

**BAB III**  
**LANDASAN TEORI**

Landasan teori mengemukakan hubungan antara kuat tekan batang kayu tunggal dan kayu ganda.

**3.1 Karakteristik Kayu**

Untuk mengetahui karakteristik kayu atau bahan yang akan digunakan pada penelitian ini perlu diketahui tegangan dan kelas kuat kayu terlebih dahulu sebelum dilakukan pengujian kayu serta tegangan bahan. Di bawah ini disajikan Tabl 3.1 tentang tegangan ijin kayu mutu A sesuai dengan PKKI 1961.

**Tabel 3.1: Tegangan Ijin Kayu Mutu A**

Tegangan (kg/cm <sup>2</sup> )	Kelas Kuat					Jati ( <i>Tectonagrandits</i> )
	I	II	III	IV	V	
$\sigma_{lt}$	150	100	75	50	-	130
$\sigma_{ll} = \sigma_{tr}$	130	85	60	45	-	110
$\sigma_{lk\perp}$	40	25	15	10	-	30
$\tau_{//}$	20	12	8	5	-	15

Tegangan ijin tersebut menurut PKKI 1961 dapat ditentukan dengan korelasi berat

jenis, yaitu:  $\bar{\sigma}_l$  : 170 g .....(3.1)

$$\bar{\sigma}_{tk //} = \bar{\sigma}_{tr //} : 150 \text{ g .....(3.2)}$$

$$\bar{\sigma}_{tk \perp} : 40 \text{ g .....(3.3)}$$

$$\bar{\tau}_{//} : 20 \text{ g .....(3.4)}$$

dengan:  $g$  = berat jenis kering udara ( $\text{kg/cm}^2$ ),  
 $\bar{\sigma}_l$  = tegangan lentur ijin ( $\text{kg/cm}^2$ ),  
 $\bar{\sigma}_{tk //}$  = tegangan desak ijin sejajar arah serat ( $\text{kg/cm}^2$ ),  
 $\bar{\sigma}_{tr //}$  = tegangan tarik ijin sejajar arah serat ( $\text{kg/cm}^2$ ),  
 $\bar{\sigma}_{tk \perp}$  = tegangan desak ijin tegak lurus arah serat ( $\text{kg/cm}^2$ ), dan  
 $\bar{\tau}_{//}$  = tegangan geser ijin sejajar arah serat ( $\text{kg/cm}^2$ ).

Untuk kayu mutu B harus dikalikan dengan faktor 0,75.

### 3.1.1 Pengujian Tegangan Bahan

Pengujian tegangan bahan yang akan dilakukan meliputi pengujian kuat desak kayu. Tegangan adalah besar gaya yang bekerja pada tiap satuan luas tampang benda (Wiryoartono, 1982), dengan persamaan:

$$\sigma_{dsk} = \frac{P}{A}, \dots \dots \dots (3.5)$$

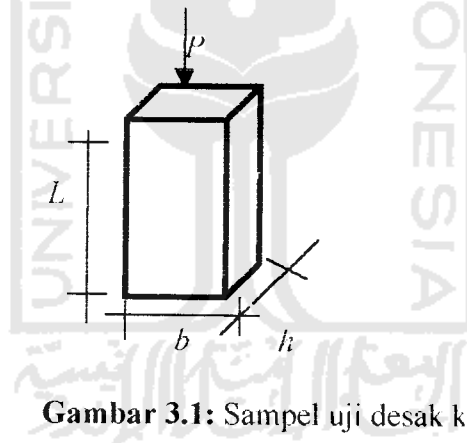
dengan :  $\sigma$  = tegangan ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ),

$P$  = gaya yang bekerja (kg), dan

$A$  = luas tampang ( $\text{cm}^2$ ).

#### - Pengujian Kuat Desak Kayu

Pengujian dilakukan dengan cara memberikan gaya searah serat kayu. Kayu yang akan diuji kuat desaknya dipasangkan ke dalam ekstensometer dan kemudian dipasang pada mesin desak untuk diberi gaya desak. Bentuk sampel kayu yang akan diuji kuat desaknya dapat dilihat pada Gambar 3.1.



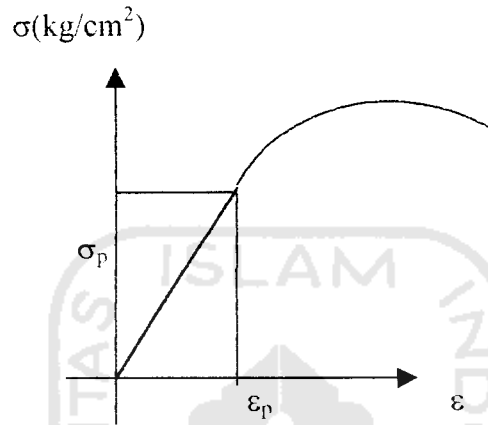
**Gambar 3.1:** Sampel uji desak kayu

#### 3.1.2 Penentuan Modulus Elastisitas (E) Kayu

Modulus elastisitas (E) kayu dapat diperoleh dari diagram regangan-tegangan uji desak kayu yaitu dengan cara membandingkan tegangan dengan regangan kayu. Grafik tegangan-regangan akan diperoleh dari hasil uji beban. (Gambar 3.2).

LOAD DURATION FACTOR

$$E = \frac{\sigma_p}{\epsilon_p} \dots\dots\dots(3.6)$$



Gambar 3.2: Grafik Tegangan-Regangan

dengan :  $E$  = modulus elastisitas ( $\text{kg/cm}^2$ ),  
 $\epsilon_p$  = regangan sebanding, dan  
 $\sigma_p$  = tegangan sebanding ( $\text{kg/cm}^2$ ).

**3.2 Faktor Lama Pembebanan**

Kayu mampu mendukung tegangan yang lebih besar jika tegangan tersebut bekerja dalam waktu yang singkat. Sebatang kayu yang dibebani selama satu jam akan dapat mendukung tegangan yang lebih besar daripada bila dibebani satu tahun. Faktor lamanya pembebanan atau *load duration factor* (LDF) ditunjukkan pada Gambar 3.3 dan Tabel 3.2.

9 jika  
 k (DL

kombinasi terakhir menjadi  $(DL + FLL + RLL)$  maka  $LDL = 1,25$ . Beban yang digunakan adalah beban terbesar dari kombinasi beban di atas (kombinasi beban dibagi dengan  $LDL$ ).

### 3.3 Grafik Tarik, Lentur dan Desak Pada Kayu

Akibat kemampuan mendukung tegangan tarik dan desak yang berbeda untuk beban lentur, kayu memiliki kuat lentur yang lebih besar terhadap dukungannya desak dan lebih kecil terhadap dukungannya tarik. Perbandingan diagram tegangan tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.4.



**Gambar 3.4:** Hubungan tegangan-regangan kayu untuk tarik, lentur dan desak.

(Suwarno, 1976)

### 3.4 Batang Desak

Yang perlu diperhatikan pada perencanaan batang desak adalah:

- luas tampang yang dipakai adalah luas bruto ( $I_{br}$ ), dan
- memperhitungkan adanya bahaya tekuk.

Gaya yang didukung oleh batang digandakan dengan faktor tekuk ( $\omega$ ), yaitu sebuah faktor yang besarnya tergantung dari kelangsingan batang ( $\lambda$ ). Sehingga untuk menghitung tegangan desak yang terjadi digunakan rumus :

$$\sigma_{ds//} = \frac{P \cdot \omega}{I \cdot br} \leq \bar{\sigma}_{ds//} \dots \dots \dots (3.7)$$

Untuk menentukan faktor tekuk ( $\omega$ ) terlebih dahulu harus menentukan angka kelangsingan ( $\lambda$ ), yaitu :

$$\lambda = \frac{l_{tk}}{i_{min}} \dots \dots \dots (3.8)$$

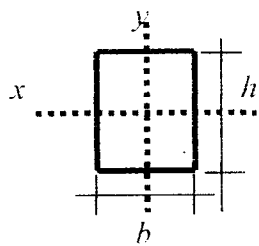
$$i_{min} = \sqrt{\frac{I_{min}}{I \cdot br}} \dots \dots \dots (3.9)$$

Untuk menentukan besarnya  $l_{tk}$ , tergantung dari  $l$  dan sifat-sifat ujung batang.

1. ujung-ujung batang bersendi, maka  $l_{tk} = l$ ,
2. sebuah ujungnya bebas dan ujung lainnya jepit, maka  $l_{tk} = 2 l$ ,
3. sebuah ujungnya sendi dan ujung lainnya jepit, maka  $l_{tk} = \frac{1}{2} \sqrt{2}$ , dan untuk konstruksi rangka batang, dianggap  $l_{tk} = l$ .

Untuk mengetahui besarnya  $\omega$  dapat dilihat dari daftar III PKKI, setelah  $\lambda$  didapat.

### 3.4.1 Batang Tunggal



$$I_y = \frac{1}{12} b^3 h$$

$$I_x = \frac{1}{12} b h^3$$

$$F_{br} = b \cdot h$$

$$i_y = 0,289 \cdot b \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} i_{\min} = i \text{ yang paling kecil}$$

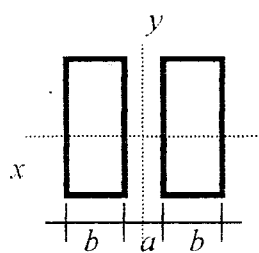
$$i_x = 0,289 h$$

**Gambar. 3.5:** Batang tunggal

Dihitung  $\lambda = \frac{l/k}{i_{\min}}$ , dari daftar tekuk didapat  $\omega$  lalu masukkan ke rumus desak (3.7).

### 3.4.2 Batang Ganda

Batang ganda terdiri dari dua batang tunggal yang diberi jarak antara. Pemberian jarak antara ini dengan maksud untuk memperbesar momen inersia yang berarti juga memperbesar daya dukung. Dari batang ganda yang terdiri dari dua bagian (Gambar 3.6), didapat  $I_x = 2 \cdot \frac{1}{12} b h^3$  dan karena  $F = 2 \cdot b h$ , maka didapat  $i_x = 0,289 h$ .



Pada sumbu bebas bahan (sumbu y)

$$I_r = \frac{1}{4} (I_t + 3 I_g)$$

$$I_t = 2 I_y + 2 F \cdot e^2 \quad \rightarrow \quad e = (a + b)/2$$

$$I_g = \frac{1}{12} h \cdot (2 \cdot b)^3$$

**Gambar 3.6:** Batang Ganda

$$i_y = \sqrt{\frac{I_r}{2F}} \quad , \quad F = b \cdot h$$

$$i_x = 0,289 h$$

$i_{\min} = i$  yang paling kecil

selanjutnya hitung  $\lambda$ , kemudian didapat  $\omega$  sehingga didapat tegangan desak, rumus (3.7).

Penyambungan antara batang-batang tersusun dengan memakai klos bermanfaat agar semua komponen bekerja sebagai satu kesatuan. Komponen geser dari beban aksial timbul ketika batang tekan melentur. Besarnya pengaruh geser terhadap pengurangan kekuatan batang desak sebanding dengan deformasi yang ditimbulkan oleh gaya geser. Apabila  $\sigma_{ds} < \sigma_E$  maka rumus Euler akan berlaku, dimana  $\sigma_E$  adalah tegangan proporsional, tetapi apabila  $\sigma_{ds} > \sigma_E$  maka rumus Euler tidak terpakai yang dipakai adalah rumus Tetmayer yang didasarkan atas hasil-hasil percobaan. Gaya tekuk dihitung berdasar rumus Euler :

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot EI}{L^2} \dots \dots \dots (3.10)$$

dimana :  $E$  = modulus elastisitas bahan,

$I$  = momen inersia, dan

$L$  = panjang batang.

Maka dalam merencanakan batang desak dianggap lebih dahulu bahwa batang itu mengikuti rumus Euler, kemudian apabila perlu ukuran-ukuran yang ditentukan menurut rumus Euler dapat dirubah.

Pada batang tersusun yang dimodifikasi dengan pengaruh geser berlaku rumus:



$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L^2} \frac{1}{1 + \frac{\beta \pi^2 EI}{AG L^2}} \dots\dots\dots(3.11)$$

$\left[ 1 + \frac{\beta \pi^2 EI}{AG L^2} \right]$  adalah modifikasi untuk pengaruh geser.

Dengan :  $\beta$  = factor untuk memperhitungkan tegangan tidak merata,

$E$  = modulus elastisitas bahan,

$I$  = momen inersia,

$L$  = panjang batang,

$G$  = modulus geser, dan

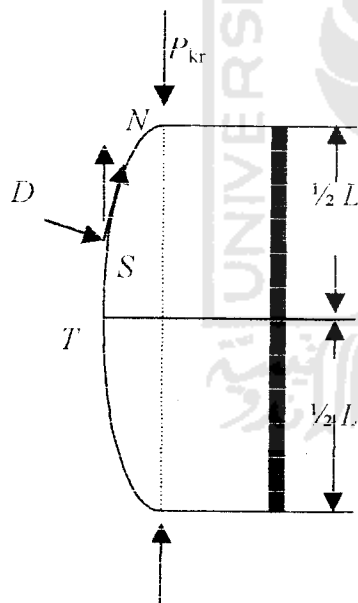
$A$  = luas penampang.

Dari rumus Euler tentang batang tersusun dapat dilihat bahwa kekuatan beban kritis pada batang tunggal dikalikan dengan suatu factor batang tersusun yang nilainya lebih kecil dari 1, sehingga menjadi suatu factor reduksi pada pembebanan batang tunggal. Dari uraian di atas, untuk batang tersusun yang mempunyai luas penampang dan kelangsingannya sama dengan luas penampang dan kelangsingan batang tunggal, beban kritisnya lebih kecil daripada beban kritis batang tunggal. Penyebabnya karena deformasi akibat beban  $P$  untuk batang tersusun lebih besar dibanding dengan deformasi batang tunggal. Beban kritis untuk batang tersusun tergantung dari luas penampang, kelangsingan, dan susunan batang penghubungnya.

### 3.5 Jarak Klos

Pengaku lateral atau klos yang berupa blok-blok spasi digunakan untuk mengikat batang-batang tunggal atau individu. Blok spasi harus memiliki ketebalan yang sama atau paling tidak sama dengan batang tunggalnya, arah seratnya harus sejajar dengan panjang kolomnya.

Jarak antara klos tidak boleh lebih dari  $l_c = 60 \cdot t_{\min}$ . Untuk perangkai yang memakai alat sambung baut, untuk  $h \leq 18$  cm tiap perangkai harus dihubungkan dengan 2 buah baut sedangkan untuk  $h > 18$  cm harus dipakai 4 buah baut. Pada batang desak, pada saat dibebani akan tertekuk seperti pada gambar berikut:



**Gambar 3.7:** Lentur pada Batang akibat Beban Desak

Setiap tampang pada batang tersebut menderita gaya  $P_{kr}$  yang berarah vertikal. Di titik  $S$  gaya ini dapat diuraikan menjadi gaya  $N$  dan  $D$  yang arahnya masing-masing sejajar dan tegak lurus batang klos perangkai yang terhubung dengan suatu

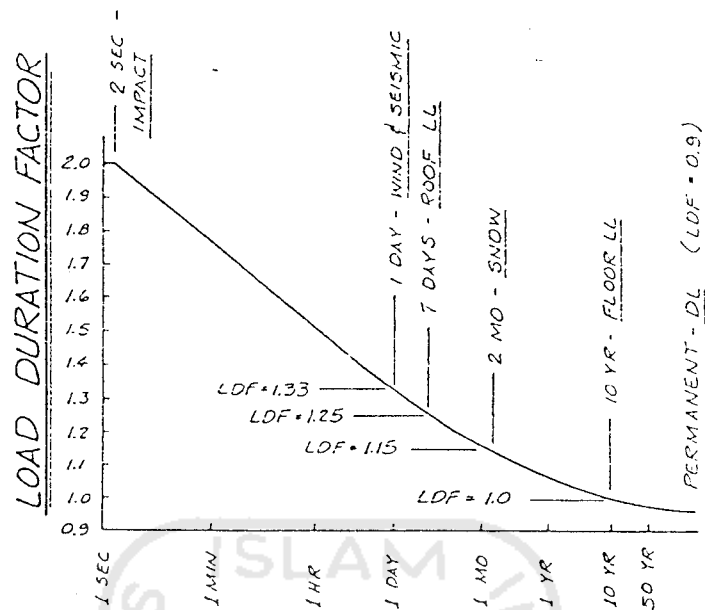
dengan lebar batang tunggalnya. Penyambungan blok spesi dengan batang-batang tunggalnya biasanya dilakukan dengan alat sambung baut atau paku.

#### **2.4 Spasi Kolom Menurut Stalnaker dan Harris (1989)**

Spasi kolom dibentuk dari dua atau lebih batang-batang individu yang dipisahkan pada ujung-ujung dan pertengahan bentang oleh blok-blok spasi. Ujung blok-blok pemisah yang memisahkan batang-batang tunggal bertugas meningkatkan kestabilan batang-batang individu penyusun. Meningkatnya kestabilan batang penyusun menyebabkan jarak antara, yang menjadi penyebab terjadinya bahaya tekuk menjadi berkurang. Oleh karena itu kekuatan batang ganda ini tidak hanya diharapkan meningkat dua kali dari kekuatan batang tunggal tetapi mungkin bisa meningkat lebih besar.

#### **2.5 Spasi Kolom Menurut Faherty (1989)**

Spasi kolom terdiri dari dua atau lebih batang-batang individu dengan batang longitudinalnya parallel dan dipisahkan di ujung serta ditengah bentang oleh blok. Batang-batang individu dihubungkan diujung-ujung batang dengan penghubung yang mampu meningkatkan kemampuan geser yang disyaratkan antara batang-batang penyusun dan balok atau klos. Jika hanya ada sebuah blok spasi yang tersedia di pusat bentang batang, hanya diperlukan baut. Apabila ada dua atau lebih blok spasi digunakan, disyaratkan menggunakan penghubung kayu (paku, baut, dll). Spasi kolom digunakan sebagai batang-batang desak dalam rangka batang dan sebagai pengaku kolom.



**Gambar 3.3:** Grafik Lama pembebanan

(Breyer, 1980)

**Tabel 3.2:** Kombinasi Beban

Kombinasi Beban	LDF
Beban mati (DL)	0,9
Beban hidup lantai (FLL)	1,0
Beban salju	1,15
Beban hidup atap (RLL)	1,25
Angin dan gempa	1,33
Beban kejut ( <i>Impact load</i> )	2,0

$LDF = 0,9$  jika kombinasi beban adalah ( $DL + FLL$ ), jika hanya  $FLL$  maka  $LDF = 1,0$ . Untuk ( $DL + FLL + Salju$ )  $LDF = 1,15$ . Dan apabila salju tidak ada,

alat sambung. Dimana alat sambung dan klos (pengaku lateral) tersebut berkewajiban mendukung gaya lintang  $D$ . Dari Gambar 3.7 terlihat bahwa di tengah-tengah batang (titik  $T$ ) gaya lintang mencapai maximumnya di dekat titik sendi.

Oleh karena itu, klos perangkai tidak diletakkan di tengah-tengah batang, karena di titik itu gaya lintangnya nol, sehingga perangkai tidak akan bekerja dengan baik. Jumlah perangkai hendaknya genap dan ditempatkan pada jarak antara yang sama. Demikian pula ujung-ujung batang harus diberi klos, karena di titik-titik itu gaya lintang mencapai maximum.

### 3.6 Rumus-rumus Sambungan Baut

Rumus-rumus yang digunakan untuk sambungan baut sesuai dengan peraturan PKKI 1961 untuk Gol. I, Gol II dan Gol III adalah sebagai berikut ini.

#### 1. Golongan I

$$\text{Sambungan bertampang satu : } \bar{P} = 50 d b_1 (1 - 0,6 \sin \alpha) \quad \dots\dots(3.12)$$

$$\lambda_{bt} = 4,8 \quad \bar{P} = 240 d^2 (1 - 0,35 \sin \alpha) \quad \dots\dots(3.13)$$

$$\text{Sambungan bertampang dua : } \bar{P} = 125 d b_3 (1 - 0,6 \sin \alpha) \quad \dots\dots(3.14)$$

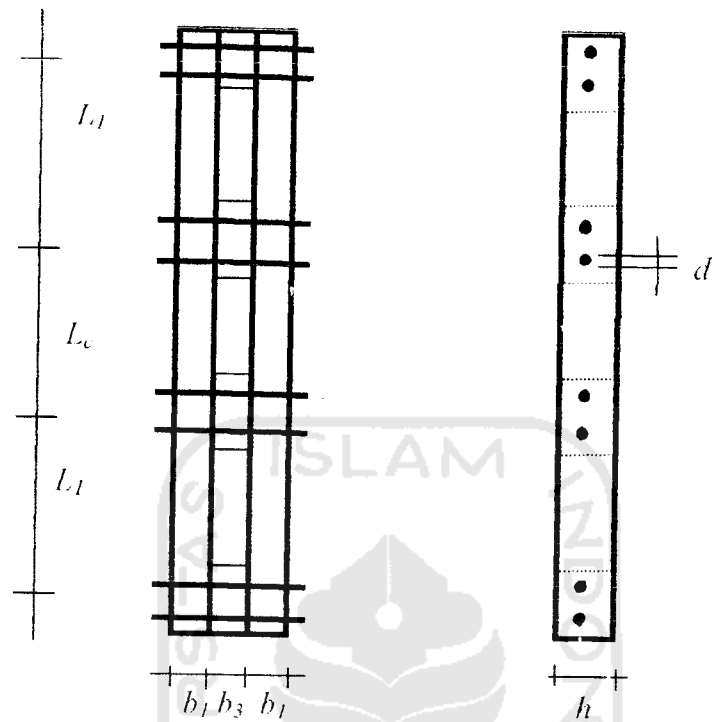
$$\lambda_{bt} = 3,8 \quad \bar{P} = 250 d b_1 (1 - 0,6 \sin \alpha) \quad \dots\dots(3.15)$$

$$\bar{P} = 480 d^2 (1 - 0,35 \sin \alpha) \quad \dots\dots(3.16)$$

#### 2. Golongan II

$$\text{Sambungan bertampang satu : } \bar{P} = 40 d b_1 (1 - 0,6 \sin \alpha) \quad \dots\dots(3.17)$$

$$\lambda_{bt} = 5,4 \quad \bar{P} = 215 d^2 (1 - 0,35 \sin \alpha) \quad \dots\dots(3.18)$$



**Gambar 3.8 :** Sambungan baut tampang dua

dengan :  $\bar{d}$  – diameter baut (cm),

$b_1$  = tebal kayu tepi (cm), dan

$b_3$  = tebal kayu tengah (cm).