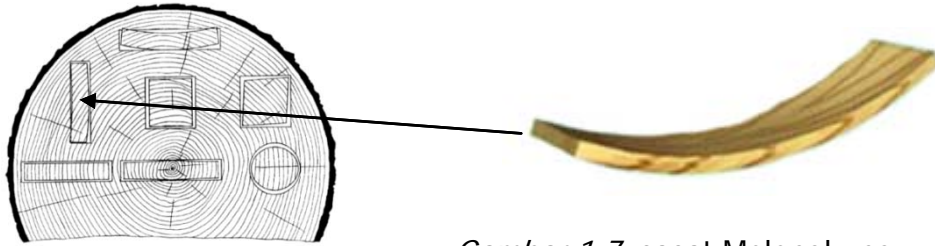


Gambar 1.6. Mata Kayu

B.5.2. Melengkung

Cacat yang terjadi pada kayu yang berbentuk balok maupun papan, dimana bentuk kayu melengkung terhadap panjang kayu. Cacat ini disebabkan oleh adanya faktor penyusutan, kayu mengalami proses pemotongan menjadi balok atau papan sebelum proses pengeringan kayu selesai.

Cacat ini akan semakin parah jika terdapat mata kayu dimana pada area mata kayu ada pembelokan sarah serat kayu.



Gambar 1.7. cacat Melengkung

B.5.3. Mencawan

Cacat ini menyerupai cacat melengkung dimana cacat ini arah melengkungnya pada sisi lebar kayu, biasa terjadi pada kayu yang berbentuk papan.

Cacat ini diakibatkan oleh adanya cacat kayu dari awal yaitu seperti bagian kayu yang terbuat dari gubal.



Gambar 1.8. Cacat Lengkung Mencawan

B.5.4. Terpuntir/Melintir

Merupakan cacat kayu dimana masing-masing sisi tidak berada pada posisi lurus. Dapat terjadi baik pada balok kayu maupun papan.



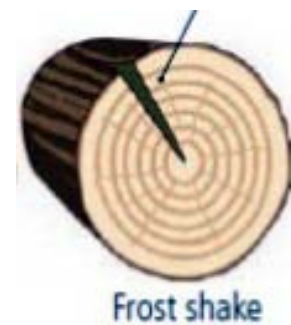
Gambar 1.9. Cacat Puntir

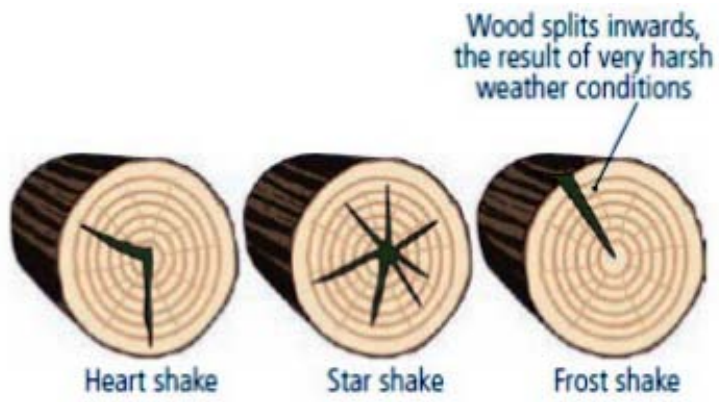
B.5.5. Rongga Dalam Kayu

Merupakan cacat bawaan kayu yang berbentuk rongga di dalamnya, dan biasanya di dalam rongga tersebut berisi zat-zat kapur.

B.5.6. Retak Tertutup / Retak Radial

Retak Tertutup adalah cacat kayu yang berupa retak yang melintang pada lingkaran tahun. Kayu terbelah ke dalam, hasil dari kondisi cuaca yang sangat buruk.





BAB II

SIFAT - SIFAT KAYU

1. SIFAT FISIK

1.1. Berat Jenis

Berat jenis kayu didapat dari perbandingan antara berat dan volume kayu dalam keadaan kering udara dengan kadar air berkisar di 15 persen.

Setiap jenis kayu memiliki berat jenis yang berbeda, berkisar diantara 0,2 t/m³ sampai dengan 1,28 t/m³. Besaran berat jenis yang dicantumkan biasanya adalah nilai rata-rata dan dalam kurung dicantumkan nilai minimum dan maksimum empiris, contoh bj kruing : 0,80 (0,69-0,90).

Berat jenis kayu ini merupakan petunjuk penting bagi aneka sifat-sifat kayu, sebagai contoh, semakin besar berat jenis kayu makin kuat kayunya, demikian sebaliknya semakin kecil berat jenisnya (semakin ringan) semakin berkurang juga kekuatannya.

Kategori	Berat Jenis	Jenis Kayu
Sangat Berat	Diatas 0,90	Giam, Balau, Kempas
Berat	0,75 - 0,89	Jati, Kulim, Kamper, Keruing
Agak Berat	0,60 - 0,75	Bintangur, Meranti, Nyatoh, Ramin, Mahoni
Ringan	Dibawah 0,59	Pinus, Balsa, Jabon, Sengon, Suren

1.2. Warna Kayu

Setiap jenis kayu mempunyai warna yang berbeda-beda, tergantung zat-zat pengisi warna pada kayu tersebut. Contohnya, kayu jelutung mempunyai warna putih, sedangkan kayu mahoni mempunyai warna merah.

Ada banyak faktor yang mempengaruhi warna kayu, seperti yang diperlihatkan di tabel dibawah ini :

	Warna Lebih Jelas / Gelap	Warna Lebih Terang
1	Bagian kayu teras / inti	Bagian kayu gubal
2	Kayu yang lebih tua	Kayu muda
3	Sudah lama ditebang	Baru ditebang
4	Kayu kering	Kayu basah

1.3. Keawetan Kayu Alami

Keawetan alami adalah ketahanan kayu terhadap serangan dari unsur-unsur yang dapat merusak kayu dari luar, seperti : jamur, rayap, bubuk, cacing dan yang lainnya yang diukur dengan jangka waktu tahunan.

Keawetan kayu ini disebabkan oleh adanya suatu zat di dalam kayu yang merupakan sebagian unsur beracun bagi perusak kayu tersebut, sehingga perusak tersebut tidak sempat masuk dan tinggal di dalam kayu dan merusak kayu.

Contoh zat-zat tersebut seperti, tectoquinon pada kayu jati, silica pada kayu ulin dan lain-lain, sehingga jenis kayu-kayu ini mempunyai cukup keawetan secara alami.

Klasifikasi kayu di Indonesia membagi tingkat keawetan kayu ke dalam 5 kelas awet.

1.4. Tekstur

Tekstur kayu adalah ukuran relatif sel-sel kayu atau ukuran relatif serat-serat kayu. Berdasarkan teksturnya, kayu dapat digolongkan ke dalam :

- Kayu bertekstur halus : giam, nyatoh, ramin, mahoni, pinus
- Kayu bertekstur sedang : jati, sonokeling, kapur, matoa
- Kayu bertekstur kasar : meranti, kempas, keruing, sungkai

1.5. Serat

Sifat kayu ini menunjukkan arah sel-sel kayu di dalam kayu terhadap sumbu batang pohon. Arah serat dapat ditentukan oleh alur-alur yang terdapat pada permukaan kayu.

Kayu dikatakan berserat lurus, jika arah sel-sel kayunya sejajar dengan sumbu batang. Contoh kayu Jabon, kapur, kruing, matoa, nyatoh, ramin

Jika arah sel-sel itu menyimpang atau membentuk sudut terhadap sumbu panjang batang dikatakan kayu itu berserat mencong. Serat mencong dapat dibagi lagi menjadi :

- Serat berpadu, bila batang kayu terdiri dari lapisan-lapisan yang berselang-seling, menyimpang ke kiri dan ke kanan terhadap sumbu batang. contoh kayu kulim, renghas, meranti, (kapur), (kruing), (matoa), (ramin)
- Serat berombak, serat-serat kayu yang membentuk gambaran berombak. Contoh kayu merbau, kempas
- Serat terpilin, serat-serat kayu yang membuat gambaran terpilin/terpuntir, seolah-olah batang kayu dipilin mengelilingi sumbu. Contoh kayu bintangur, damar dll.

1.6. Akustik

Dasar akustik menunjukkan, bahwa kemampuan bahan untuk meneruskan atau tidak meneruskan suara. Dasar akustik dari kayu erat hubungannya dengan elastisitas kayu.

Jika sepotong kayu dapat bergetar bebas, jika dipukul akan mengeluarkan suara yang tingginya tergantung pada frekuensi alami getaran kayu tersebut. frekuensi ini ditentukan oleh kerapatan/elastisitas dan ukuran kayu tersebut.

Kayu yang telah kehilangan elastisitasnya misalnya akibat serangan jamur, dika dipukul akan memberikan suara yang keruh, sedang kayu yang sehat suaranya akan terdengar nyaring.

1.7. Resonansi

Resonansi pada kayu yaitu ikut bergetarnya kayu dengan gelombang suara, ini terjadi karena kayu memiliki sifat elastisitas.

Kualitas nada yang dikeluarkan oleh kayu sangat baik, oleh karenanya kayu banyak digunakan untuk membuat alat-alat musik, seperti kolintang, gitar, piano. biola dan lain-lain.

Kemampuan benda untuk mengabsorbsi suara tergantung pada masa dan pada sifat-sifat akustik permukaan benda tersebut, yaitu mampu tidaknya permukaan benda mengabsorbsi / menyerap suara atau memantulkan suara. Kayu mempunyai sifat ini, dimana kayu tidak mudah untuk bergetar dan menyerab gelombang suara, karena itu kayu baik digunakan untuk penutup lantai atau parqet.

1.8. Pengaruh Temperatur

Seperti pada benda-benda lainnya, kayu akan mengembang jika dipanaskan dan mengecil jika didinginkan. Tapi pengaruh temperatur ini tidak begitu penting seperti pengaruh perubahan kadar lengas kayu. (akan dibicarakan lebih lanjut)

Pada temperatur normal, angka muai linier (λ) kayu dalam arah sejajar serat rendah sekali ($4 \cdot 10^{-6}$) dibanding dengan λ besi dan material lainnya.

Untuk arah \perp serat angka liniernya besar, tetapi lebih besar lagi perubahannya karena pengaruh kadar lengas kayu, sehingga untuk arah \perp serat akibat perubahan temperatur λ dapat diabaikan.

1.9. Daya Hantar Panas

Kayu merupakan bahan yang berpori, artinya kayu mengandung kantung-kantung berisi udara yang tidak dapat bergerak. Oleh karena itu kayu baik sekali digunakan sebagai bahan penyekat / isolasi panas.

Semakin banyak ruang hawa tersebut semakit baik daya sekat panasnya. Kayu dengan angka rapat kecil mempunyai ruang kosong yang semakin banyak.

1.10. Sifat-sifat Listrik

Kayu merupakan bahan pengantar listrik yang jelek, atau merupakan bahan isolasi / penyekat listrik yang baik.

Daya hantar listrik ini tidak tergantung dari jenis kayu, atau angka rapat, tetapi banyak dipengaruhi oleh kadar lengas kayu. Pada kadar lengas 0 (nol), kayu akan menjadi bahan isolasi listrik yang baik sekali.

2. SIFAT HIGROSKOPIK

2.1. Kadar Lengas

Kebalikan dengan sifat tubuh manusia, kayu tidak begitu peka terhadap perubahan temperatur udara, tetapi sangat peka terhadap perubahan kelembaban udara.

Kadar lengas kayu akan berubah banyak karena penambahan kelembaban udara apabila temperatur tetap, sebaliknya kadar lengas kayu tetap atau tidak berubah banyak karena perubahan temperatur dengan kelembaban udara yang tetap.

Perubahan kadar lengas kayu menyebabkan mengembang dan menyusutnya kayu, disamping mempengaruhi pula sifat-sifat fisik dan mekanik kayu.

Sel-sel kayu mengandung air, sebagian mengisi ruangan antar sel, disebut dengan **air bebas** (*free water*), dan sebagian menembus dinding sel dan ditahan oleh pori-pori dinding sel tersebut, dan air ini disebut dengan **air ikat** (*imbebet water*).

Apabila kayu mengering, air bebas akan keluar terlebih dahulu, baru air ikat akan meninggalkan dinding-dinding sel jika kayu terus mengering. Pada saat air bebas telah habis keluar, keadaan ini disebut dengan **titik jenuh serat** (*fiber-saturation point*). Kadar lengas pada saat itu sekitar 25 % - 35 %, tergantung dari jenis kayunya (untuk kayu jati $\pm 28\%$).

Apabila kayu mengering dibawah titik jenuh seratnya, dinding-dinding sel menjadi semakin padat, dan serat-serat kayu menjadi semakin kuat dan kokoh.

2.2. Kembang Susut

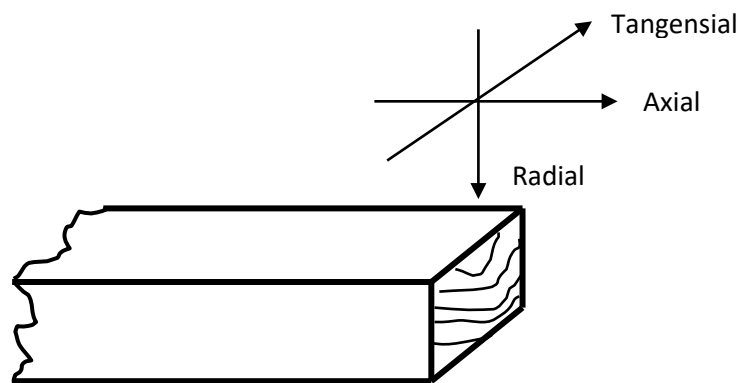
Kayu akan mengembang dan menyusut tergantung kadar lengasnya, tetapi besaran kembang susutnya tidak sama di dalam berbagai arah.

Kita membedakan perubahan ini dalam tiga arah, yaitu :

- arah radial , yaitu arah menuju pusat kayu
- arah tangensial , yaitu searah dengan garis singgung lingkaran.
- arah axial , yaitu sejajar dengan arah panjang batang.

ARAH	KEMBANG SUSUT KAYU UMUM	Kadar Lengas (Kayu Jati)		
		2,70 %	7 %	21,70 %
Radial	0,02 - 0,08	0,0056	0,0150	0,0310
Tangensial	0,04 - 0,14	0,0074	0,0260	0,0630
Axial	0,001 - 0,002	0,0014	0,0014	0,0029
Volumetik	0,07 - 0,21	0,0044	0,0450	0,0990

Tabel 2.01. Kembang Susut Kayu



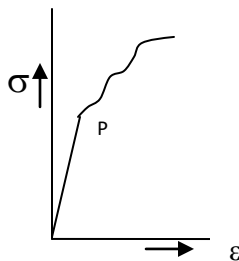
Gambar 2.01. Arah Serat Kayu

3. Sifat Mekanik

3.1. Hubungan Arah Serat dan Arah Gaya

Kayu adalah benda anisotrop oleh karenanya sifat-sifat mekaniknya keberbagai arah tidak sama. Modulus kenyal, kuat tarik, desak, lentur, puntir, dan kuat gesernya berbeda-beda menurut arah ketiga sumbu yang ada. Kita akan membedakan sifat mekanik hanya terhadap 2 sumbu saja, yaitu sejajar arah serat (axial) dan tegak lurus arah serat (tangensial dan radial) karena sifat mekanik kearah tangensial dan radial tidak banyak berbeda.

Berbeda dengan baja, kayu tidak mempunyai batas kenyal yang tegas, tetapi diagram σ/ϵ untuk arah sejajar ataupun tegak lurus mempunyai bagian yang lurus sebelum membengkok (gbr. 1.02), oleh karena itu kayu tidak mempunyai batas kenyal tetapi mempunyai batas proporsional, yaitu sebuah titik pertemuan pada diagram σ/ϵ antara bagian garis yang lurus dan yang membengkok (titik P). Pada praktek batas proporsional ini dianggap sebagai batas kenyal seperti pada konstruksi baja.



Gambar 1.02. Diagram Tegangan Regangan

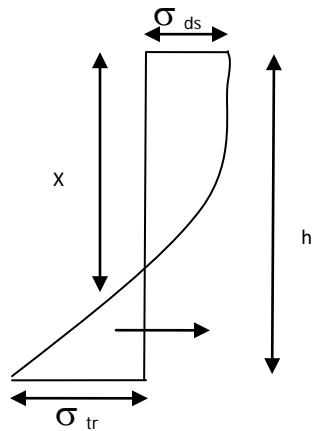
Karena merupakan bahan yg terdiri dari serat-serat, maka dapat diambil suatu kesimpulan :

- Kayu lebih kuat mendukung gaya tarik sejajar arah serat daripada tegak lurus arah serat ($\sigma_{tr//} > \sigma_{tr\perp}$)
- Menurut arah serat kayu, lebih kuat mendukung tarikan daripada mendukung desakan ($\sigma_{tr//} = \pm 2 - 2,5 \sigma_{ds//}$)
- Kayu lebih kuat mendukung gaya desak sejajar serat daripada menurut tegak lurus arah serat ($\sigma_{ds//} = \pm 1,2 \sigma_{ds\perp}$)
- Kayu lebih kuat mendukung gaya geser tegak lurus arah serat daripada menurut arah serat ($\tau_{\perp} > \tau_{//}$). Dan τ_{\perp} ini sedemikian besarnya sehingga jarang terjadi kayu patah karena gaya geser. Umumnya akan timbul retak-retak akibat gaya desak lebih dulu daripada retak-retak τ_{\perp} .

3.2. Diagram Tekanan Lentur

Perbedaan besar antara daya dukung terhadap gaya tekan/desak dan gaya tarik menyebabkan sifat istimewa dari balok kayu.

Seperti diketahui $\sigma_{tr} // = \pm 2 - 2,5 \sigma_{ds} //$. Perbandingan ini menyebabkan hukum Navier, yaitu anggapan adanya pembagian tegangan yang linier dan simetrik tidak dapat dipakai. Apabila balok yang dibebani momen sudah mendekati titik patahnya, maka diagram tegangannya tidak merupakan segi tiga lagi, melainkan untuk bagian yang terdesak diagramnya merupakan parabola berpangkat dua dengan titik maximumnya pada serat yang terluar. Anggapan ini paling mendekati kenyataan.



Gambar 1.03. Diagram Tegangan

Kita dapat mencari letak garis netralnya apabila kita mengetahui $n = \sigma_{tr} / \sigma_{ds}$, diandaikan balok mempunyai potongan dengan lebar = b dan tinggi = h, dari syarat bahwa resultante gaya tarik = resultante gaya desak maka akan didapat persamaan :

$$\frac{x}{h} = \frac{3n}{4 + 3n}$$

Dari diagram diatas terlihat bahwa retak akan timbul terlebih dahulu di bagian yang terdesak. Karena retak itu maka garis netral semakin turun ke bawah dan akhirnya timbullah retak di bagian yang tertarik dan balok mulai patah.

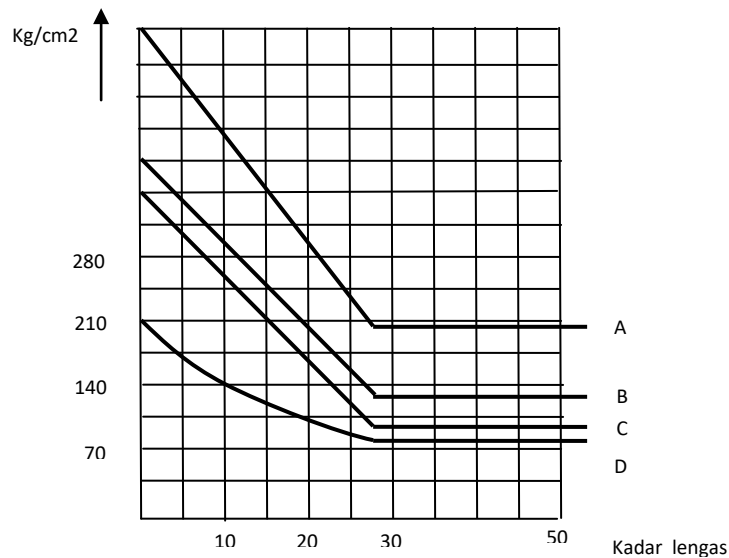
3.3. Pengaruh Angka Rapat

Angka rapat ialah hasil bagi berat kering tungku (oven dry) dengan isi potongan kayu itu. Kerapatan kayu ini adalah suatu indikator terbaik tentang kekuatan kayu, meskipun sifat-sifat lainnya juga ada pengaruhnya (kadar lengas, arah serat, mata kayu, dll).

Angka rapat tergantung dari banyaknya zat dinding sel tiap-tiap satuan isi. Kayu yang berserat kasar mengandung sedikit sel-sel tiap-tiap satuan isi, yang berarti sedikit dinding selnya, sehingga rapatnya rendah pula. Jadi semakin kecil angka rapat suatu kayu semakin lemah pulalah kekuatan kayu, dan semakin ringan kayu tersebut.

3.4. Pengaruh Kadar Lengas Kayu

Kadar lengas kayu besar pengaruhnya terhadap kekuatan kayu, terutama daya dukungnya terhadap tegangan desak sejajar arah serat, dan juga tegak lurus arah serat. Pengaruhnya terhadap daya dukung tegangan tekuk lebih kecil



- A = Tegangan maksimum untuk balok terlentur
- B = Teg. Pada batas kenyal untuk balok terlentur
- C = Tegangan desak maksimum
- D = Teg. desak pada batas kenyal

Terlihat dari diagram besarnya pengaruh kadar lengas terhadap daya dukungnya. Karena itu sangatlah penting pengeringan kayu sebelum dipergunakan pada suatu bangunan.

3.5. Pengaruh Cara dan Lamanya Pembebanan

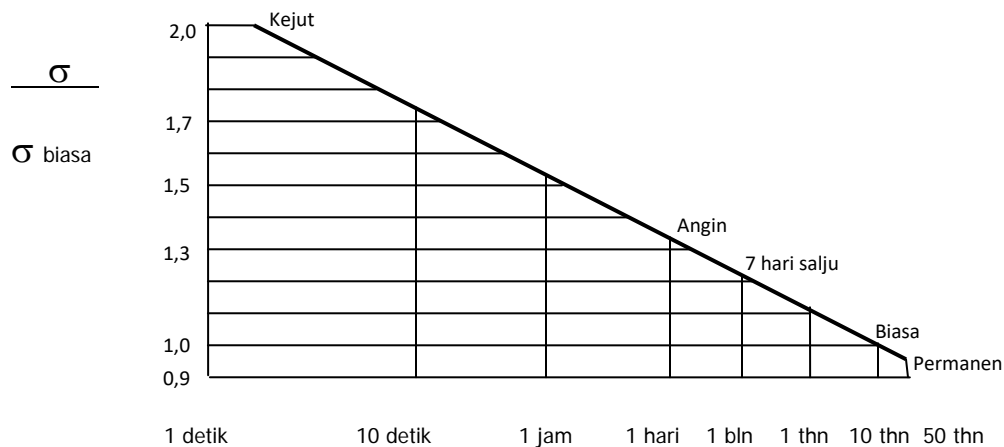
Kayu dapat dibebani dengan berbagai macam cara, yaitu :

- Dengan sekonyong-konyong (pembebanan kejut), terjadi pada tiang pancang kayu atau cerucuk kayu, dimana pembebanan hanya terjadi beberapa detik saja.
- Jangka pendek, terjadi pada pengujian-pengujian di laboratorium, yang memakan waktu + 4 – 5 menit untuk setiap benda uji.
- Jangka sedang, dimana kayu dibebani selama sebulan atau lebih, seperti pada pekerjaan perancah.
- Jangka panjang, dimana kayu dibebani dalam waktu yang lama (lebih dari 10 tahun) seperti pada bangunan kayu pada umumnya.

Sifat khusus dari kayu adalah semakin cepat kayu itu dibebani (semakin pendek waktu pembebanan), semakin besar tegangan yang dapat didukungnya. Jadi kayu yang dibebani selama 1 jam akan dapat mendukung tegangan yang lebih besar dari pada apabila dibebani selama 1 tahun.

Oleh karena itu kayu merupakan bahan yang baik sekali untuk mendukung tegangan- tegangan yang terjadi dalam waktu yang pendek saja, seperti :

- Kuda-kuda, menara, hanggar, dimana gaya tekanan angin merupakan faktor utama dalam perhitungannya.
- Lantai (kecuali lantai gudang), yang hanya dibebani dalam waktu yang pendek.

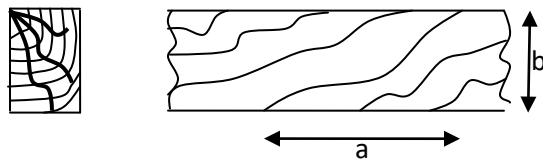


Gambar 1.05. Hub. Tegangan dengan Lamanya pembebanan

Dari gambar 1.05 dapat dilihat bahwa tegangan harus diubah-ubah sesuai dengan lamanya pembebanan, contoh bila akan merancang bangunan yang berumur 6 bulan (setelah 6 bulan bangunan akan dibongkar), maka tegangan σ dapat kita naikkan 10% dari tegangan untuk jangka panjang/bangunan permanen.

3.6. Pengaruh Penyimpangan Arah Serat

Apabila kayu dipotong, sering serat-serat pada balok tidak sejajar dengan arah memanjang balok yang menjadi sumbu balok.



Gambar 1.06. Penyimpangan arah serat.

Apabila penyimpangan yang dinyatakan dengan b/a tidak lebih dari $1/20$ maka tidak ada pengaruhnya terhadap kekuatan balok. Tetapi bila $b/a > 1/20$ maka kekuatan balok kayu akan berkurang.

Penyimpangan b/a	σ_{ds} max.	σ_{lt} max.
	Dalam % terhadap kayu berserat lurus	
1 : 8	66	53
1 : 10	74	61
1 : 12	82	69
1 : 14	87	74
1 : 15	100	76
1 : 16	-	80
1 : 18	-	85
1 : 20	-	100

Tabel 1.02. Tegangan sehubungan dengan penyimpangan serat

3.7. Pengaruh Mata Kayu

Mata kayu mempunyai pengaruh terhadap kekuatan kayu.

Untuk balok yang menanggung momen apabila mata kayu terletak dibagian yang tertarik maka kekuatan balok akan berkurang banyak, bahkan berkurangnya kekuatan ini lebih besar dibandingkan jika kita membuat lubang sebesar mata kayu itu sendiri.

Hal di atas dapat dipahami karena disamping mata kayunya sendiri, arah serat kayu disekitar tempat itu juga membelok dan tidak lurus lagi, dan akan berakibat seperti telah dijelaskan pada 3.6.

Apabila mata kayu terletak di bagian yang terdesak, pengaruhnya tidak begitu besar, dan jika terletak di bidang netral pengaruhnya semakin kecil.

Untuk batang desak (kolom) pengaruhnya tergantung daripada panjangnya batang, semakin langsing kolom semakin kecil pengaruhnya.

Untuk batang tarik, mata kayu mencapai pengaruh yang besar terhadap kekuatan kayu, yaitu sangat mengurangi kekuatan batang kayu.

Mata kayu kecil sekali pengaruhnya pada daya dukung kayu terhadap tegangan geser sejajar arah serat.

BAB III

JENIS-JENIS DAN GOLONGAN KAYU DI INDONESIA

Lembaga Penelitian Hasil Hutan (LPHH) di Gunung Batu, Bogor telah menjalankan penelitian terhadap kayu yang ada di Indonesia. Untuk penggunaan di Indonesia maka kayu dibagi dan dinilai menurut tingkat pemakaiannya, keawetannya, dan kekuatannya.

2.1. TINGKAT PEMAKAIAN.

Tingkat pemakaian kayu menyatakan kesiapan kayu tersebut untuk digunakan dalam suatu macam konstruksi, dengan tidak memandang apakah kayu tersebut mudah atau sukar untuk dapat dikerjakan.

Ada lima tingkat pemakaian :

Tingkat I & II : Untuk keperluan konstruksi-konstruksi berat, tidak terlindung, dan terkena tanah lembab.

Yang termasuk tingkat I adalah kayu jati, merbau, bengkirai, belian, resak, dll.

Yang termasuk tingkat II diantaranya rasamala, merawan, dsb.

Tingkat III : Untuk keperluan konstruksi-konstruksi berat yang terlindung. Yang termasuk dalam tingkat ini al. Puspa, kamper, kruing dll.

Tingkat IV : Untuk keperluan konstruksi-konstruksi ringan yang terlindung. Yang termasuk tingkat ini ialah meranti, suren, jeunjing dsb.

Tingkat V : Untuk keperluan konstruksi sementara.

2.2. TINGKAT KEAWETAN.

Yang menentukan tingkat keawetan kayu ialah daya tahan kayu terhadap pengaruh kerusakan oleh rayap, serangga, dan binatang-binatang perusak kecil lainnya. Kayu digolongkan dalam 5 tingkatan / klas seperti tercantum pada tabel 2.01.

Kelas	a	b	c	d	e	f
I	8 thn	20 thn	Tdk terbatas	Tidak terbatas	Tidak	Tidak
II	5 thn	15 thn	Tidak terbatas	Tidak terbatas	Tidak	Tidak
III	3 thn	10 thn	Lama	Tidak terbatas	Agak cepat	Tidak
IV	sangat pendek	beberapa thn	10 – 20 thn	Min. 20 thn	Cepat sekali	Tdk berbahaya
V	sangat pendek	singkat sekali	singkat	Max. 20 thn	Cepat sekali	Cepat sekali

Tabel 2.01. Tingkat keawetan

Catatan :

- a = kayu ditempatkan di tanah lembab
- b = kayu ditempatkan ditempat yang tidak terlindung, tetapi dicegah masuknya air
- c = kayu ditempatkan ditempat yang terlindung
- d = kayu ditempatkan ditempat yang terlindung dan terpelihara
- e = kayu termakan oleh rayap
- f = kayu termakan oleh kumbang, bubuk kayu, dan serangga lainnya.

2.3. TINGKAT KEKUATANNYA.

Di Indonesia jarang sekali dilakukan uji kayu terhadap kuat tarik kayu, untuk menentukan tingkat kekuatan kayu kita mengambil dari kuat lentur, kuat tekan dan berat jenis kayu. Berat jenis ini ditentukan pada kadar lengas kayu dalam keadaan kering udara.

Kelas kuat	B.J kering udara	σ_{lt}	σ_{tk}
		dalam kg/cm^2	
I	$\geq 0,90$	≥ 1100	≥ 650
II	0.90 – 0.60	1100 – 725	650 – 425
III	0.60 – 0.40	725 – 500	425 – 300
IV	0.40 – 0.30	500 – 360	300 – 215
V	≤ 0.30	≤ 360	≤ 215

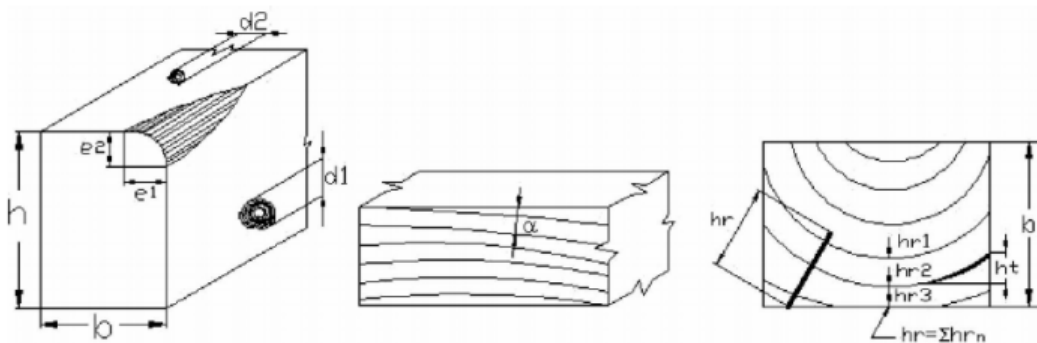
Tabel 2.02. Tingkat kekuatan kayu

2.4. MUTU KAYU

Menurut PKKI bab II kayu dibagi dalam dua mutu sebagai berikut :

	Mutu A	Mutu B
Kadar lengas : kering udara	12 – 18% (rata-rata 15%)	< 30%
Mata kayu	$d_1 \leq \frac{1}{6} h$, $d_1 \leq 3,5$ cm $d_2 \leq \frac{1}{6} b$, $d_2 \leq 3,5$ cm	$d_1 \leq \frac{1}{4} h$, $d_1 \leq 5$ cm $d_2 \leq \frac{1}{4} b$, $d_2 \leq 5$ cm
Wanvlak	$e_1 \leq \frac{1}{10} b$, $e_2 \leq \frac{1}{10} h$	$e_1 \leq \frac{1}{10} b$, $e_2 \leq \frac{1}{10} h$
Miring arah serat	$\text{tg } \alpha \leq \frac{1}{10}$	$\text{tg } \alpha \leq \frac{1}{7}$
Retak-retak	$h_r \leq \frac{1}{4} b$, $h_t \leq \frac{1}{5} b$	$h_r \leq \frac{1}{3} b$, $h_t \leq \frac{1}{4} b$

Tabel 2.02. Mutu Kayu



Gambar 2.01. Mutu kayu

2.5. JENIS-JENIS KAYU

Karena jenisnya yang beragam, sangatlah sukar untuk mengenal semua jenis kayu yang ada di Indonesia, ditambah dengan beragamnya nama satu jenis kayu di tiap daerah yang berbeda. Disini akan dijelaskan jenis kayu yang banyak digunakan untuk bahan bangunan / konstruksi.

a. Jati (*tectona grandis*).

Tingkat pemakaian I,

tingkat kekuatan II,

tingkat keawetan I,

B.J = 0,67.

Banyak terdapat di Jawa.



Kayu yang stabil yaitu kembang susutnya sedikit. Karena tumbuh di daerah berkapur, di dalam kayunya terdapat sarang-sarang kapur yang menyebabkan lekas tumpulnya alat-alat kayu (gergaji, serut, dll). Banyak digunakan untuk konstruksi berat (jembatan, hanggar, dsb) dan meubel rumah tangga. Mula-mula warna kayu sawo kelabu dan berubah menjadi sawo matang setelah terkena sinar matahari dan udara.

b. Merbau / bayam / kayu besi (*Intsia*)

Tingkat pemakaian I,

tingkat kekuatan I,

tingkat keawetan I,

B.J = 0,90 – 1,00.



Banyak terdapat di Sumatera Utara, Sulawesi, dan Maluku.

Kayu yang stabil dan tahan rayap. Kejelekannya adalah besi yang berhubungan dengan merbau akan lekas berkarat karena kadar asam dari air kayunya tinggi sekali. Banyak digunakan untuk konstruksi yang tidak terlindung dan mebel rumah tangga karena mudah untuk di pelitur. Warna sawo kelabu dan akan berubah menjadi sawo hitam setelah digunakan.

c. Belian / ulin (*Eusidere xylon zwageri* tiet B)

Tingkat pemakaian I,

tingkat kekuatan I,

tingkat keawetan I,

B.J = 0,90 – 1,20.

Banyak terdapat di Kalimantan.



Ada beberapa macam kayu dalam keluarga belian termasuk belian onglon atau kayu besi kalimantan. Kayunya tahan rayap dan serangga pengerat lainnya. Sulit untuk diolah karena kerasnya.

Dalam konstruksi digunakan untuk tiang-tiang jembatan, lantai jembatan, dll. Dalam bangunan digunakan sebagai sirap penutup atap.

Warnanya jika belum lama sawo tua dan berubah menjadi abu-abu sampai hitam.

d. Resak / giam (*Cotylelohium spec. div. Dan Vatica spec. div.*)

Tingkat pemakaian I,

tingkat kekuatan I,

tingkat keawetan I,

B.J = 1,10.



Terdapat di Kalimantan dan Sumatera (Riau).

Kayu tahan rayap dan ulat-ulat tiang. Keras tapi mudah untuk dikerjakan.

Digunakan untuk bangunan air dan sebagai pasak/baji.

Warna sawo muda dan lama kelamaan menjadi sawo tua.

e. Bengkirai / balau / benue / benuas enggelam / jati kalimantan (Shorea laevifolia Endert & Hapea Spec. div)

Tingkat pemakaian I,
tingkat kekuatan I,
tingkat keawetan II,
B.J = 0,80 – 1,10.



Banyak terdapat di Kalimantan dan Sumatera.

Kayunya tahan rayap, dan agak mudah diolah, kembang susutnya sedikit.

Digunakan untuk konstruksi yang terlindung, lantai jembatan, dsb.

Warna sawo muda dan lama kelamaan menjadi lebih tua.

f. Rasamala / mala / pulasan (Altingla exselsa Noronn)

Tingkat pemakaian II,
tingkat kekuatan II,
tingkat keawetan II,
B.J = 0,60 – 0,80.



Banyak terdapat di Jawa Barat dan Sumatera.

Tumbuh di daerah dengan ketinggian di atas 500 m dpl. Kayunya tahan rayap dan di tempat yang terlindung serta tidak banyak mengalami perubahan kadar lengas, tahan terhadap bubuk. Kembang susutnya besar, dan karena perubahan kadar lengas yang besar kayu akan mudah terpuntir.

Banyak dipakai untuk kayu di dalam bangunan rumah.

Warna sawo merah.

g. Kamfer

Tingkat pemakaian III,
tingkat kekuatan I/II,
tingkat keawetan III,
B.J = 0,70 – 0,90.



Banyak terdapat di Sumatera dan sedikit di Kalimantan.

Tahan bubuk tetapi tidak tahan terhadap rayap. Tidak cocok untuk konstruksi yang tidak terlindung. Kembang susutnya sedikit, dan mudah diolah.

Banyak digunakan untuk bangunan rumah.

Warno sawo merah.

h. Puspa / seru (Sehima walichit Kort. Spec.div)

Tingkat pemakaian III,
tingkat kekuatan II,
tingkat keawetan III,
B.J = 0,60 – 0,80.

Terdapat di Jawa terutama di Jawa Barat.

Kayunya tidak tahan rayap dan mudah menjadi lapuk. Kembang susutnya besar.

Digunakan untuk bangunan sederhana terutama di daerah pegunungan.

i. Keruwing / lagan / kalkruen / tampudau / palahlar (Dipterocarpus spec.div)

Tingkat pemakaian III,
tingkat kekuatan II/III,
tingkat keawetan III,
B.J = 0,60 – 0,90.



Mudah didapat di Sumatera dan Kalimantan dalam jumlah besar dan ukuran yang besar.

Kayunya mudah terkena rayap dan mudah menjadi lapuk.

j. Meranti / damar / sekalup (Shorea spec.div)

Tingkat pemakaian IV,
tingkat kekuatan III/IV,
tingkat keawetan IV,
B.J = 0,50 – 0,80.



Terdapat di Sumatera dan Kalimantan dalam jumlah besar.

Macam kayu dibagi menjadi 2 golongan besar yaitu meranti merah (lebih banyak jumlahnya) dan meranti putih. Kayunya mudah dimakan rayap dan menjadi lapuk. Kembang susutnya besar.

Karena kekurangannya hanya digunakan untuk konstruksi sementara dan bangunan-bangunan sederhana.

k. Jeungjing / sengon (*Albizzia falcata* Backer)

Tingkat pemakaian IV,
tingkat kekuatan IV,
tingkat keawetan IV,
B.J = 0,30 – 0,50.



Banyak terdapat di Jawa Barat, di tanam di antara perkebunan teh.

Kayunya lembek dan kembang susutnya besar, kebaikannya ialah agak tahan rayap.

Banyak digunakan untuk bangunan-bangunan sederhana dan baik sekali digunakan untuk konstruksi yang menggunakan alat sambung paku.

Warnanya agak putih.

BAB IV TEGANGAN-TEGANGAN IJIN

3.1. TEGANGAN IJIN

Untuk keperluan perencanaan suatu konstruksi perlu diketahui tegangan ijin bagi setiap macam kayu. Tegangan ijin di tabel 3.01. adalah untuk kayu dengan Mutu A, sedangkan untuk kayu dengan Mutu B tegangan ijin yang ada harus dikalikan dengan 0,75. Tegangan ijin ini berlaku untuk konstruksi yang terlindung (terlindung dari perubahan udara yang besar, hujan, dan matahari, sehingga kayu tidak menjadi basah dan kadar lengasnya tidak akan berubah-ubah banyak), dan yang menahan beban tetap (beban lebih dari 3 bulan, bersifat tetap/terus menerus seperti berat sendiri, tekanan tanah, tekanan air, barang-barang gudang, kendaraan di atas jembatan).

	Kelas Kuat					Jati
	I	II	III	IV	V	
	Kg / cm ²					
σ_{lt}	150	100	75	50	-	130
$\sigma_{ds //} = \sigma_{tr //}$	130	85	60	45	-	110
$\sigma_{ds \perp}$	40	25	45	10	-	30
$\tau //$	20	12	8	5	-	15

Tabel 3.01. Tegangan ijin untuk kayu mutu A.

Apabila diketahui B.J kayu maka tegangan ijin kayu mutu A dapat langsung dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \sigma_{lt} &= 170 \cdot g \text{ (kg/cm}^2\text{)} \\
 \sigma_{ds //} = \sigma_{tr //} &= 150 \cdot g \text{ (kg/cm}^2\text{)} \\
 \sigma_{ds \perp} &= 40 \cdot g \text{ (kg/cm}^2\text{)} \\
 \tau // &= 20 \cdot g \text{ (kg/cm}^2\text{)} \quad \rightarrow g = \text{berat jenis kayu}
 \end{aligned}$$

Dari lampiran 1 PPKI diketahui B.J berbagai macam kayu. B.J yang digunakan adalah B.J rata-rata dengan catatan bahwa perbedaan antara B.J maksimum dan B.J minimum tidak boleh lebih dari 100% B.J minimum. Jika perbedaan tersebut lebih dari 100% harus digunakan B.J minimum.

Contoh : Kayu keruing B.J max. = 1,01 B.J min. = 0,51 maka
 $B.J \text{ max.} - B.J \text{ min.} = 1,01 - 0,51 = 0,50 < B.J \text{ min.} = 0,51$
 sehingga dapat digunakan B.J rata-rata = 0,79.

Kelas Kuat	I	II	III	IV	V
Berat Jenis	$\geq 0,90$	0,89 – 0,60	0,59 – 0,40	0,39 – 0,30	$< 0,30$

Tabel 3.02. Hubungan kelas Kuat Kayu dengan Berat Jenis

3.2. FAKTOR REDUKSI

Apabila pembebanan bersifat sementara atau khusus dan konstruksi tidak terlindung, maka harga tegangan ijin tersebut di atas harus dikalikan dengan faktor reduksi sbb.

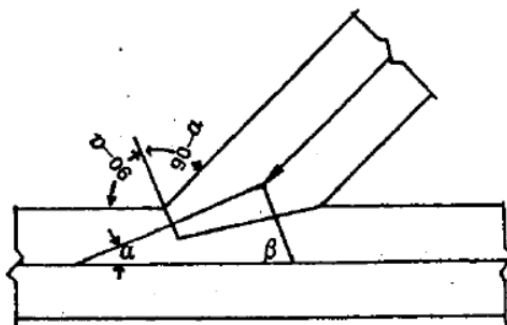
- Untuk konstruksi tidak terlindung $\beta = 5/6$
- Untuk konstruksi yang selalu basah $\beta = 2/3$
- Untuk pembebanan yang bersifat sementara $\gamma = 5/4$
- Untuk pembebanan yang bersifat khusus (getaran, gempa, dll) $\gamma = 3/2$

Faktor reduksi ini juga berlaku untuk mereduksi kekuatan alat sambung.

3.3. PENGARUH PENYIMPANGAN ARAH GAYA TERHADAP ARAH SERAT KAYU

Apabila arah gaya yang bekerja pada bagian-bagian konstruksi menyimpang dengan sudut α terhadap arah serat kayu maka tegangan ijin desak / tarik kayu harus dihitung sbb.

$$\sigma_{\alpha} = \sigma_{ds//} - (\sigma_{ds//} - \sigma_{ds\perp}) \cdot \sin^2 \alpha$$



Gambar 3.01. Arah penyimpangan gaya

3.4. MODULUS KENYAL

Untuk keperluan menghitung lenturan suatu balok dan batang tertekan diperlukan Modulus Kenyal E kayu sejajar arah serat.

Kelas Kuat Kayu	E (kg/cm ²)
I	125.000
II, Jati	100.000
III	80.000
IV	60.000

Tabel 3.03. Modulus Kenyal

3.5. CONTOH SOAL DAN PENYELESAIAN

1. Sebuah konstruksi kuda-kuda menahan gaya-gaya akibat beban tetap dan tekanan angin. Kuda-kuda ini dipasang untuk jangka waktu yang panjang. Kayu yang digunakan keruing. Ditanyakan σ_r nya untuk desak dan tarik.

Jawab : Keruing termasuk kelas kuat II.

$$\sigma_{ds //} = \sigma_{tr //} = 85 \text{ kg/cm}^2$$

$$\beta = 1$$

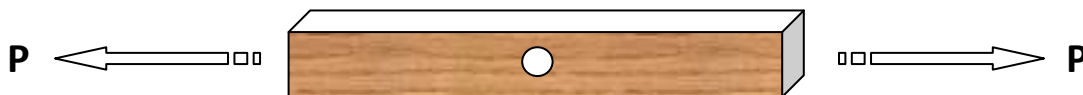
$$\gamma = 5/4$$

$$\text{jadi } \sigma_r = 1 \times 5/4 \times 85 = 106 \text{ kg/cm}^2$$

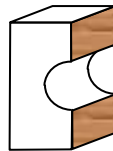
DASAR DASAR PERHITUNGAN KONSTRUKSI KAYU

4.1. BATANG TARIK

Dalam menentukan luas penampang yang mengalami tegangan tarik, harus diperhitungkan berkurangnya luasan penampang akibat digunakannya alat-alat sambung dalam konstruksi.



$$\sigma_{tr//} = \frac{P}{F_{netto}}$$



$$F_{netto} = (1 - c) F_{brutto}$$

dimana : F_{brutto} = luas penampang brutto

F_{netto} = Luas penampang Netto

c = faktor perlemahan karena alat sambung, yang besarnya diambil :

10% : sambungan paku

20% : sambungan baut, gigi, kokot, cincin belah

30% : sambungan pasak kayu

0% : sambungan Lem

Contoh Soal :

Diketahui sebuah batang mengalami gaya tarik yang merupakan beban tetap sebesar 6 ton. Kayu mempunyai BJ = 0,8 ton/m³. Konstruksi terlindung, sambungan dengan baut. Berapa dimensi batang kayu yang diperlukan.

Jawab :

$$\sigma_{tr//r} = 150 \times 0,8 \times b \times g = 150 \times 0,8 \times 1 \times 1 = 120 \text{ kg/cm}^2.$$

$$\sigma_{tr//} = P / F_{netto} = 6000 \text{ kg} / F_{netto} = 120 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow F_{netto} = 50 \text{ cm}^2.$$

$$\text{sambungan baut} \rightarrow c = 0,2 \quad F_{brutto} = F_{nt} / (1 - c) = 50 \text{ cm}^2 / (1 - 0,2) = 62,5 \text{ cm}^2.$$

$$\text{digunakan kayu dimensi } 6/12 \rightarrow F_{brutto} = 72 \text{ cm}^2$$

4.2. BATANG TEKAN

4.2.1. Batang Tunggal

Perencanaan untuk menentukan dimensi batang desak harus memperhatikan adanya bahaya tekuk yang terjadi pada batang kayu, tetapi tidak perlu diperhitungkan faktor perlemahan karena alat sambung seperti batang yang mengalami gaya tarik.

Besarnya faktor tekuk (ω) tergantung dari angka kelangsingan batang (λ).



$$\lambda = \frac{l_{tk}}{i_{min}}$$

$$i_{min} = \sqrt{\frac{I_{min}}{F_{br}}}$$

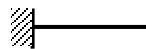
dimana :

i_{min} = jari-jari inertia minimum

l_{tk} = panjang tekuk yang tergantung dari sifat perletakan



$$l_{tk} = 1/2 \sqrt{2} l$$



$$l_{tk} = 2 l$$



$$l_{tk} = l$$

rangka batang

$$l_{tk} = l$$

$$\sigma ds = \left(\frac{P \cdot \omega}{F_{br}} \right) \leq \bar{\sigma} ds //$$

rumus pendekatan untuk mencari I_{min} , sbb :

- untuk kayu Klas Kuat I : $I_{min} = 40 \cdot P \cdot l_{tk}^2$

- untuk kayu Klas Kuat II : $I_{min} = 50 \cdot P \cdot l_{tk}^2$

- untuk kayu Klas Kuat III : $I_{min} = 60 \cdot P \cdot l_{tk}^2$

- untuk kayu Klas Kuat IV : $I_{min} = 80 \cdot P \cdot l_{tk}^2$

I_{min} , Momen Inertia = dalam cm^4

P, gaya Desak = dalam Ton

Contoh :

Sebuah batang desak dari konstruksi kuda-kuda kayu dengan panjang batang 3 m, mendapatkan gaya desak 10 Ton. Konstruksi menahan beban tetap dan beban angin.

Jika digunakan kayu dengan B.J = 0,7 ton/m³, hitung dimensi batang yang diperlukan.

Jawab :

Konstruksi atap --> terlindung $\beta = 1$
beban tetap + beban angin $\gamma = 5/4$
rangka kuda-kuda $l_{tk} = l = 3 \text{ m}$

Bahan kayu --> B.J = 0,7 ton/m³ $\sigma_{ds//r} = 150 \times G \times \beta \times \gamma = 150 \times 0,7 \times 1 \times 5/4$
 $= 131,25 \text{ kg/cm}^2$.

kayu kelas kuat II --> $I_{min} = 50 \times P \times l_{tk}^2$
 $1/12 \times b \times h^3 = 50 \times 10 \text{ ton} \times (3 \text{ m})^2$
 $1/12 \times (1/2 h) \times h^3 = 4500 \text{ cm}^4$
 $h = 18 \text{ cm} \quad \rightarrow \quad b = 9 \text{ cm}$

$$i_{min} = \sqrt{\frac{I_{min}}{F_{br}}} = \sqrt{(1/12 \times b \times h^3) / (b \times h)} = \sqrt{(1/12 \times 9 \text{ cm} \times 18 \text{ cm}^3) / (9 \text{ cm} \times 18 \text{ cm})}$$
$$= 5,2 \text{ cm}$$

$$\lambda = \frac{l_{tk}}{i_{min}} = 300 \text{ cm} / 5,2 \text{ cm} = 57,70$$

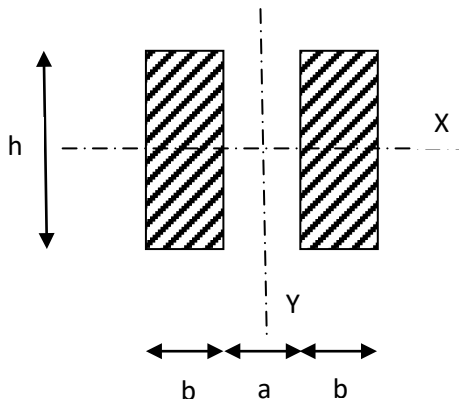
$$\lambda = 57,70 \quad \rightarrow \quad \omega = 1,62$$

$$\sigma_{ds} = \left(\frac{P \cdot \omega}{F_{br}} \right) = (10.000 \text{ kg} \times 1,62) / (9 \text{ cm} \times 18 \text{ cm})$$
$$= 100 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_{ds//r} = 131 \text{ kg/cm}^2 \quad \rightarrow \quad \text{OK}$$

4.2.2. Batang Ganda

Batang Tekan ganda, berupa batang tekan yang terdiri dari lebih satu batang tekan, dapat terdiri dari dua, tiga atau empat batang tunggal yang digabung menjadi satu dengan memberi jarak antar batang tunggalnya. Pemberian jarak ini dimaksud untuk memperbesar momen inertiya / memperbesar daya dukung.

Besarnya momen Inertiya terhadap sumbu bebas (sumbu Y) , harus diberi faktor reduksi, sehingga besarnya momen Inertiya dihitung sbb. :



$$I_y = 1/4 \cdot (I_t + 3 \cdot I_g)$$

$$i_x = 0,289 \cdot b \quad (\text{digunakan jika } i_y > i_x)$$

I_t = momen inertiya yg dihitung secara teoritis (seperti apa adanya)

I_g = momen inertiya yang dihitung dengan menganggap bagian-bagian ganda dijadikan satu.

disyaratkan $a < 2b$

Jika $a > 2b$, maka untuk menghitung I_t tetap diambil $a = 2b$

Contoh :

Sebuah batang bagian dari struktur kuda-kuda rumah kayu, menggunakan kayu Jati. Beban Permanen. Batang tersebut mendapat gaya desak 3 ton. Panjang batang 2,50 m. Diketahui tebal batang kayu 4 cm. Jarak antara dua batang kayu ganda 4 cm. Hitung h kayu yang diperlukan.

jawab :

Konstruksi atap -->	terlindung	$\beta = 1$
	beban tetap	$\gamma = 1$
	rangka kuda-kuda	$l_{tk} = l = 2,50 \text{ m}$

Bahan kayu jati -->	$B.J = 0,67 \text{ ton/m}^3$	$\sigma_{ds//r} = 150 \times G \times \beta \times \gamma = 150 \times 0,67 \times 1 \times 1$
		$= 100,5 \text{ kg/cm}^2$.

dicoba $h = 10 \text{ cm}$

$$i_x = 0,289 \cdot h = 0,289 \cdot 10 \text{ cm} = 2,89 \text{ cm}$$

$$I_t = (2 \cdot 1/12 \cdot 10 \cdot 4^3) + (2 \cdot 10 \cdot 4 \cdot 4^2) = 10.346,67 \text{ cm}^4$$

$$I_g = 1/12 \cdot 10 \cdot 8^3 = 426,67 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 1/4 \cdot (I_t + 3 \cdot I_g) = 1/4 \cdot (10.346,67 + (3 \cdot 426,67)) = 2.906,67 \text{ cm}^4$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{Fbr}} = \sqrt{\frac{2906,67}{2 \times 10 \times 4}} = 6,03 \text{ cm}$$

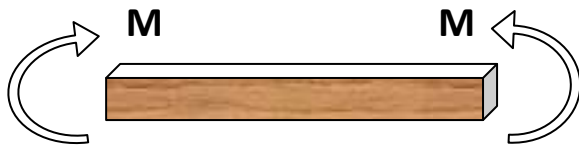
$$\lambda = \frac{ltk}{imin} = 250 \text{ cm} / 6,03 \text{ cm} = 41,46.$$

$$\lambda = 41,46 \rightarrow \omega = 1,385 \text{ (lihat tabel faktor tekuk).}$$

$$\sigma ds = \left(\frac{P \cdot \omega}{Fbr} \right) = (3.000 \text{ kg} \cdot 1,385) / (2 \cdot 10 \cdot 4) = 51,94 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_{ds//r} = 100,5 \text{ kg/cm}^2.$$

4.3. BATANG LENTUR

Untuk balok yang terbebani lentur harus memenuhi syarat tidak melebihi nilai disain lentur tereduksi dan batas lendutan.



$$\sigma_{lt} = \frac{M_{max}}{W_n} \leq \sigma_{lt.r}$$

$$W_n = (1 - c) W$$

c = perlemahan akibat sambungan

$$W = \text{tahanan momen} = \frac{1}{6} b \cdot h^2$$

Rasio kelangsingan R_B untuk komponen struktur lentur tidak boleh melebihi 50.

$$R_B = \sqrt{\frac{le \cdot h}{b^2}}$$

le = panjang bentang efektif untuk komponen lentur, (mm)

	Apabila $l/d < 7$	Apabila $l/d > 7$
Kantilever		
Beban terbagi rata	$le = 1,33 l$	$le = 0,90 l + 3 h$
Beban terpusat di ujung bebas	$le = 1,87 l$	$le = 1,44 l + 3 h$
Balok Bentang Tunggal		
Beban terbagi rata	$le = 2,06 l$	$le = 1,63 l + 3 h$
Beban terpusat di pusat tanpa tumpuan lateral antara	$le = 1,80 l$	$le = 1,37 l + 3 h$

contoh :

Sebuah batang kayu dari konstruksi gudang dengan panjang bentang 3 m mendapatkan beban momen sebesar 1 tm. Berapa deimensi kayu yang dibutuhkan bila tersedia kayu dari kelas kuat II. sambungan dengan baut.

Jawab :

Konstruksi gudang : beban tetap $\beta = 1$
konstruksi terlindung $\gamma = 1$
sambungan baut $c = 0,2$

Kayu kelas kuat II : $b_j = 0,6 - 0,9 \text{ t/m}^3$ $b_j \text{ rata2} = 0,75 \text{ t/m}^3$.
 $\bar{\tau}_{lt} = 170 \times 0,75 \times 1 \times 1 = 127,50 \text{ kg/cm}^2$.

dicoba dengan kayu dimensi 12/24 --> $b = 12 \text{ cm}$; $h = 24 \text{ cm}$; $\ell = 300 \text{ cm}$

$$\ell / h = 300/24 = 12,5 > 7 \text{ maka } \ell_e = 1,63 \ell + 3 h = 5610 \text{ mm}$$

rasio kelangsingan $R_B = \sqrt{\frac{\ell_e \cdot h}{b^2}} = \sqrt{\frac{5610 \times 240}{120^2}} = 9,7 < 50 \text{OK !}$

$$W = 1/6 \times b \times h^2 = 1/6 \times 12 \text{ cm} \times (24 \text{ cm})^2 = 1.152 \text{ cm}^3.$$

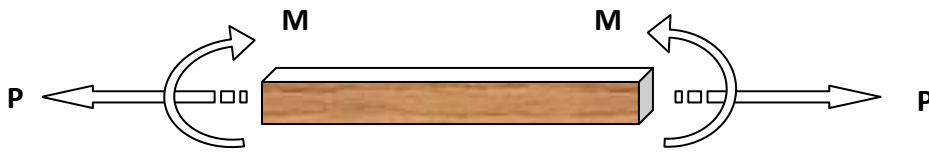
$$W_n = (1 - 0,2) \times 1.152 \text{ cm}^3 = 921,6 \text{ cm}^3.$$

$$M = 1 \text{ tm} = 100.000 \text{ kgcm}.$$

$$\tau_{lt} = \frac{M}{W_n} = \frac{100.000 \text{ kgcm}}{921,6 \text{ cm}^3} = 108,5 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} < 127,5 \text{ kg/cm}^2. \text{OK !}$$

4.4. BATANG YANG MENDUKUNG MOMEN DAN GAYA NORMAL

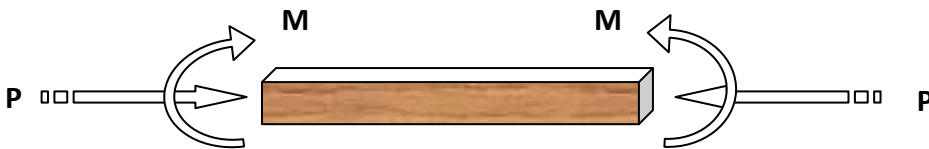
4.4.1. LENTUR DAN TARIK



$$\sigma_{tot} = \frac{P}{F_{net}} + \alpha \cdot \frac{M_{maks}}{W_n} \leq \bar{\sigma}_{tr} //$$

$$\alpha = \frac{\bar{\sigma}_{tr} //}{\bar{\sigma}_{lt}}$$

4.4.1. LENTUR DAN DESAK



$$\sigma_{tot} = \frac{P}{F_{br}} \cdot \omega + \alpha \cdot \frac{M_{maks}}{W_n} \leq \bar{\sigma}_{ds} //$$

$$\alpha = \frac{\bar{\sigma}_{ds} //}{\bar{\sigma}_{lt}}$$

PERPUSTAKAAN
FAKULTAS TEKNIK UPI Y.A.I

Jl. P. DIPONEGORO No. 74

No. Telp (021) 3926000

Jakarta Pusat

TANDA TERIMA

NO. 002/Perp. FT UPI Y.A.I/IX/2021

Pada hari ini Jumat 03 September 2021 Perpustakaan FT UPI Y.A.I telah menerima Bahan Ajar untuk Mata Kuliah Peralatan Kontruksi dari :

Nama : Ir. Prijasambada., MM. MT

NIDN : 0314106301

Jumlah : 1 (satu) Exemplar

Yang Menerima



Dra. Roselinda
Ka Perpustakaan