DIMENSI BATANG TARIK DAN BATANG TEKAN

A. BATANG TARIK

Batang tarik adalah suatu bagian dari konstruksi yang mengalami gaya tarik aksial. Walaupun kelas kuat kayu dan bentuk dari batang tarik memerlukan perhatian, tetapi yang paling utama adalah faktor luas batang tersebut, apakah sudah mencukupi untuk memikul gaya yang bekerja padanya atau belum ?

Pada prinsipnya perhitungan kekuatan dari suatu batang tarik adalah berdasarkan rumus berikut :

$$\sigma = \frac{P}{F_{ef}}$$

Keterangan :

σ = tegangan yang timbul

P = Gaya axial-tarik

F_{ef} = Luas penampang batang effektif

Tegangan yang timbul harus lebih kecil atau sama dengan tegangan yang diijinkan, dengan demikian luas penampang effektif dapat dicari dengan rumus sebagai berikut :

$$F_{ef} = \frac{P}{\overline{\sigma}}$$

Persoalan yang harus diperhatikan adalah bagaimana menentukan luas penampang effektif pada sambungan-sambungan. Pengaruh sambungan terhadap luas penampang suatu batang tarik diantaranya berupa pengaruh lubang alat penyambung bout, paku atau pasak.

Apabila pada suatu potongan terdapat lubang-lubang, maka luas penampang efektif adalah sama dengan luas penampang seluruhnya (dalam keadaan utuh) dikurangi dengan luas lubang-lubang yang terdapat pada potongan tersebut

$$F_{ef} = F_{br} - n\,\Delta F$$

Ket :

F_{ef} = Luas penampang effektif (luas netto)

F_{br} = Luas penampang seluruhnya (luas brutto)

n = jumlah lubang-lubang perlemahan pada penampang tersebut

ΔF = luas tiap lubang perlemahan

Catatan :

F_n = luas netto → luas brutto dikurangi perlemahan

F_{ef} = luas effektif → luas netto yang dihitung dengan memperhatikan pengaruh penempatan alat penyambung

Perlemahan (ΔF) akibat alat penyambung adalah sebagai berikut : (dapat ditaksir sebesar angka-angka dibawah)

a. Paku = 10% -15%
b. Bout = 20% -25%
c. Pasak = ~ 30%
d. Pasak bulldog = 20%
e. Perekat = 0%

Untuk menaksir luas effektif F_{ef} biasanya digunakan pendekatan sebagai berikut :

1. Jika digunakan alat penyambung bout, paku atau sekerup :

$$F_{ef} = 0{,}75 - 0{,}80\ F_{brutto}$$

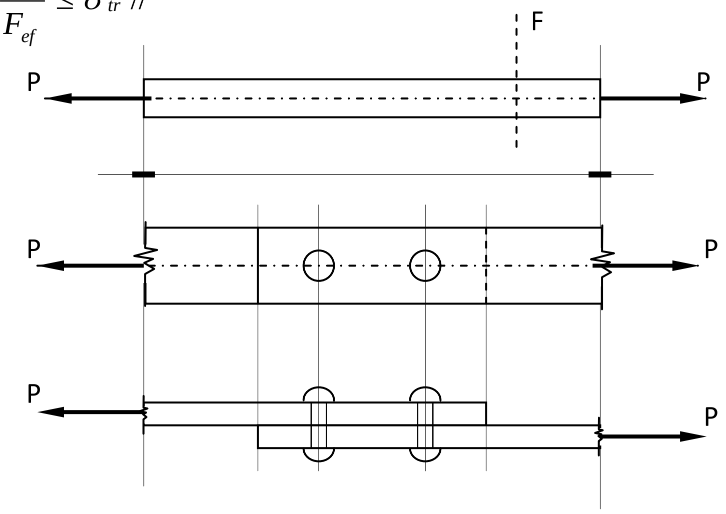
$$F_{ef} = 0{,}90\ F_{brutto}\ (untuk\ \ paku)$$

2. Jika terdapat sambungan gigi :

$$F_{ef} = 0{,}75 - 0{,}80\ F_{brutto}$$

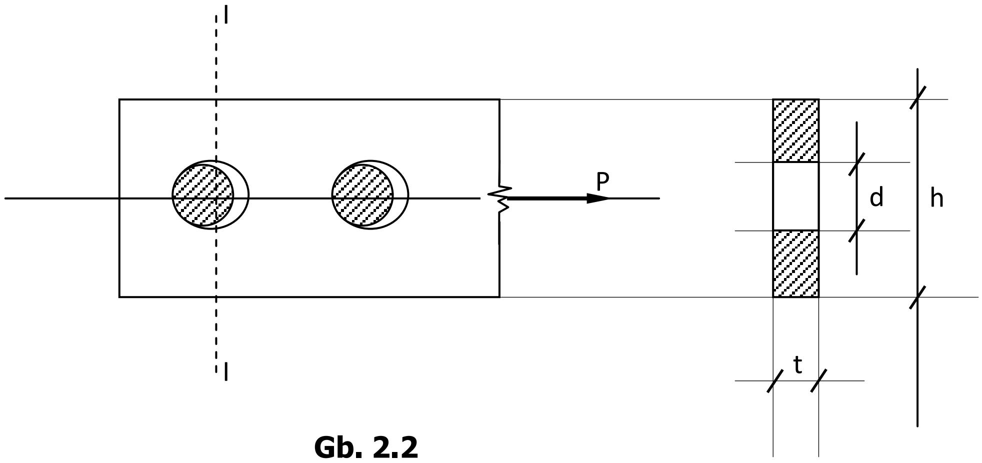
Syarat :

$$\sigma_{tr}// = \frac{P}{F_{ef}} \leq \overline{\sigma}_{tr}\ //$$



Gb. 2.1

Penampang Tarik



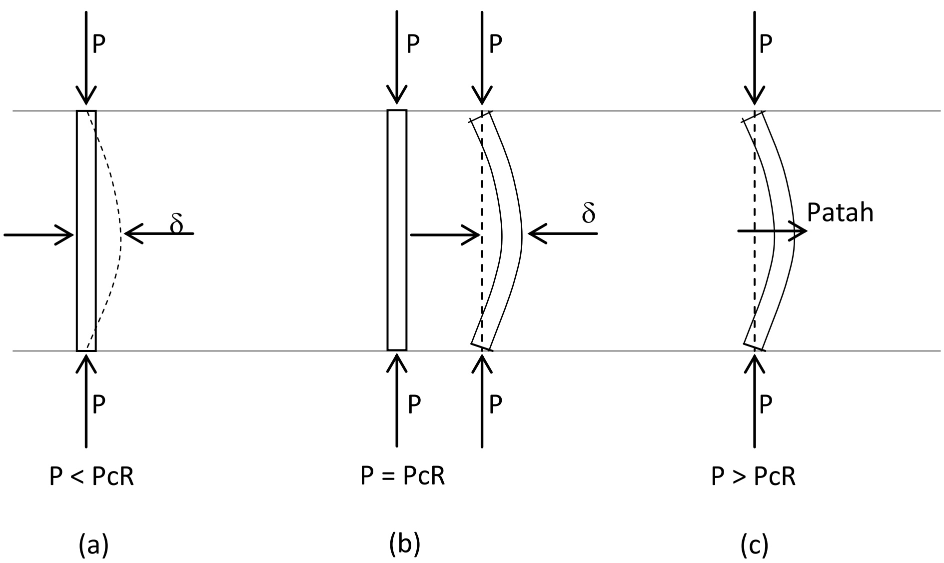
Gb. 2.2

Penampang Netto

B. BATANG TEKAN

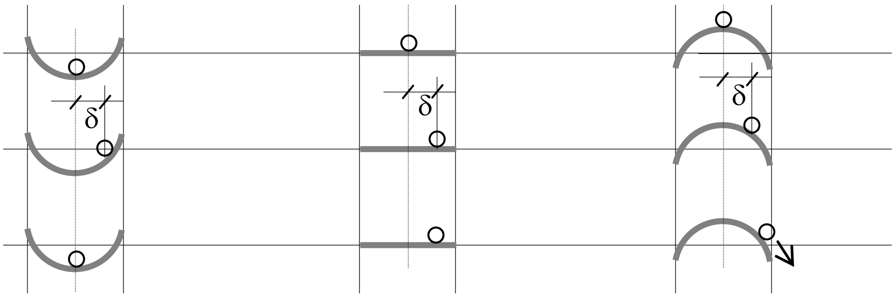
1. Karakteristik Batang Tekan

Batang tekan adalah suatu bagian dari konstruksi yang mengalami gaya tekan. Suatu batang yang menerima gaya tekan, sebelum hancur ia terlebih dahulu akan menekuk.



Gb. 2.3 a

Karakteristik Batang Tekan



Kesetimbangan Stabil

Kesetimbangan Netral

Kesetimbangan Labil

Gb. 2.3 b

Karakteristik Batang Tekan

Penjelasan gambar :

a. Batang yang langsing, yakni mempunyai perbandingan l dan b cukup besar, dibebani beban P lebih kecil dari pada P_{cr}.

Keterangan : l = panjang batang

b = lebar balok

P = gaya tekan

P_{cr} = *Critical Buckling Load* (gaya kritis)

Karakteristik batang pada keadaan ini adalah :

(1) Batang dalam keadaan kesetimbangan stabil

(2) Pada saat P bekerja, batang menekuk sebesar δ

(3) Apabila gaya P dihilangkan, batang kembali menjadi lurus seperti semula.

b. Batang dibebani gaya tekan P sama dengan gaya P_{cr}, maka karakteristik batang adalah sebagai berikut :

(1). Batang dalam keadaan kesetimbangan netral

(2). Pada saat P bekerja, batang menekuk sebesar δ

(3). Apabila gaya P dihilangkan, batang tetap pada keadaan yang baru (δ = tetap)

(4). Gaya kritis $P_{cr} = P_{tekuk} = P_{max}$ – P. yang dapat didukung oleh batang

c. Batang dibebani gaya tekan P yang lebih besar dari gaya $P_{cr,}$ maka karakteristik batang adalah :

(1). Batang dalam keadaan kesetimbangan (labil)

(2). Pada saat gaya P bekerja, batang menekuk sebesar δ

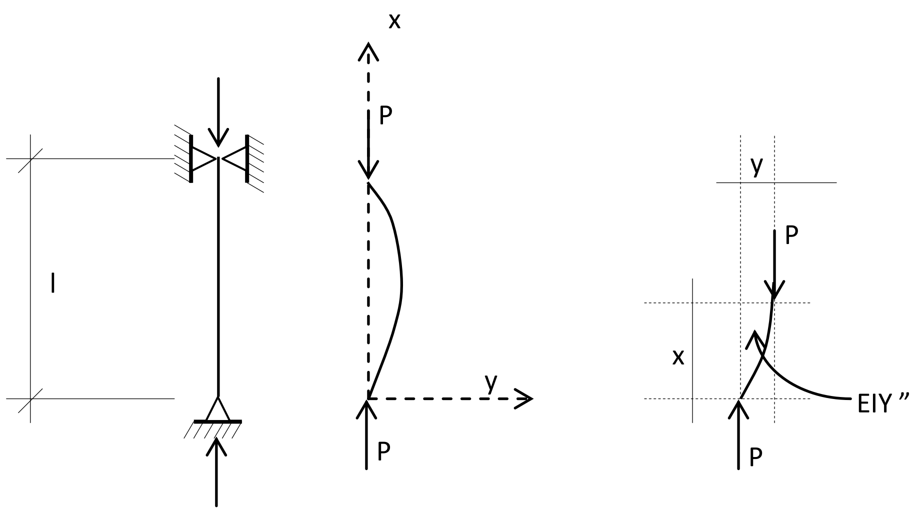
(3). Pada saat gaya P bekerja dengan berat yang konstan, maka batang akan menekuk terus menerus, sampai akhirnya menjadi patah

2. Penentuan Gaya Kritis (P_{cr})

Gaya-***axial-cocentris*** yang bekerja pada suatu batang (kolom) diteliti oleh EULER. Berikut ini uraian yang berhubungan dengan kolom EULER.

Asumsi yang dipergunakan adalah :

(1) Kolom merupakan kolom langsing yang prismatis
(2) Kolom lurus sempurna, gaya bekerja tepat pada sumbu kolom
(3) Hukum Hooke masih tetap berlaku
(4) Perletakan dibagian bawah kolom adalah tetap, sedangkan perletakan di bagian atas kolom dapat bergerak ke atas dan ke bawah tetapi tidak bergerak ke samping.



Gb. 2.4
Gaya Kritis

$M_x = -EI.y''$

$\Sigma M = 0 \rightarrow P.y = -EI\, y''$

$EI.y'' + P.y = 0$ ....(1)

Ambil $K^2 = \dfrac{P}{EI} \rightarrow y'' + K^2\, y = 0$ ....(2)

$y = e^{mx}$

Substitusikan $y = e^{mx}$ pada persamaan (2) , maka didapat :

$M = \pm\, ik$

Persamaan (2) menjadi :

$y = C_1.e^{ikx} + C_2.e^{-ikx}$

oleh karena :

$e^{-ikx} = \text{Cos } kx \pm i. \text{Sin } kx.$

Maka persamaan (2) dapat ditulis :

$y = A. \text{Sin } kx + B. \text{Cos } kx$

Syarat batas : y = 0 pada x = 0

Maka :

$Y = A. \text{Sin } kx + B. \text{Cos } kx$

$0 = A. \text{Sin } 0^o + B. \text{Cos } 0^o$

$\rightarrow B = 0$

$Y = A. \text{Sin } kx$ …………………………………………………..(3)

Untuk : Y = 0 dan x = l, maka

$0 = A. \text{Sin } k.l$

Kemungkinan A = 0 (k dan l dapat mempunyai sembarang nilai), atau :

$\text{Sin } k.l = 0 \rightarrow k.l = n. \pi$

$$k = \frac{n.\pi}{l}$$

di mana : n = 1, 2, 3 ……………………..

$$k^2 = \frac{P}{EI}$$

maka : $\dfrac{n^2.\pi^2}{l^2} = \dfrac{P}{EI}$

$$P = \frac{n^2.\pi^2.EI}{l^2}$$

Untuk n = 1, didapat rumus :

$$P = \frac{\pi^2.EI}{l^2}$$

Gaya (beban) P tersebut diatas dikenal dengan P_{EULER} atau P_E , yang merupakan beban terkecil dimana kesetimbangan netral dapat terjadi.

Walaupun pada keadaan sesungguhnya, batang (kolom) tidak selalu memenuhi asumsi seperti kolom EULER, misalnya batang tidak lurus sempurna, atau terjadi eksentrisitas antara garis kerja gaya dan garis sumbu batang, P_{EULER} masih dapat dianggap sebagai $P_{cr} = P_{kritis} = P_{tekuk}$.

Pada pembebanan kritis, tegangan yang terjadi adalah :

$$\sigma_{cr} = \frac{P_{cr}}{F}$$

$$= \frac{\pi^2.EI}{l^2F} = \frac{\pi^2.i^2.(F).E}{l^2F}$$

$$\sigma_{cr} = \frac{\pi^2.E}{\lambda^2} = \sigma_k = \text{tegangan kritis} = \text{tegangan tekuk}$$

Jika σ_{kritis} (tegangan kritis) yang terjadi masih lebih kecil daripada ***proporsional–limit***, maka harga ***E*** konstan yakni sama dengan ; ***YOUNG'S MODULUS E***.

Keadaan tersebut diatas, P. kritis dinamakan : ***ELASTIC BUCKLING LOAD***. Dengan kata lain, rumus EULER masih berlaku apabila batang yang menerima gaya-tekan tersebut cukup langsing sehingga berperilaku ELASTIS.

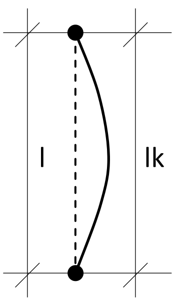
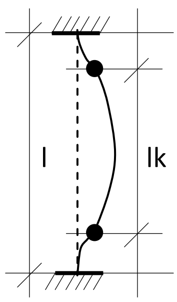
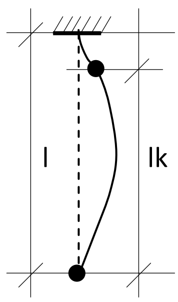
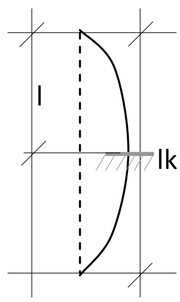
Proporsional-limit atau batas perbandingan seharga antara tegangan dan regangan, untuk kayu adalah sebesar 75% daripada tegangan-patah.

Untuk baja → ***Proporsional-limit*** : 50% σ_y (tegangan leleh)

Untuk kayu → ***Proporsional-limit*** : 75% σ_u (tegangan patah)

3. Panjang Tekuk (lk)

Panjang tekuk (panjang efektif) untuk berbagai keadaan tumpuan adalah sebagai berikut :

Jenis	Sendi-Sendi	Jepit-Jepit	Jepit-Sendi	Bebas-Jepit
l				
lk	= l	= ½ l	= 0.7 l	= 2 l
P_{cr}	$\frac{\pi^2.EI}{l^2}$	$\frac{\pi^2.EI}{\left(\frac{1}{2}l\right)^2}$	$\frac{\pi^2.EI}{(0,7l)^2}$	$\frac{\pi^2.EI}{(2l)^2}$

Keterangan : l = panjang sistim

lk = panjang tekuk

● = *INFLECTION POINT* (Titik dimana Momen = 0)

Gb. 2.5 panjang tekuk

4. Perhitungan Dengan Cara Omega Verfahren (angka tekuk ω)

4.a EULER

Rumus tegangan tekuk EULER berlaku apabila tidak melebihi tegangan proposional bahan, atau batang berperilaku elastis :

$$\sigma_K = \frac{\pi^2.E}{\lambda^2} \leq \sigma_p$$

Keterangan : σ_K = tegangan tekuk

σ_p = tegangan proporsional

π = 3,14 ……….

Apabila sebagai dasar perhitungan dipergunakan data kayu kelas–kuat II, maka dengan :

E // = 100.000 kg/cm^2

σ_p = 100 kg/cm^2 (tegangan proporsional)

$\pi^2 \approx 10$

$$\sigma_K = \frac{\pi^2.E}{\lambda^2} \rightarrow \lambda^2 = \frac{\pi^2.E}{\sigma_P} = \frac{10.100000}{100} = 10000$$

$$\lambda = 100$$

<u>Pada keadaan λ = 100</u>, merupakan batas berlakunya rumus EULER

Angka tekuk : $\omega = \dfrac{\sigma_{tk}\,//}{\sigma_K}$

Jika kayu klas II memiliki σ_{tk} // kritis = 300 kg/cm^2

Maka ;

$$\omega = \frac{300}{\frac{\pi^2.E}{\lambda^2}} = \frac{300}{\frac{10.(100000)}{\lambda^2}}$$

$$\omega = \frac{3.\lambda^2}{10^4}$$

Faktor keamanan_ diambil konstan = 3,50 = n

$$\overline{\sigma}_{tk//} = \frac{\sigma_{tk//.kritis}}{3,5} = \frac{300}{3,5} = 85,71 kg/cm^2$$

(bandingkan dengan tegangan tekuk ijin PKKI $\overline{\sigma}_{tk}\,// = 85\ {kg}/{cm^2}$)

Tegangan tekuk ijin : $\overline{\sigma}_k = \dfrac{\overline{\sigma}_{tk}//}{\omega}$

Untuk λ > 100, batang berperilaku elastis, disini berlaku rumus EULER.

Untuk λ < 100, batang berperilaku tidak elastis, disini berlaku rumus TETMAYER.

4.b TETMAYER

Garis tekuk " Tetmayer" bersifat linier, menyinggung garis tekuk EULER pada λ = 100.

Tegangan tekuk = $\sigma_K = a.\lambda + b$

$$a = \frac{d\sigma_K}{d.\lambda}$$

EULER → $a = \dfrac{d\sigma_K}{d.\lambda} = \dfrac{-\pi^2.E.(2\lambda)}{\lambda^4} = a$

$$a = \frac{-2.\pi^2.E}{\lambda^3}$$

$$a = \frac{-2(10).10^5}{10^6} = -2$$

$$\sigma_K = a\lambda + b$$
$$= -2\lambda + b$$

Apabila : $\sigma_K = \sigma_p = 100\ kg/cm^2$

$\sigma_K = -2\lambda + b$

Maka : 100 = -2(100) + b

b = 300

Angka tekuk : $\omega = \dfrac{\sigma_{tk//.kritis}}{\sigma_K} = \dfrac{300}{-2\lambda + 300}$

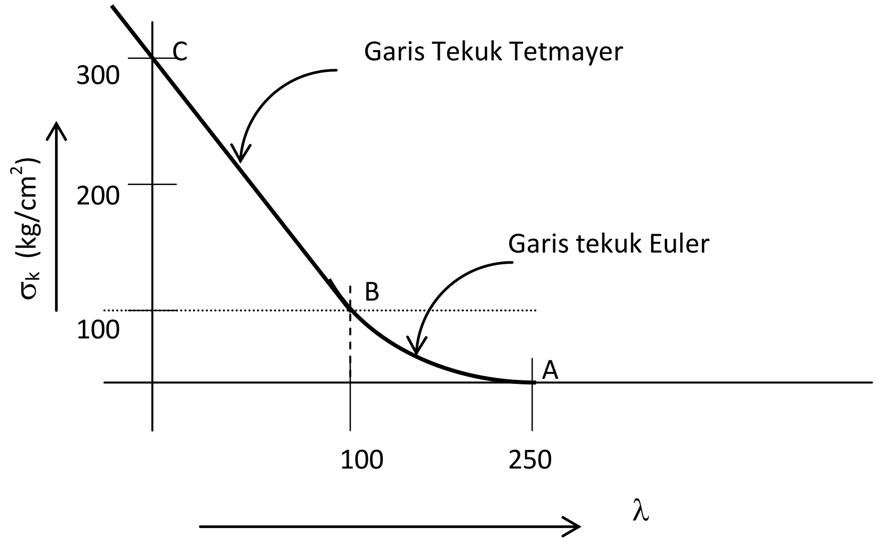
Koefesien keamanan pada daerah TETMAYER

Konstanta n = 3,5

$$\sigma_{tk} = \frac{\sigma_{tk//.kritis}}{n} = \frac{300}{3,5} = 85,71\ kg/cm^2$$

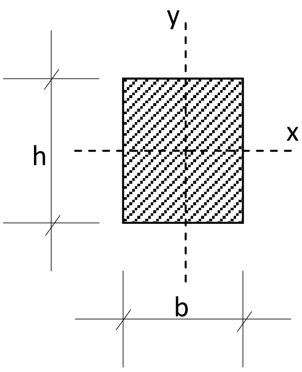
Tegangan tekuk ijin ;

$$\sigma_K = \frac{\sigma_{tk//.}}{\omega}$$



Gb. 2.6
Diagram Garis Tekuk

5. Perhitungan Tekuk dengan Cara " Pengelompokkan Panjang Batang ".



Gb. 2.7
Penampang Balok

Angka kelangsingan (λ) : $\lambda = \dfrac{lk}{i_{\min}}$

Keterangan : $i_{min} = \sqrt{\dfrac{I}{F}}$

l_k = panjang tekuk

Untuk Batang berpenampang empat persegi panjang : (b ≠ h)

$$i_{\min} = \sqrt{\frac{\frac{1}{12}.h.b^3}{b.h}} = b\sqrt{12} = 0{,}289\,b$$

Hal ini berarti bahwa , i_{min} tergantung dari lebar balok (b). Oleh karena itu angka kelangsingan dapat ditulis sebagai berikut :

$$\lambda = \frac{l_k}{b}$$

Pengelompokkan panjang batang :

(a) $0 < \frac{l_k}{b} < 11$ → batang-pendek

(b) $11 < \frac{l_k}{b} \leq K$ → batang menengah

(c) $K < \frac{l_k}{b} \leq 50$ → batang panjang (langsing).

Dengan demikian, tegangan ijin tiap keadaan panjang batang menjadi berbeda-beda.

Untuk : $0 < \frac{l_k}{b} < 11$ → batang pendek :

$$\overline{\sigma}_k = \overline{\sigma}_{tk}\ // \quad \text{(pengaruh tekuk diabaikan)}$$

Untuk : $11 < \frac{l_k}{b} \leq K$ → batang menengah :

$$k = 0{,}671\sqrt{\frac{E}{\overline{\sigma}_{tk\,//}}}$$

$$\overline{\sigma}_k = \overline{\sigma}_{tk}\ // \left[1 - \tfrac{1}{3}\left(\frac{l_k/b}{K}\right)^4\right]$$

Untuk : $K < \frac{l_k}{b} \leq 50$ → batang panjang :

$$\overline{\sigma}_k = \frac{0{,}3.E}{\left(\frac{lk}{b}\right)^2}$$

Keterangan :

$\overline{\sigma}_k$ = tegangan tekuk

$\overline{\sigma}_{tk\,//}$ = tegangan tekan // serat kayu

l_k = panjang tekuk

6. Pembebanan Gaya Normal (Bertukar)

Apabila suatu batang mengalami pembebanan bertukar yang bukan disebabkan oleh gaya-angin, maka untuk perhitungan penetapan ukuran bahan, haruslah dipergunakan gaya-gaya sebesar :

N'_{max} = [1 + 0,3 $\frac{N_{\min}}{N_{\max}}$] N_{max}

N'_{min} = [1 + 0,3 $\frac{N_{\min}}{N_{\max}}$] N_{min}

Keterangan :

N_{min} = gaya terkecil, dalam harga mutlak

N_{max} = gaya terbesar, dalam harga mutlak

7. Pembebanan Kombinasi Lentur Dan Gaya Normal

7.a Lentur dan Gaya-Normal Tarik (lihat TY LIN , hal.62)

Tegangan lentur ditepi-tepi penampang :

$$\sigma_{lt} = \frac{N}{F_n} + \frac{M}{W_n} \leq \overline{\sigma}_{lt}$$

Tegangan tarik sejajar serat kayu di titik berat penampang :

$$\sigma_{tr} // = \frac{N}{F_n} \leq \overline{\sigma}_{tr} //$$

Keterangan :

σ_{lt} = tegangan lentur

$\overline{\sigma}_{lt}$ = tegangan lentur ijin

σ_{tr} // = tegangan tarik

$\overline{\sigma}_{tr}$ // = tegangan tarik ijin

F = luas penampang

W = Momen perlawanan netto apabila pada penampang yang ditinjau terjadi pengurangan luas tampang, karena lubang-lubang alat penyambung, takikan, dll

7.b Lentur dan Gaya Normal Tekan

Tegangan tekan sejajar serat-kayu yang terjadi dapat di cari dengan formula seperti dibawah ini :

Apabila sumbu-lentur penampang sekaligus menjadi sumbu-tekuk maka tegangan tekan sejajar serat-kayu adalah sebagai berikut :

$$\sigma_{tk} // = \frac{W.N}{Fbr} + \theta \frac{n}{n-1} . \frac{M}{W} \leq \overline{\sigma}_{tk} //$$

Apabila sumbu-lentur dan sumbu-tekuk penampang saling berpotongan tegak-lurus maka tegangan tekan sejajar serat kayu adalah sebagai berikut :

$$\sigma_{tk}\,// = \frac{W.N}{Fbr} + \theta.\frac{1}{2}.\frac{M}{W} \leq \bar{\sigma}_{tk}\,//$$

Keterangan :

$$n = \frac{P_{EULER}}{N}$$

$$\theta = \frac{\bar{\sigma}_{tk}\,//}{\bar{\sigma}_{lt}}$$

Catatan :

Luas penampang netto sesuai dengan alat penyambung sebagai berikut :

Untuk hubungan dengan bout :

F_n = 0,8 F_{br}

W_n = 0,8 W_{br}

Untuk hubungan dengan gigi :

F_n = 0,75 F_{br}

W_n = 0,75 W_{br}

Untuk hubungan dengan paku (∅ > 4mm):

F_n = 0,9 F_{br}

W_n = 0,9 W_{br}

Keterangan :

F_{br} = luas penampang brutto

F_n = luas penampang netto

W_{br} = momen tahanan brutto

W_n = momen tahanan netto

DAFTAR PUSTAKA

Bambang Suryoatmono, *Struktur Kayu*, Fakultas Teknik, Universitas Parahyangan, Bandung.

Danasasmita, E.Kosasih, Struktur Kayu I, Fakultas Pendidikan Teknologi dan Kejuruan, UPI, 2004.

Danasasmita, E.Kosasih, Struktur Kayu II, Fakultas Pendidikan Teknologi dan Kejuruan, UPI, 2004.

DPMB. Dirjen Cipta Karya, *Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia*, DPMB, Dirjen Cipta Karya, DPUTL, 1978.

D.T Gunawan, *Diktat Kuliah Konstruksi Kayu*, Fakultas Teknik Sipil, Universitas Parahyangan, Bandung.

Felix Yap, K.H., *Konstruksi Kayu*, Bina Cipta, Bandung, 1965.

Frick, Heinz, *Ilmu Konstruksi Kayu*, Yayasan Kanisius, Yogyakarta, 1977.

Sadji, *Konstruksi Kayu*, Fakulytas Teknik Sipil, Institut Teknologi 10 November, Surabaya.

Soeryanto Basar Moelyono, *Pengantar perkayuan*, Yayasan Kanisius, Yogyakarta, 1974.

Susilohadi, *Struktur kayu*, Teknik Sipil, Universitas Jenderal Ahmad Yani, Bandung.

Soedibyo, *Konstruksi Kayu*, Teknik Sipil Universitas Winaya Mukti, Bandung