

## Pertemuan I,II,III

# I. Kayu Sebagai Bahan Konstruksi

### I.1 Dasar-Dasar Penggunaan Kayu

Kayu merupakan satu dari beberapa bahan konstruksi yang sudah lama dikenal masyarakat, didapatkan dari semacam tanaman yang tumbuh di alam dan dapat diperbaharui secara alami. Faktor-faktor seperti kesederhanaan dalam pengerjaan, ringan, sesuai dengan lingkungan (*environmental compatibility*) telah membuat kayu menjadi bahan konstruksi yang dikenal di bidang konstruksi ringan (*light construction*).

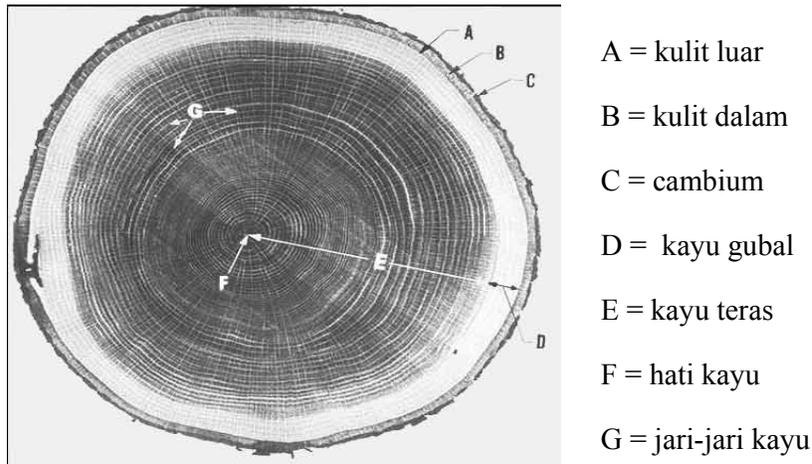
Penggunaan kayu sebagai bahan konstruksi tidak hanya didasari oleh kekuatannya saja, akan tetapi juga didasari oleh segi keindahannya. Secara alami kayu memiliki bermacam-macam warna dan bentuk serat, sehingga untuk bangunan *expose* material kayu tidak banyak memerlukan perlakuan tambahan. Pada perkembangan teknik penggunaan kayu struktural perlu diperhatikan sifat-sifat dan jenis-jenis kayu serta faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan kayu, sambungan dan alat-alat penyambung serta keawetan kayu.

Keterbatasan penggunaan kayu selama ini terjadi dikarenakan keterbatasan kayu alami yang lurus dan relative panjang sudah jarang didapatkan, serta kayu dengan tingkat kekuatan yang tinggi sudah semakin berkurang. Oleh karena itu, maka teknologi sambungan dan komposit material sangat penting pada perancangan struktur kayu.

### I.2 Bagian-Bagian Penampang Kayu

Senyawa utama penyusun sel kayu dengan komposisinya adalah selulosa 50%, hemiselulosa 25%, lignin 25%. Sel-sel kayu kemudian secara kelompok membentuk pembuluh, parenkim dan serat. Pembuluh memiliki bentuk seperti pipa yang berfungsi untuk saluran air dan zat hara. Parenkim memiliki bentuk kotak, berdinding tipis dan berfungsi sebagai tempat penyimpanan sementara hasil fotosintesis. Serat memiliki bentuk panjang langsing dan berdinding tebal serta berfungsi sebagai penguat pohon.

Kelompok-kelompok sel kayu bergabung membentuk bagian/anatomi pohon. Sebatang pohon dipotong melintang akan diperoleh secara kasar gambaran dan bagian-bagian kayu seperti terlihat pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Pototngan melintang pohon kayu

Bagian luar kayu disebut **kulit** (*bark*) merupakan lapisan yang padat dan cukup kasar, bagian kulit yang paling luar sudah mati dan berfungsi sebagai pelindung kayu terhadap serangan dari luar (iklim, serangan serangga, dan jamur). Sedangkan kulit bagian dalam bersifat hidup dan tipis yang berfungsi sebagai jalan zat yang mengandung gizi dari akar ke daun.

Pada bagian sebelah dalam kulit terdapat lapisan tipis yang disebut lapisan **kambium**, lapisan ini merupakan jaringan yang tipis dan bening, berfungsi sebagai tempat pertumbuhan sel-sel kayu.

Disebelah dalam lapisan kambium terdapat bagian kayu lunak yang berwarna keputih-putihan disebut kayu **gubal** (*sapwood*), bagian ini merupakan kayu muda yang terdiri dari sel-sel yang masih hidup, berfungsi sebagai pengantar zat-zat makanan dari akar menuju daun dan juga sebagai tempat penyimpanan bahan makanan, mempunyai ketebalan  $\pm 2$  cm sampai 10 cm.

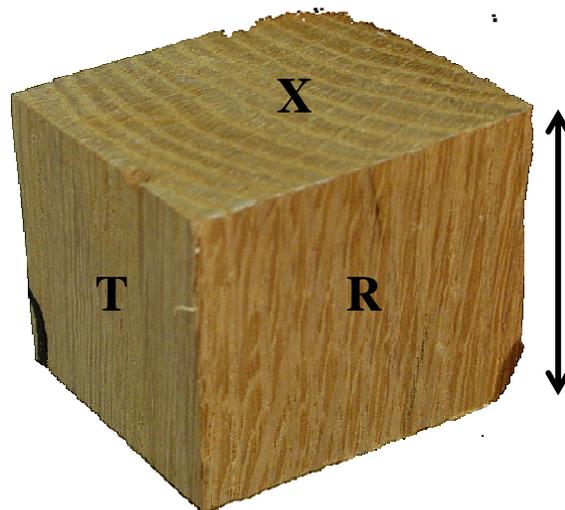
Seanjutnya di sebelah dalam dari lapisan kayu gubal terdapat bagian kayu yang warnanya lebih gelap disebut dengan **kayu teras** (*heartwood*), berfungsi sebagai penguat pohon karena memiliki dinding sel yang lebih tebal dan kuat.

Pada bagian ini tidak terdapat zat-zat makanan, sehingga jika dipakai sebagai bahan konstruksi akan awet.

Pertumbuhan sel-sel kayu disertai dengan munculnya struktur seperti cincin yang disebut dengan **cincin tahunan** (*annual ring*) yang dapat memperkirakan umur dari pohon kayu. Pohon kayu yang mengalami pertumbuhan cepat akan memiliki cincin tahunan yang lebih besar bila dibandingkan dengan pohon kayu yang memiliki pertumbuhan lambat. Pada bagian tengah batang ada inti (*pith*) yang dikelilingi oleh sejumlah cincin tahunan.

### I.3 Sifat-Sifat Kayu

Kayu merupakan bahan alam yang tidak homogen. Ketidakhomogenan ini disebabkan oleh pola pertumbuhan batang dan kondisi lingkungan pertumbuhan yang sering tidak sama. Oleh karena itu, sifat-sifat fisik dan sifat-sifat mekanik pada arah longitudinal, radial dan tangensial tidak sama. Kekuatan kayu pada arah longitudinal (X) lebih besar dibandingkan dengan arah radial (R) ataupun tangensial (T) dan angka kembang susut pada arah longitudinal lebih kecil dari pada arah radial maupun arah tangensial.



Gambar 1.2 Arah longitudinal, radian dan tangensial pohon kayu

1. Sifat-sifat fisik kayu
  - a. Kandungan air

Kayu merupakan material higroskopis, artinya kayu memiliki kaitan yang sangat erat dengan air baik berupa cairan maupun uap. Kemampuan menyerap dan melepaskan air sangat tergantung dari kondisi lingkungan seperti temperatur dan kelembaban udara.

Kandungan air yang terdapat pada sebuah pohon kayu sangatlah bervariasi, tergantung pada jenis spesiesnya. Dalam satu spesies yang sama terjadi pula perbedaan kandungan air yang disebabkan oleh umur, ukuran pohon dan lokasi penanamannya. Pada bagian batang sebuah kayu terjadi perbedaan kandungan air, kandungan air pada kayu gubal lebih banyak dari pada kayu teras.

Air yang terdapat pada batang kayu tersimpan dalam dua bentuk, yaitu **air bebas** (*free water*) yang terletak di antara sel-sel kayu dan **air ikat** (*bound water*) yang terletak pada dinding sel. Selama air bebas masih ada, maka dinding sel kayu akan tetap jenuh. Air bebas merupakan air pertama yang akan berkurang seiring dengan proses pengeringan, pengeringan selanjutnya akan mengurangi air ikat pada dinding sel.

Ketika batang kayu mulia diolah (ditebang dan dibentuk), kandungan air pada batang berkisar antara 40% hingga 300%. Kandungan air ini dinamakan **kandungan air segar**. Setelah kayu ditebang dan mulai dibentuk atau diolah, kandungan air mulai bergerak keluar. Suatu kondisi dimana air bebas yang terletak antara sel-sel sudah habis, sedangkan air ikat pada dinding sel masih jenuh dinamakan **titik jenuh serat** (*fibre saturation point*). Kandungan air pada saat titik jenuh serat berkisar antara 25% sampai 30% bergantung pada jenis kayu itu sendiri.

Pengeringan selanjutnya (kadar air di bawah titik jenuh serat) akan mengurangi kandungan air ikat pada dinding sel, menyebabkan terjadinya perubahan dimensi tampang melintang batang kayu, peningkatan kepadatan, peningkatan sifat-sifat mekanik dan ketahanan lapuk. Kandungan air pada kayu akan sangat dipengaruhi oleh kelembaban udara lingkungan. Bila kelembaban udara lingkungan meningkat, maka kandungan air pada kayu akan meningkat pula, dan begitu pula sebaliknya. Pada lingkungan yang memiliki kelembaban udara yang stabil, maka kandungan air pada kayu juga akan cenderung tetap.

Kondisi kandungan air pada kayu yang tetap ini disebut **kadar air seimbang** (*equilibrium moisture content*) berkisar antara 12% sampai 17%.

#### **b. Kepadatan dan berat jenis**

Kepadatan atau berat unit sebuah kayu dinyatakan sebagai berat per unit volume. Hal ini ditunjukkan untuk mengetahui porositas atau prosentase rongga/void. Kepadatan dan volume sangat bergantung pada kandungan air. Kepadatan akan kecil pada inti kayu bagian dasar dan akan meningkat tajam ke arah luar penampang (*cross section*) dan meningkat secara perlahan ke arah ketinggian.

Kepadatan suatu jenis kayu dapat dihitung dengan cara membandingkan antara berat kering kayu dengan volume basah. Berat kering kayu dapat diperoleh dengan cara menyimpan specimen kayu dalam oven pada suhu 105°C selama 24 jam atau hingga berat specimen kayu tetap. Berat jenis adalah perbandingan antara kepadatan kayu dengan kepadatan air pada volume yang sama.

Kayu terdiri dari bagian padat/sel kayu, air dan udara. Volume adalah jumlah dari volume bagian padat, volume air dan volume udara. Ketika kayu dimasukkan ke dalam oven atau dikeringkan, maka volume yang tetap tinggal adalah volume bagian padat dan volume udara saja, sedangkan airnya sudah menguap/hilang.

#### **c. Cacat kayu**

Kerusakan atau cacat pada kayu dapat mengurangi kekuatan dan bahkan kayu yang cacat tersebut tidak dipakai sebagai bahan konstruksi. Cacat kayu yang sering terjadi adalah mata kayu, retak/belah, pecah, pingul, serat miring, gubal, lubang serangga, serta lapuk dan hati rapuh.

**Mata kayu** sering terdapat pada batang kayu yang merupakan bekas cabang kayu yang patah. Pada daerah mata kayu terjadi pembengkokkan arah serat, sehingga kekuatan kayu menjadi berkurang. Menurut Desch dan Dinwoodie (1981), penurunan kekuatan akibat mata kayu pada kuat geser dan kuat tekan tegak lurus tegak lurus serat relatif kecil, pada kuat tekan sejajar serat cukup besar, dan penurunan kekuatan yang paling besar terjadi pada kuat tarik sejajar

serat. Untuk keperluan konstruksi, dihindari penggunaan batang kayu yang memiliki mata kayu.

**Retak/belah** pada kayu terjadi karena proses penurunan kandungan air (pengeringan) yang terlalu cepat. Proses pengeringan ini memaksa air pada batang bagian dalam kayu untuk segera keluar, sehingga terbentuklah retak. Pada batang kayu yang tipis, retak dapat terjadi lebih besar dan disebut dengan belah. **Pecah** dapat disebabkan karena jatuh saat menebang. **Pingul** merupakan kayu yang tidak persegian, terjadi karena kembang susut.

Kondisi lingkungan yang memiliki kelembaban udara tidak tetap (*fluktuatif*) dapat menyebabkan ukuran batang kayu tidak stabil. Proses penyusutan (*shrinkage*) batang kayu terjadi apabila kelembaban udara di sekitar batang kayu memaksa air pada batang kayu keluar, dan sebaliknya apabila kandungan air pada kayu meningkat akibat tingginya kelembaban udara, maka batang kayu akan mengembang (*swalling*). Besarnya kembang susut paling kecil terjadi pada arah longitudinal, sedangkan kembang susut paling besar terjadi pada arah longitudinal.

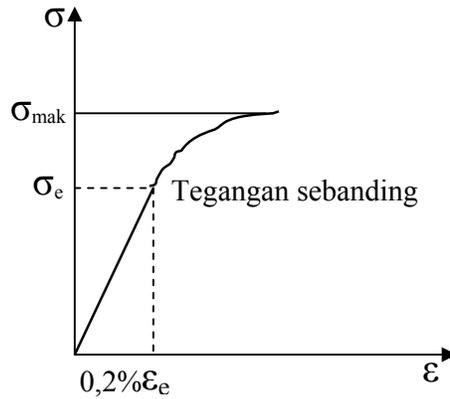
## 2. Sifat-sifat mekanik kayu

### a. Kuat tarik sejajar serat

Elemen konstruksi yang menerima beban tarik dapat dengan mudah kita temukan pada konstruksi rangka. Kuat tarik dapat dihitung dengan cara membagi beban tarik dengan luas tampang (*cross section*). Kayu memiliki kuat tarik yang lebih besar pada arah panjang batang (sejajar serat) dari pada arah radial (tegak lurus serat), sehingga pada konstruksi kayu harus dihindari pembebanan tarik yang tegak lurus serat kayu. Kegagalan tarik memiliki kecenderungan untuk bergerak melalui bagian yang lebih rendah kepadatannya (kayu muda/gubal), tetapi berbentuk zig-zag pada kayu yang kepadatannya tinggi (kayu teras).

Apabila batang kayu ditarik dengan beban tarik tertentu, maka panjang batang kayu akan bertambah. Regangan didefinisikan sebagai nilai banding antara pertambahan panjang dengan panjang batang awal. Untuk regangan yang

kecil biasanya terjadi secara linier-elastik, sedangkan untuk nilai regangan yang besar terjadi secara nonlinier-nonelastik seperti diperlihatkan pada Gambar 1.3.



Gambar 1.3 Kurva tegangan-regangan sejajar serat

*Modulus of Elasticity (MOE)* merupakan angka kemiringan titik sebanding atau  $\sigma_e / \epsilon_e$ . Dimana  $\sigma_e$  adalah tegangan sebanding, dan  $\epsilon_e$  adalah regangan sebanding. Nilai MOE menunjukkan perilaku elastisitas suatu bahan dimana regangan yang terjadi akibat penambahan beban akan hilang apabila beban kerja tersebut dihilangkan.

Persamaan  $E = \sigma / \epsilon$ , dikenal sebagai persamaan Hook yang berlaku pada semua bahan yang bersifat elastic seperti karet, sedangkan kayu memiliki daerah elastisitas dan nonelastisitas pada kurva tegangan-regangannya. Namun karena mudahnya penggunaan persamaan Hook ini, maka analisis struktur kayu masih dibatasi pada daerah elastisitas saja.

#### **b. Kuat tekan sejajar serat**

Batang yang mengalami gaya tekan dijumpai pada konstruksi kuda-kuda dan elemen kolom pada portal. Kuat tekan dapat diperoleh dengan cara membagi besar gaya tekan dengan luas tampang batang. Menurut Koebler (1980), untuk batang yang memiliki panjang lebih dari 11 kali tebal batang, kegagalan tekan batang akan disertai dengan munculnya tekuk atau buckling pada batang.

Menurut Somaji (1995), kuat tekan kayu pada arah tegak lurus serat berkisar antara 12% sampai 18% dari kuat tekan sejajar serat. Kuat tekan kayu

baik arah sejajar serat maupun arah tegak lurus serat akan meningkat apabila kadar air menurun. Untuk kadar air di bawah 30% (titik jenuh serat), penurunan setiap 1% kandungan air akan meningkatkan kuat tekan antara 4% sampai 6%.

### c. Kuat lentur

Kuat lentur kayu merupakan salah satu sifat mekanik kayu yang tertinggi, bila dibandingkan dengan sifat mekanik yang lain seperti kuat tarik, kuat tekan, maupun kuat geser. Akibat kuat lentur yang tinggi dan berat jenis yang kecil menyebabkan kayu banyak dipakai untuk elemen lentur pada struktur ringan.

Tegangan lentur dari suatuampang yang memiliki momen lembam  $I$  dan bending momen  $M$  dapat dihitung dengan persamaan :  $\sigma_t = \frac{M \cdot y}{I}$  ..... 1.1)

,dimana  $y$  adalah jarak dari garis netral ketitik yang ditinjau tegangan lenturnya. Akibat bending momen  $M$ , pada sisi atasampang batang akan mengalami gaya tekan, sedangkan pada sisi bawah akan mengalami tarik. Seiring dengan meningkatnya bending momen, maka daerah sisi tekan akan membesar, sehingga letak garis netral akan bergerak ke bawah. Urutan kegagalan sangat ditentukan oleh jenis kayu itu sendiri, sebagai contoh untuk kayu-kayu yang tidak diawetkan, kegagalan diawali pada daerah tekan, kemudian diikuti oleh kegagalan daerah tarik atau daerah geser. Tegangan lentur maksimum yang terjadi pada saat keruntuhan dikenal dengan istilah *Modulus of Rapture (MOR)*.

### d. Kuat geser sejajar serat

Pada batang yang mengalami beban bending momen seringkali disertai dengan gaya geser. Kekuatan geser kayu akan didukung oleh zat lignin, oleh karena itu kuat geser kayu merupakan sifat mekanik kayu yang paling lemah disbanding dengan sifat mekanik lainnya. Kayu memiliki kuat geser sejajar serat yang lebih kecil dibandingkan dengan kuat geser tegak lurus serat. Cacat kayu seperti retak atau mata kayu akan sangat mempengaruhi kuat geser kayu.

### e. Perilaku terhadap temperatur tinggi

Sebagian kayu tersusun atas selulosa, lignin dan hemiselulosa yang kesemuanya itu merupakan senyawa yang terbentuk dari unsur Carbon, Hidrogen

dan Oksigen. Unsur-unsur ini (Carbon, Hidrogen dan Oksigen) mudah terbakar. Kayu digolongkan sebagai material yang mudah terbakar apabila ada peningkatan temperatur ruangan yang berlebihan. Oleh karena itu, kayu digolongkan sebagai material yang mudah terbakar (*combustible material*).

Perilaku struktur kayu dalam merespon api berbeda dengan bahan struktur lainnya seperti beton atau baja. Ketika api sudah cukup untuk membakar kayu bagian luar, maka kayu bagian luar akan terbakar dan berubah menjadi arang. Waktu yang dibutuhkan oleh api untuk membakar kayu bagian luar sangat tergantung dari kadar air kayu awal, dimensi batang kayu, ketersediaan oksigen dan temperatur api itu sendiri. Oleh karena rendahnya angka penyebaran panas (*thermal conductivity*) kayu dan air yang ada dalam kayu, maka untuk temperatur yang kecil dibutuhkan waktu yang lama agar api dapat membakar bagian dalam kayu.

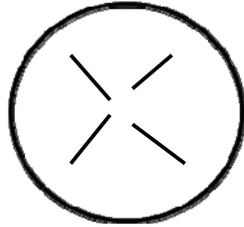
Hemiselulosa pada kayu Oak mulai mengalami *pyrolysis* (penguraian/perubahan material akibat temperatur) pada temperature 150°C sampai 180°C. *Pyrolysis* pada selulosa terjadi pada temperature 280°C sampai 350°C, sedangkan lignin akan mulai mengalami *pyrolysis* pada temperatur 350°C sampai 400°C, dan *pyrolysis* yang lengkap pada lignin terjadi pada temperatur 450°C sampai 500°C. *Pyrolysis* kayu dapat terjadi pada temperatur 150°C atau bahkan lebih rendah lagi jika waktu pembakaran diperpanjang.

Akibat yang lebih jauh dari proses terbakarnya kayu pada bidang struktur adalah terjadinya perubahan sifat-sifat fisik dan mekanik dari kayu itu sendiri. Penurunan kekuatan kayu akibat terjadinya peningkatan temperatur tidak terjadi secara linier melainkan cenderung berbentuk lengkung. Perilaku ini disebabkan oleh kehadiran arang (sisa material kayu yang terbakar) yang berfungsi sebagai pelindung kayu bagian dalam, sehingga struktur terhindar dari keruntuhan seketika (*brittle collapse*).

#### **I.4 Persyaratan Kayu Struktural**

Berdasarkan SNI-04-1989, kayu bangunan struktural berhubungan dengan cacat kayu, antara lain:

1. Mata kayu
2. Pingul
3. Serat miring
4. Retak :
  - a. retak arah radial



Gambar 1.4 Bentuk retak arah radial

- b. retak arah tangensial



Gambar 1.5 Bentuk retak tangensial

## **I.5 Kuat Acuan Kayu**

### **1. Kuat acuan kayu berdasarkan atas pemilahan secara mekanis**

Pemilahan secara mekanis untuk mendapatkan Modulus elastisitas lentur harus dilakukan dengan mengikuti standar pemilahan mekanis yang baku. Berdasarkan modulus elastisitas lentur yang diperoleh secara mekanis, kuat acuan lainnya dapat diambil sesuai Tabel 1.1. Kuat acuan yang berbeda dengan tabel dapat digunakan apabila ada pembuktian secara eksperimental yang mengikuti standar-standar eksperimen yang baku. Nilai acuan pada tabel dengan satuan Mega Pascal (MPa), berdasarkan pemilahan secara mekanis.

Tabel 1.1 Kuat acuan kayu (MPa) berdasarkan pemilahan secara mekanis

Kode Mutu	Modulus Elastitas Lentur $E_w$	Kuat Lentur $F_b$	Kuat Tarik Sejajar Serat $F_t$	Kuat Tekan Sejajar Serat $F_c//$	Kuat Tekan Tegak Lurus Serat $F_c^\perp$	Kuat Geser $F_v$
E26	26000	71	65	54	24	6,9
E25	25000	67	63	53	23	6,8
E24	24000	64	60	52	22	6,7
E23	23000	61	57	50	21	6,5
E22	22000	58	54	4	20	6,4
E21	21000	54	51	47	19	6,2
E20	20000	51	48	45	18	6,1
E19	19000	48	45	43	17	5,9
E18	18000	45	42	41	16	5,7
E17	17000	41	39	40	15	5,6
E16	16000	38	36	39	14	5,4
E15	15000	35	33	36	13	5,3
E14	14000	32	30	35	12	5,1
E13	13000	29	27	33	11	5,0
E12	12000	25	24	31	11	4,8
E11	11000	22	21	29	10	4,7
E10	10000	19	18	28	9	4,5
E9	9000	16	15	26	8	4,3
E8	8000	12	12	24	7	4,2
E7	7000	9	9	22	6	4,1

**2. Kuat acuan kayu berdasarkan pemilahan secara visual**

Pemilahan secara visual harus mengikuti standar pemilahan secara visual yang baku. Apabila pemeriksaan visual dilakukan berdasarkan atas pengukuran berat jenis, maka kuat acuan untuk kayu berserat lurus tanpa cacat dapat dihitung dengan menggunakan langkah-langkah sebagai berikut :

- a. Kerapatan  $\rho$  pada kondisi basah (berat dan volume diukur pada kondisi basah, tetapi kadar airnya lebih kecil dari 30%), dihitung dengan mengikuti prosedur baku. Gunakan satuan  $\text{kg/m}^3$  untuk  $\rho$ .
- b. Kadar air  $m\%$  ( $m < 30$ ) diukur dengan prosedur baku.
- c. Hitung berat jenis pada  $m\%$  ( $G_m$ ) dengan rumus :

$$G_m = \rho / [1000(1+m/100)] \dots\dots\dots 1.2a)$$

d. Hitung berat jenis dasar ( $G_b$ ) dengan rumus :

$$G_b = G_m / (1 + 0,265aG_m), \text{ dengan } a = (30 - m) / 30 \dots\dots\dots 1.2b)$$

e. Hitung berat jenis pada kadar air 15% ( $G_{15}$ ) dengan rumus :

$$G_{15} = G_b / (1 - 0,159G_b) \dots\dots\dots 1.2c)$$

f. Hitung estimasi kuat acuan kayu dengan rumus-rumus pada Tabel 1.2, dengan  $G$  adalah  $G_{15}$ .

Tabel 1.2 Estimasi kuat acuan berdasarkan atas berat jenis pada kadar air 15%  
Untuk kayu berserat lurus tanpa cacat

Kuat Acuan	Rumus Estimasi
Modulus elastisitas lentur, $E_w$ (MPa)	$16500G^{0,7}$
Lentur, $F_b$ (kPa)	$17130G^{1,13}$
Tarik sejajar serat, $F_t$ dan tekan sejajar serat, $F_{c//}$ (kPa)	$7600G^{0,89}$
Geser sejajar serat, $F_v$ (kPa)	$2190G^{1,13}$
Tekan tegak lurus serat, $F_{c\perp}$ (kPa)	$2160G^{2,09}$

$G$  adalah berat jenis kayu pada kadar air 15%

Untuk kayu dengan serat tidak lurus dan/atau mempunyai cacat kayu, estimasi nilai acuan yang dihitung dengan rumus-rumus pada Tabel 1.2, harus direduksi dengan mengikuti ketentuan pada SNI 03-3527-1994 UDC 691.11 tentang “Mutu Kayu Bangunan”, yaitu dengan mengalikan nilai acuan pada Tabel 1.2 dengan nilai rasio kekuatan yang ada pada Tabel 1.3 yang bergantung pada kelas mutu kayu. Kelas mutu kayu ditetapkan dengan mengacu pada Tabel 1.4.

Tabel 1.3 Nilai rasio kekuatan

Kelas mutu	Rasio kekuatan
A	0,80
B	0,63
C	0,50

Tabel 1.4 Cacat maksimum untuk setiap kelas mutu kayu

Macam cacat	Kelas mutu A	Kelas mutu B	Kelas mutu C
Mata kayu : Terletak di muka lebar	1/6 lebar kayu	1/4 lebar kayu	1/2 lebar kayu
Terletak di muka sempit	1/8 lebar kayu	1/6 lebar kayu	1/4 lebar kayu
Retak	1/6 tebal kayu	1/5 tebal kayu	1/2 tebal kayu
Pingul	1/10 tebal atau lebar kayu	1/6 tebal atau lebar kayu	1/4 tebal atau lebar kayu
Arah serat	1 : 13	1 : 9	1 : 6
Gubal	Diperkenankan	Diperkenankan	Diperkenankan
Lubang serangga	Diperkenankan asal terpencar, serangga sudah mati Tidak	Diperkenankan asal terpencar, serangga sudah mati Tidak	Diperkenankan asal terpencar, serangga sudah mati
Cacat lain (lapuk, hati rapuh, retak melintang)	diperkenankan	diperkenankan	Tidak diperkenankan

## I.6 Pembebanan Pada Struktur Kayu

Beban nominal adalah beban yang ditentukan di dalam Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung, SKBI-1.3.53.1987, atau penggantinya.

### 1. Beban nominal

Beban nominal yang harus ditinjau adalah sebagai berikut :

**Beban mati (*D*)**, beban mati yang diakibatkan oleh berat sendiri konstruksi permanen, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, partisi tetap, tangga, dan peralatan layan tetap.

**Beban hidup ( $L$ )**, beban hidup yang ditimbulkan oleh penggunaan gedung, termasuk pengaruh kejut.

**Beban hidup di atap ( $L_a$ )**, beban hidup di atap yang ditimbulkan selama perawatan oleh pekerja, peralatan, dan material, atau selama penggunaan biasa oleh orang dan benda bergerak.

**Beban hujan ( $H$ )**, beban hujan yang ditimbulkan oleh adanya genangan air hujan.

**Beban angin ( $W$ )**, beban angin termasuk dengan memperhitungkan bentuk aerodinamika bangunan dan peninjauan terhadap pengaruh angin topan, puyuh, dan tornado, bila diperlukan.

**Beban gempa ( $E$ )**, beban gempa yang ditentukan menurut SNI 03-1726-1989, atau penggantinya.

## 2. Kombinasi pembebanan

Kecuali apabila ditetapkan lain, struktur, komponen struktur dan sambungannya harus direncanakan dengan menggunakan kombinasi pembebanan berikut ini :

$1,4D$	..... 1)
$1,4D + 1,6L + 0,5(L_a \text{ atau } H)$	..... 2)
$1,2D + 1,6(L_a \text{ atau } H) + (0,5L \text{ atau } 0,8W)$	..... 3)
$1,2D + 1,3W + 0,5L + 0,5(L_a \text{ atau } H)$	..... 4)
$1,2D + 1,0E + 0,5L$	..... 5)
$0,9D \pm (1,3W \text{ atau } 1,0E)$	..... 6)

Pengecualian : faktor beban untuk  $L$  di dalam kombinasi beban persamaan 3), 4) dan 5) harus sama dengan 1,0 untuk garasi parkir, daerah yang digunakan untuk pertemuan umum, dan semua daerah dimana beban hidup lebih besar dari pada 5 kPa.

Setiap keadaan batas yang relevan harus ditinjau, termasuk kasus-kasus dimana sebagian beban didalam kombinasi pembebanan bernilai sama dengan nol. Pengaruh kondisi pembebanan yang tak seimbang harus ditinjau sesuai dengan ketentuan didalam tata cara pembebanan gedung yang berlaku.

### **3. Beban lain**

Pengaruh struktural akibat beban-beban lainnya, termasuk tetapi tidak terbatas pada berat dan tekanan lateral tanah, pengaruh temperatur, susut dan kelembaban, rangkai dan beda penurunan tanah harus ditinjau didalam perencanaan.

Pengaruh struktural akibat beban yang ditimbulkan oleh fluida ( $F$ ), tanah ( $S$ ), genangan air ( $P$ ) dan temperatur ( $T$ ) harus ditinjau dalam perencanaan dengan menggunakan faktor beban :  $1,3F$ ;  $1,6S$ ;  $1,2P$ ; dan  $1,2T$ .

### **4. Beban yang berlawanan**

Apabila pengaruh suatu beban saling berlawanan didalam komponen struktur atau sambungannya, maka harus ditinjau gaya aksial, geser dan momen yang mungkin berbalik arah.

### **5. Pembebanan jangka panjang**

Analisis yang dilakukan pada struktur dan komponen struktur yang mengalami deformasi akibat rangkai pada saat memikul beban kerja, harus memperhitungkan terjadinya tambahan deformasi akibat rangkai dalam masa layannya apabila deformasi tersebut mempengaruhi tahanan atau kemampuan layannya.

## **I.7 Contoh-Contoh Soal dan Pembahasan**

Soal 1. Jelaskan dengan ringkas dasar-dasar penggunaan kayu sebagai bahan konstruksi.

Penyelesaian :

Penggunaan kayu sebagai bahan konstruksi ringan didasari oleh kesederhanaan dalam mengerjakan dan juga sesuai dengan lingkungan, disamping kekuatannya juga didasari oleh segi keindahannya dengan bermacam-macam warna dan bentuk serat.

Soal 2. Jelaskan bagian kayu yang paling baik digunakan untuk kayu struktural.

Penyelesaian :

Pada penampang kayu, bagian yang paling baik digunakan untuk kayu struktural adalah di sebelah dalam dari lapisan kayu, yaitu bagian yang warnanya lebih gelap disebut dengan **kayu teras** (*heartwood*), berfungsi sebagai penguat pohon karena memiliki dinding sel yang lebih tebal dan kuat. Pada bagian ini tidak terdapat zat-zat makanan, sehingga jika dipakai sebagai bahan konstruksi akan awet.

Soal 3. Suatu jenis kayu mempunyai kerapatan  $\rho = 0,7$  pada kadar air 12%. Tentukan nilai-nilai kuat acuan kayu secara visual.

Penyelesaian :

- Kerapatan  $\rho = 0,7 \text{ gr/cm}^3 = 700 \text{ kg/m}^3$ , dengan kadar air  $m = 12\%$

- Berat jenis pada  $m\%$  :

$$\begin{aligned} G_m &= \rho / [1000(1+m/100)] \\ &= 700 / [1000(1+12/100)] \\ &= 0,625 \end{aligned}$$

- Berat jenis dasar :

$$a = (30-m)/30 = (30-12)/30 = 0,6$$

$$\begin{aligned} G_b &= G_m / (1+0,265aG_m) \\ &= 0,625 / (1+0,265 \cdot 0,6) \\ &= 0,72 \end{aligned}$$

- Berat jenis pada kadar air 15% :

$$\begin{aligned} G_{15} &= G_b / (1-0,159G_b) \\ &= 0,72 / (1 - 0,159 \cdot 0,72) \\ &= 0,81 \end{aligned}$$

- Estimasi kuat acuan berdasarkan atas berat jenis pada kadar air 15%, untuk kayu berserat lurus tanpa cacat :

$$\text{Modulus elastisitas lentur : } E_w = 16500G^{0,7} = 16500 \cdot 0,81^{0,7} = 14237 \text{ MPa}$$

$$\text{Lentur : } F_b = 17130G^{1,13} = 17130 \cdot 0,81^{1,13} = 13500 \text{ kPa}$$

$$\begin{aligned} \text{Tarik sejajar serat = tekan sejajar serat: } F_t, F_c // &= 7600G^{0,89} \\ &= 7600 \cdot 0,81^{0,89} = 6300 \text{ kPa} \end{aligned}$$

$$\text{Geser sejajar serat : } F_v = 2190G^{1,13} = 2190 \cdot 0,81^{1,13} = 1725 \text{ kPa}$$

$$\text{Tekan tegak lurus serat : } F_{c\perp} = 2160G^{2,09} = 2160 \cdot 0,81^{2,09} = 1390 \text{ kPa}$$