STRUKTUR KAYU

DESAIN BATANG LENTUR-GESER-DEFLEKSI
SNI 7973:2013

PERENCANAAN LENTUR

- Momen atau tegangan lentur aktual tidak boleh melebihi nilai desain lentur terkoreksi.
- Batang lentur direncanakan untuk dapat mendukung;
  - Gaya Momen lentur
  - Gaya Geser

$$Mu \leq M'$$

Mu = Momen lentur terfaktor
M' = Tahanan lentur terkoreksi

$$Vu \leq V'$$

Vu = Gaya geser terfaktor
V' = Tahanan geser terkoreksi

TAHANAN LENTUR

$$Mu \leq M'$$

$$M' = S_x \, F_b'$$

$$S_x = b.d/6$$

Mu = Momen lentur terfaktor
M' = Tahanan lentur terkoreksi

Sx = Modulus penampang lentur
Fb' = Kuat lentur terkoreksi

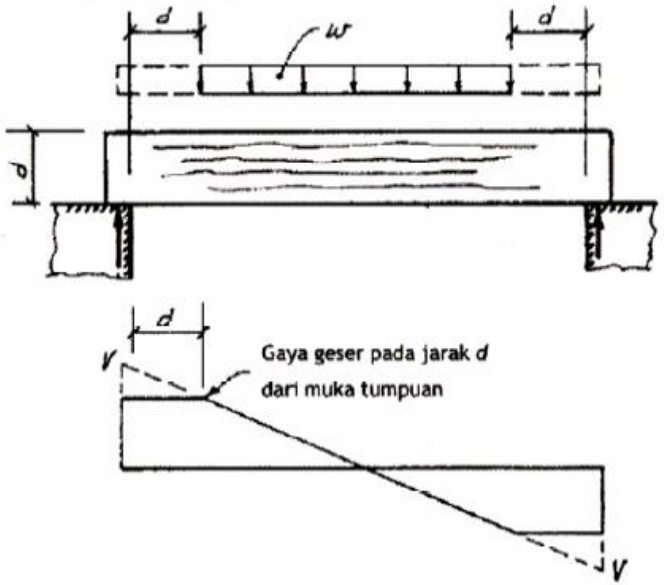
Untuk penampang segi empat
b = lebar penampang
d = tinggi penampang

TAHANAN GESER

$$Vu \leq V'$$

$$V' = \frac{2}{3} Fv'.b.d$$

Vu = Gaya geser terfaktor
V' = Tahanan geser terkoreksi



Gambar 6.2 Reduksi gaya geser sejarak tinggi balok dari muka tumpuan

Untuk penampang segi empat
F_v' = Kuat geser sejajar serat terkoreksi
b = lebar penampang
d = tinggi penampang

FAKTOR KOREKSI NILAI DESAIN ACUAN

		Hanya DTI	DTI dan DFBK										Hanya DFBK		
		Faktor Durasi Beban	Faktor Layan Basah	Faktor Temperatur	Faktor Stabilitas Balok	Faktor Ukuran	Faktor Penggunaan rebah	Faktor Tusukan	Faktor Komponen struktur Berulang	Faktor Stabilitas Kolom	Faktor Kekakuan Tekuk	Faktor Luas Tumpu	Faktor Koversi Format	Faktor Ketahanan	Faktor Efek Waktu
LENTUR MURNI	$F_b' = F_b$ x	C_D	C_M	C_t	C_L	C_F	C_{fu}	C_i	C_r	-	-	-	2,54	0,85	λ
	$F_t' = F_t$ x	C_D	C_M	C_t	-	C_F	-	C_i	-	-	-	-	2,70	0,80	λ
LENTUR GESER	$F_v' = F_v$ x	C_D	C_M	C_t	-	-	-	C_i	-	-	-	-	2,88	0,75	λ
	$F_{c\perp} = F_{c\perp}$ x	-	C_M	C_t	-	-	-	C_i	-	-	-	C_b	1,67	0,90	-
	$F_c' = F_c$ x	C_D	C_M	C_t	-	C_F	-	C_i	-	C_P	-	-	2,40	0,90	λ
	$E' = E$ x	-	C_M	C_t	-	-	-	C_i	-	-	-	-	-	-	-
	$E_{min}' = E_{min}$ x	-	C_M	C_t	-	-	-	C_i	-	-	C_T	-	1,76	0,85	-

NILAI DESAIN ACUAN

LENTUR MURNI

LENTUR GESER

Tabel 4.2.1 - Nilai Desain dan Modulus Elastisitas Lentur Acuan

Kode Mutu	Nilai Desain Acuan (MPa)					Modulus Elastisitas Acuan (MPa)	
	F_b	F_t	F_c	F_v	$F_{c\perp}$	E	E_{min}
E25	26.0	22.9	22.9	3.06	6.11	25000	12500
E24	24.4	21.5	21.5	2.87	5.74	24000	12000
E23	23.2	20.5	20.5	2.73	5.46	23000	11500
E22	22.0	19.4	19.4	2.59	5.19	22000	11000
E21	21.3	18.8	18.8	2.50	5.00	21000	10500
E20	19.7	17.4	17.4	2.31	4.63	20000	10000
E19	18.5	16.3	16.3	2.18	4.35	19000	9500
E18	17.3	15.3	15.3	2.04	4.07	18000	9000
E17	16.5	14.6	14.6	1.94	3.89	17000	8500
E16	15.0	13.2	13.2	1.76	3.52	16000	8000
E15	13.8	12.2	12.2	1.62	3.24	15000	7500
E14	12.6	11.1	11.1	1.48	2.96	14000	7000
E13	11.8	10.4	10.4	1.39	2.78	13000	6500
E12	10.6	9.4	9.4	1.25	2.50	12000	6000
E11	9.1	8.0	8.0	1.06	2.13	11000	5500
E10	7.9	6.9	6.9	0.93	1.85	10000	5000
E9	7.1	6.3	6.3	0.83	1.67	9000	4500
E8	5.5	4.9	4.9	0.65	1.30	8000	4000
E7	4.3	3.8	3.8	0.51	1.02	7000	3500
E6	3.1	2.8	2.8	0.37	0.74	6000	3000
E5	2.0	1.7	1.7	0.23	0.46	5000	2500

FAKTOR LAYAN BASAH C_M

C_M digunakan pada kondisi kadar air > 19%

Tabel 4.2.2 - Faktor Layan Basah, C_M

F_b	F_t	F_v	$F_{c\perp}$	F_c	E dan E_{min}
0,85*	1,0	0,97	0,67	0,8**	0,9

*apabila $F_b \leq 8$ MPa, $C_M = 1,0$
**apabila $F_c \leq 5,2$ MPa, $C_M = 1,0$

FAKTOR TEMPERATUR C_T

Tabel 2.3.3 Faktor Temperatur, C_t

Nilai Desain Acuan	Kondisi Kadar Air Layan[1]	C_t		
		$T \leq 38^oC$	$38^oC < T \leq 52^oC$	$52^oC < T \leq 65^oC$
F_t, E, E_{min}	Basah atau Kering	1,0	0,9	0,9
F_b, F_v, F_c, dan $F_{c\perp}$	Kering	1,0	0,8	0,7
	Basah	1,0	0,7	0,5

[1]Kondisi basah dan kering untuk kayu gergajian, glulam struktural, balok kayu I prapabrikasi, kayu komposit struktural, dan panel kayu struktural ditetapkan berturut-turut di 4.1.4, 5.1.5, 7.1.4, 8.1.4, dan 9.3.3.

FAKTOR STABILITAS BALOK C_L

3.3.3.1 Apabila tinggi komponen struktur lentur tidak melebihi lebarnya, $d \leq b$, tumpuan lateral tidak diperlukan dan $C_L = 1{,}0$.

3.3.3.2 Apabila komponen struktur lentur kayu gergajian persegi panjang ditumpu lateral dengan mengikuti ketentuan 4.4.1, maka $C_L = 1{,}0$.

3.3.3.3 Apabila tepi tekan komponen struktur lentur ditumpu di seluruh panjangnya untuk mencegah peralihan lateral, dan ujung-ujung tumpu mempunyai tumpuan lateral untuk mencegah rotasi, maka $C_L = 1{,}0$.

$$C_L = \frac{1+\left(F_{bE}/F_b^*\right)}{1{,}9} - \sqrt{\left[\frac{1+\left(F_{bE}/F_b^*\right)}{1{,}9}\right]^2 - \frac{F_{bE}/F_b^*}{0{,}95}} \qquad (3.3\text{-}6)$$

Keterangan:

F_b^* = nilai desain lentur acuan dikalikan dengan semua faktor koreksi kecuali C_{fu}, C_V, dan C_L (lihat 2.3)

$$F_{bE} = \frac{1{,}20E_{min}'}{R_B^2}$$

FAKTOR UKURAN C_F

4.3.6 Faktor Ukuran, C_F

4.3.6.1 Nilai desain lentur, tarik, dan tekan sejajar serat acuan untuk kayu dimensi yang tebalnya 50,8 mm sampai 101,6 mm yang dipilah secara visual harus dikalikan dengan faktor koreksi yang ditetapkan yaitu 1,0

4.3.6.2 Apabila tinggi komponen struktur lentur kayu gergajian yang tebalnya 127 mm atau lebih besar melebihi 305 mm dan dipilah secara visual, maka nilai desain lentur acuan, F_b, di dalam Tabel 4.2.1 harus dikalikan dengan faktor ukuran berikut:

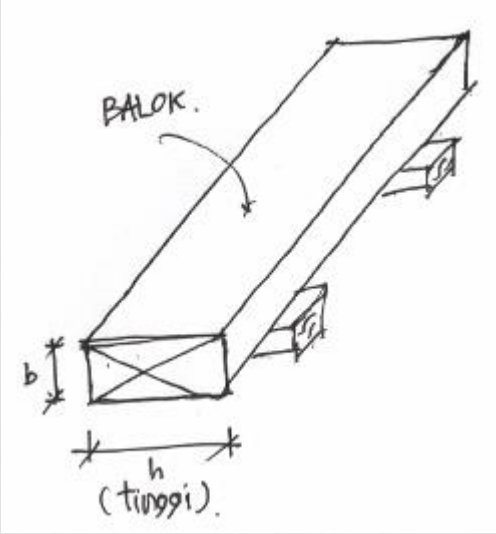
$$C_F = (305/d)^{1/9} \leq 1{,}0 \qquad (4.3\text{-}1)$$

4.3.6.3 Untuk balok dengan penampang lingkaran dan diameter lebih besar daripada 343 mm, atau untuk balok persegi 305 mm atau lebih besar yang dibebani di bidang diagonal, faktor ukuran harus ditentukan sesuai 4.3.6.2 berdasarkan balok persegi yang dibebani ekuivalen secara konvensional yang mempunyai luas penampang sama.

4.3.6.4 Nilai desain acuan untuk Dek dari semua species yang tebalnya 50,8 mm atau 76,2 mm, kecuali *Redwood*, harus dikalikan dengan faktor ukuran yang ditetapkan dalam Tabel 4E.

FAKTOR PENGGUNAAN REBAH C_{FU}

- Apabila balok diletakkan secara tidur (dimensi lebar lebih besar dari pada dimensi tebal/tinggi) sehingga menderita tegangan lentur pada sumbu lemahnya, maka tahanan lentur acuan dapat di kalikan dengan faktor koreksi penggunaan rebah (C_{fU})



Tabel 4.3.7 - Faktor Penggunaan Rebah

Lebar (tinggi) (mm)	Tebal (mm)	
	50 dan 75	100
50 dan 75	1,0	-
100	1,1	1,0
125	1,1	1,05
150	1,15	1,05
200	1,15	1,05
250 dan lebih besar	1,2	1,1

FAKTOR TUSUKAN C_i

Nilai desain acuan harus dikalikan dengan faktor tusukan, C_i berikut, apabila kayu dimensi dipotong sejajar serat pada tinggi maksimum 10,16 mm, panjang maksimum 9,53 mm, dan densitas tusukan sampai 11840/m^2. Faktor tusukan harus ditentukan dengan pengujian atau dengan perhitungan menggunakan penampang tereduksi untuk pola tusukan yang melebihi batas-batas tersebut.

Tabel 4.3.8 - Faktor Tusukan, C_i

Nilai desain	C_i
E, E_{min}	0,95
F_b, F_t, F_c, F_v	0,80
$F_{c\perp}$	1,00

FAKTOR KOMPONEN STRUKTUR BERULANG C_R

Nilai desain lentur acuan, F_b, di dalam Tabel 4A, 4B, 4C, dan 4F untuk kayu dimensi yang tebalnya 50,8 mm sampai 101,6 mm harus dikalikan dengan faktor komponen struktur berulang, C_r = 1,15 apabila komponen struktur tersebut digunakan sebagai *joist*, batang pada rangka batang, gording, dek, balok lantai, atau komponen struktur serupa yang satu sama lain berkontak atau berjarak tidak lebih dari 610 mm as ke as, banyaknya tidak kurang dari tiga, dan dihubungkan satu sama lain dengan lantai, atap, atau elemen-elemen pendistribusi beban lain yang memadai untuk memikul beban desain. (Elemen pendistribusi beban adalah sistem yang didesain atau berdasarkan pengalaman terbukti mampu menyalurkan beban desain ke komponen struktur di dekatnya, berjarak satu sama lain seperti telah disebutkan di atas, tanpa terjadinya kelemahan struktural atau defleksi berlebihan. Elemen penutup lantai dengan penggunaan sambungan lidah-dan-alur, dan penggunaan paku pada umumnya memenuhi kriteria ini.) Nilai desain lentur di dalam Tabel 4E untuk Dek yang dipilah secara visual telah dikalikan dengan faktor C_r = 1,15.

FAKTOR KONVERSI FORMAT K_F

Tabel N1 - Faktor Konversi Format, K_F (Hanya DFBK)

Aplikasi	Properti	K_F
Komponen struktur	F_b F_t F_v, F_{rt}, F_s F_c $F_{c\perp}$ E_{min}	2,54 2,70 2,88 2,40 1,67 1,76
Semua Sambungan	(semua nilai desain)	3,32

FAKTOR KETAHANAN Φ_T

Tabel N2 - Faktor Ketahanan, ϕ (Hanya DFBK)

Aplikasi	Properti	Simbol	Nilai
Komponen struktur	F_b F_t F_v, F_{rt}, F_s F_c, $F_{c\perp}$ E_{min}	ϕ_b ϕ_t ϕ_v ϕ_c ϕ_s	0,85 0,80 0,75 0,90 0,85
Sambungan	(semua)	ϕ_z	0,65

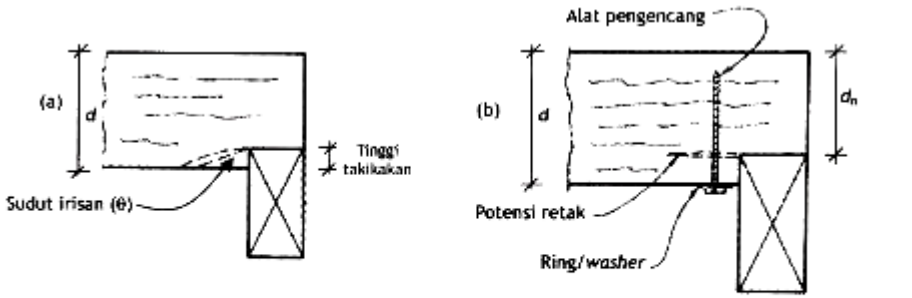
FAKTOR EFEK WAKTU λ

Kombinasi Beban[2]	λ
1,4(D+F)	0,6
1,2(D+F) + 1,6(H) + 0,5(L_r atau R)	0,6
1,2(D+F) + 1,6(L+H) + 0,5(L_r atau R)	0,7 apabila L adalah gudang 0,8 apabila L adalah hunian 1,25 apabila L adalah impak
1,2D + 1,6(L_r atau R) atau (L atau 0,8W)	0,8
1,2D + 1,6W + L + 0,5(L_r atau R)	1,0
1,2D + 1,0E + L	1,0
0,9D + 1,6W + 1,6H	1,0
0,9D + 1,0E + 1,6H	1,0

1. Faktor efek waktu, λ, lebih besar dari pada 1,0 tidak berlaku pada sambungan atau komponen struktur yang diberi perlakuan dengan vakum tekan dengan bahan pengawet larut air (lihat Referensi 30) atau kimiawi penghambat api.
2. Kombinasi beban dan faktor beban yang konsisten dengan ASCE 7 dicantumkan di sini untuk memudahkan. Beban nominal harus sesuai dengan N.1.2.

TAKIKAN PADA BALOK

- **Takikan** pada **Balok** harus di hindari, terutama yang terletak jauh dari tumpuan dan berada pada sisi tarik
- Konsentrasi tegangan yang disebabkan oleh takikan dapat dikurangi dengan menggunakan konfigurasi takikan yang di iris miring
- Takikan pada ujung balok tidak boleh melebihi ¼ tinggi balok untuk balok masif atau 1/10 tinggi balok untuk balok glulam (Kayu laminasi struktural)



Gambar 6.1 Takikan pada tumpuan ujung; (a) takikan miring, (b) penambahan alat pengencang

LENDUTAN

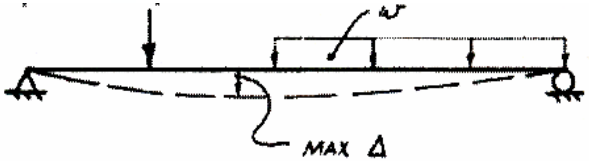
- Lendutan batang lentur ditentukan oleh banyak faktor, seperti;
  - Gaya luar
  - Bentang balok
  - Momen inersia penampang
  - Modulus elastisitas

Untuk balok lentur dengan beban merata sepanjang bentang,

$$\text{Max } \Delta = \frac{5}{384}\frac{wL^4}{E'I}$$

Untuk balok dengan beban terpusat di tengah bentang,

$$\text{Max } \Delta = \frac{1}{48}\frac{PL^3}{E'I}$$

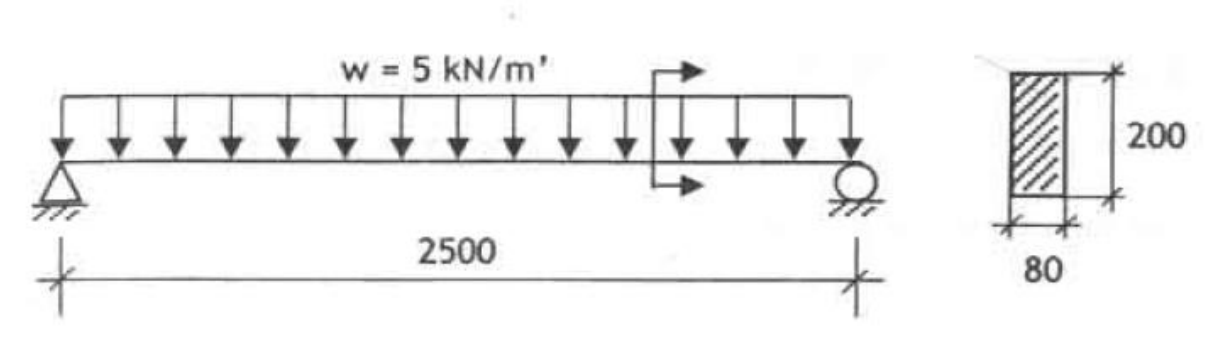


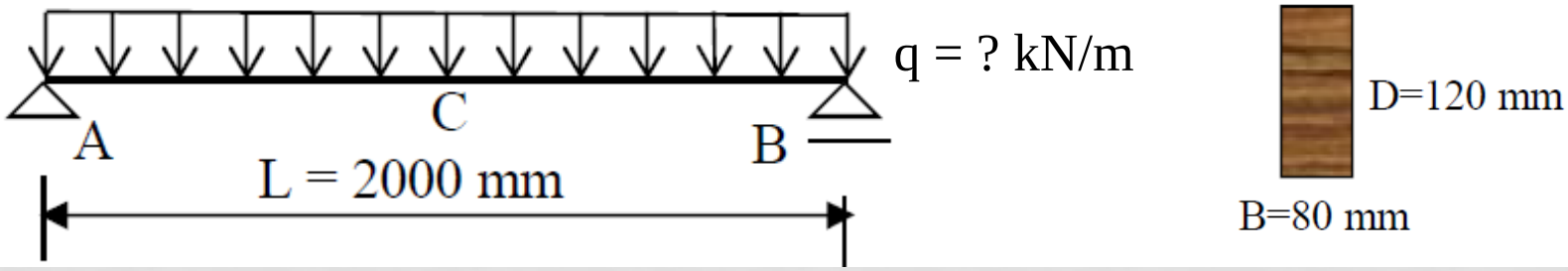
Gambar 6.4 Bentuk lendutan pada balok dengan tumpuan sederhana

- Lendutan ijin komponen batang lentur
  - Pada konstruksi terlindung = L/300
  - Pada konstruksi tidak terlindung = L/400

LATIHAN SOAL 1

- Sebuah balok sepanjang 2,5 meter mendukung beban merata q sebesar 5 kN/m' seperti gambar dibawah. Apabila digunakan dimensi balok 80x200cm dengan kode mutu E19, tunjukkan apakah balok memenuhi persyaratan tahanan lentur, geser, dan lendutan ijin.



LATIHAN SOAL 2

- Diketahui suatu balok dengan perletakan sendi-rol dengan penampang 80x120cm, panjang bentang 2 meter, kayu mutu A dengan kode mutu E19. Jika lendutan yang diijinkan 1/300 panjang bentang, Hitung:
  - 1. Besarnya beban q yang dapat diterima balok.
  - 2. Jika ada takikan pada perletakan, hitung berapa minimum harga dn (tinggi balok di perletakan) yang diperbolehkan.