



STRUKTUR KAYU

SNI 7973:2013

SAMBUNGAN MEKANIK (BAUT)

PERENCANAAN SAMBUNGAN

Nilai desain lateral acuan (Z) harus dikalikan dengan semua faktor koreksi yang berlaku untuk nilai desain lateral terkoreksi (Z'). Beban yang bekerja pada sambungan (Z_u) tidak boleh melampaui nilai desain lateral terkoreksi (Z') untuk sambungan.

$$Z_u \leq Z'$$

Z_u = Tahanan Lateral Perlu Sambungan

Z' = Tahanan Lateral Terkoreksi Sambungan

NILAI DESAIN ACUAN

	DTI	DTI dan DFBK										DFBK		
		Faktor Durasi Beban ¹	Faktor Layan Basah	Faktor Temperatur	Faktor Aksi Kelompok	Faktor Geometri ³	Faktor Kedalaman Penetrasi ³	Faktor Serat Ujung ³	Faktor Pelat Logam Samping ³	Faktor Diafragma ³	Faktor Ujung Paku ³	Faktor Konversi Format	Faktor Tahanan	Faktor Efek Waktu
												K _F		
Beban Lateral														
Pasak (contoh : baut,sekrup kunci, sekrup kayu, paku, pantek, baut dorong, pin dorong)	$Z' = Z \times$	C _D	C _M	C _t	C _B	C _Δ	-	C _{eg}	-	C _{di}	C _{tn}	3,32	0,65	λ
Pelat Geser	$Q' = Q \times$	C _D	C _M	C _t	C _B	C _Δ	C _d	-	-	-	-	3,32	0,65	λ
Keling Kayu	$P' = P \times$	C _D	C _M	C _t	-	-	-	-	C _{st} ⁴	-	-	3,32	0,65	λ
	$Q' = Q \times$	C _D	C _M	C _t	-	C _Δ ⁵	-	-	C _{st} ⁴	-	-	3,32	0,65	λ
Grid Pantek	$Z' = Z \times$	C _D	C _M	C _t	-	C _Δ	-	-	-	-	-	3,32	0,65	λ

NILAI RAGAM KELELEHAN (SATU IRISAN)

Moda kelelahan	Tahanan lateral (Z)
I_m	$Z = \frac{0,83Dt_m F_{em}}{K_\theta}$
I_s	$Z = \frac{0,83Dt_s F_{es}}{K_\theta}$
II	$Z = \frac{0,93k_1Dt_s F_{es}}{K_\theta}$
III_m	$Z = \frac{1,04k_2Dt_m F_{em}}{(1 + 2R_e)K_\theta}$
III_s	$Z = \frac{1,04k_3Dt_s F_{em}}{(2 + R_e)K_\theta}$
IV	$Z = \left(\frac{1,04D^2}{K_\theta} \right) \sqrt{\frac{2F_{em}F_{yb}}{3(1 + R_e)}}$

Dimana:

$$k_1 = \frac{\sqrt{R_e + 2R_e^2(1 + R_t + R_t^2) + R_t^2 R_e^3} - R_e(1 + R_t)}{(1 + R_e)}$$

$$k_2 = (-1) + \sqrt{2(1 + R_e) + \frac{2F_{yb}(1 + 2R_e)D^2}{3F_{em}t_m^2}}$$

$$k_3 = (-1) + \sqrt{\frac{2(1 + R_e)}{R_e} + \frac{2F_{yb}(2 + R_e)D^2}{3F_{em}t_s^2}}$$

$$R_t = t_m / t_s$$

$$R_e = F_{em} / F_{es}$$

$$K_\theta = 1 + (\theta / 360^\circ)$$

NILAI RAGAM KELELEHAN (DUA IRISAN)

Moda kelelahan	Tahanan lateral (Z)
I_m	$Z = \frac{0,83Dt_m F_{em}}{K_\theta}$
I_s	$Z = \frac{1,66Dt_s F_{es}}{K_\theta}$
III_s	$Z = \frac{2,08k_4Dt_s F_{em}}{(2 + R_e)K_\theta}$
IV	$Z = \left(\frac{2,08D^2}{K_\theta} \right) \sqrt{\frac{2F_{em}F_{yb}}{3(1 + R_e)}}$

Dimana:

$$k_4 = (-1) + \sqrt{\frac{2(1 + R_e)}{R_e} + \frac{F_{yb}(2 + R_e)D^2}{3F_{em}t_s^2}}$$

$$R_t = t_m / t_s$$

$$R_e = F_{em} / F_{es}$$

$$K_\theta = 1 + (\theta / 360^\circ)$$

NILAI RAGAM KELELEHAN

- D = Diameter Baut
- t = Tebal penampang kayu
- F_e = Kuat tumpu kayu (Mpa)
- R_t = Rasio lebar kayu (ℓ_m/ℓ_s)
- R_e = Rasio kuat tumpu (F_{em}/F_{es})
- F_{yb} = kuat lentur baut (umumnya sebesar 320 Mpa)
- ℓ_m = panjang tumpu pasak pada komponen struktur utama, mm
 ℓ_s = panjang tumpu pasak pada komponen struktur samping, mm
 F_{em} = kekuatan tumpu pasak pada komponen struktur utama, MPa (lihat Tabel 11.3.2)
 F_{es} = kekuatan tumpu pasak pada komponen struktur samping, MPa (lihat Tabel 11.3.2)

BERAT JENIS KAYU DI INDONESIA

Tabel 11.3.3.A - Berat Jenis Beberapa Kayu Indonesia

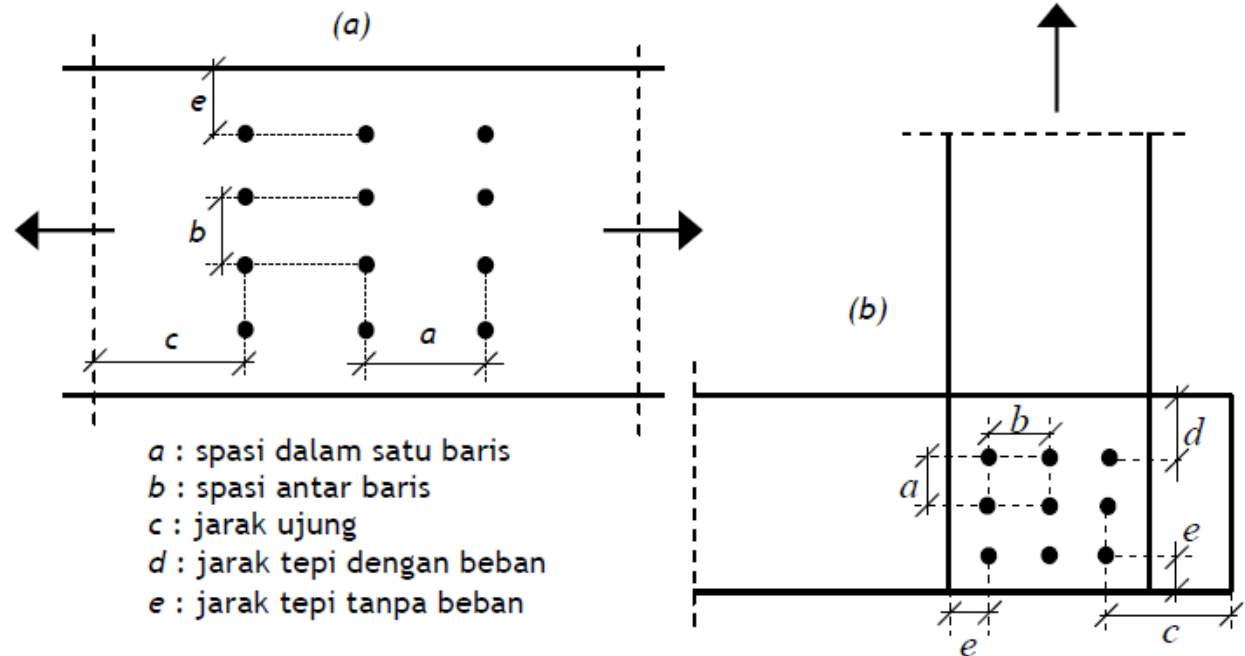
No.	Nama perdagangan	Nama botanis	Berat Jenis Kayu
1.	Akasia	<i>Acacia mangium</i>	0.52 (0.47-0.58)
2.	Bungur	<i>Lagerstroemia speciosa</i>	0.69 (0.58-0.81)
3.	Damar	<i>Agathis alba</i>	0.48 (0.43-0.54)
4.	Durian	<i>Durio zibethinus</i>	0.57 (0.42-0.69)
5.	Jabon	<i>Anthocephalus cadamba</i>	0.42 (0.29-0.56)
6.	Jati	<i>Tectona grandis</i>	0.67 (0.62-0.75)
7.	Karet	<i>Hevea brasiliensis</i>	0.59 (0.47-0.73)
8.	Kayu afrika	<i>Maesopsis eminii</i>	0.41 (0.34-0.48)
9.	Kayu manis	<i>Cinnamomum purrectum</i>	0.63 (0.40-0.86)
10.	Laban	<i>Vitex pubescens</i>	0.81 (0.72-0.87)
11.	Mahoni	<i>Swietenia macrophylla</i>	0.61 (0.53-0.67)
12.	Matoa	<i>Pometia pinnata</i>	0.77 (0.50-0.99)
13.	Meranti	<i>Shorea sp</i>	0.63 (0.47-0.83)
14.	Mindi	<i>Melia excelsa</i>	0.53 (0.48-0.57)
15.	Pasang	<i>Quercus lineata</i>	0.96 (0.90-1.10)
16.	Balobo	<i>Diplodiscus sp</i>	0.73 (0.67-0.73)
17.	Puspa	<i>Schima wallichii</i>	0.62 (0.45-0.72)
18.	Rasamala	<i>Altingia excelsa</i>	0.81 (0.61-0.90)
19.	Saninten	<i>Catanopsis argentea</i>	0.73 (0.55-0.85)
20.	Sengon	<i>Paraserianthes falcataria</i>	0.33 (0.24-0.49)
21.	Sengon buto	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	0.49 (0.39-0.57)
22.	Sonokeling	<i>Dalbergia latifolia</i>	0.83 (0.77-0.86)
23.	Sonokembang	<i>Pterocarpus indicus</i>	0.65 (0.49-0.84)
24.	Sukun	<i>Artocarpus altilis</i>	0.33 (0.24-0.54)
25.	Sungkai	<i>Peronema canescens</i>	0.63 (0.52-0.73)
26.	Suren	<i>Toona sureni</i>	0.39 (0.27-0.67)
27.	Tusam	<i>Pinus merkusii</i>	0.55 (0.40-0.75)
28.	Waru	<i>Hibiscus tiliaceus</i>	0.54 (0.36-0.64)
29.	Waru gunung	<i>Hibiscus macrophyllus</i>	0.40 (0.36-0.56)
30.	Nyamplung	<i>Calophyllum inophyllum</i>	0.69 (0.56-0.79)

KUAT TUMPU KAYU F_e

Tabel 11.3.3 - Kuat Tumpu Pasak (MPa)

Berat jenis ¹	F_e	F_{eII}	F_{eL}								
			Diameter, D (mm)								
G	<6,35	>6,35	6,35	7,94	9,53	11,11	12,70	15,88	19,05	22,22	25,40
0,73	56	51	47	42	38	35	33	29	27	25	23
0,72	55	50	46	41	37	34	32	29	26	24	23
0,71	53	50	45	40	36	34	32	28	26	24	22
0,70	52	49	44	39	36	33	31	28	25	23	22
0,69	51	48	43	38	35	32	30	27	25	23	21
0,68	49	48	42	38	34	32	30	27	24	22	21
0,67	48	47	41	37	34	31	29	26	24	22	21
0,66	47	46	40	36	33	30	28	25	23	21	20
0,65	45	46	39	35	32	30	28	25	23	21	20
0,64	44	45	38	34	31	29	27	24	22	21	19
0,63	43	44	38	34	31	28	27	24	22	20	19
0,62	41	43	37	33	30	28	26	23	21	20	18
0,61	40	43	36	32	29	27	25	23	21	19	18
0,60	39	42	35	31	29	26	25	22	20	19	18
0,59	38	41	34	31	28	26	24	22	20	18	17
0,58	37	41	33	30	27	25	24	21	19	18	17
0,57	36	40	32	29	27	25	23	21	19	17	16
0,56	34	39	32	28	26	24	22	20	18	17	16
0,55	33	39	31	28	25	23	22	20	18	16	15
0,54	32	38	30	27	25	23	21	19	17	16	15
0,53	31	37	29	26	24	22	21	18	17	16	15
0,52	30	36	28	25	23	22	20	18	16	15	14
0,51	29	36	28	25	23	21	20	17	16	15	14
0,50	28	35	27	24	22	20	19	17	16	14	13
0,49	27	34	26	23	21	20	18	17	15	14	13
0,48	26	34	25	23	21	19	18	16	15	14	13
0,47	25	33	25	22	20	19	17	16	14	13	12
0,46	24	32	24	21	19	18	17	15	14	13	12
0,45	23	32	23	21	19	17	16	15	13	12	12
0,44	22	31	22	20	18	17	16	14	13	12	11
0,43	21	30	22	19	18	16	15	14	12	12	11
0,42	20	29	21	19	17	16	15	13	12	11	10
0,41	19	29	20	18	16	15	14	13	12	11	10
0,40	19	28	19	17	16	15	14	12	11	10	10
0,39	18	27	19	17	15	14	13	12	11	10	9
0,38	17	27	18	16	15	14	13	11	10	10	9
0,37	16	26	17	16	14	13	12	11	10	9	9
0,36	15	25	17	15	14	13	12	11	10	9	8
0,35	14	25	16	14	13	12	11	10	9	9	8
0,34	14	24	15	14	13	12	11	10	9	8	8
0,33	13	23	15	13	12	11	10	9	8	8	7
0,32	12	22	14	13	11	11	10	9	8	8	7
0,31	12	22	13	12	11	10	10	8	8	7	7

GEOMETRIK SAMBUNGAN PAKU



Jarak Minimum:

- a : $4.D$ atau < 127 mm
- b : $1,5.D$ atau < 127 mm
- c : $7.D$ (tarik) atau $4.D$ (tekan)
- d : $4.D$
- e : $1,5.D$

FAKTOR LAYAN BASAH C_M

Tabel 10.3.3 - Faktor Layan Basah, C_M , untuk Sambungan

Tipe Pengencang	Kadar Air		C_M
	Saat Fabrikasi	Saat Layan	
Beban Lateral			
Konektor Cincin Belah dan Pelat Geser ¹	$\leq 19\%$	$\leq 19\%$	1,0
	$> 19\%$	$\leq 19\%$	0,8
	berapapun	$> 19\%$	0,7
Pasak (contoh : baut, sekrup kunci, sekrup kayu, paku, pantek, baut dorong, pin dorong)	$\leq 19\%$	$\leq 19\%$	1,0
	$> 19\%$	$\leq 19\%$	0,4 ³
	berapapun	$> 19\%$	0,7
Paku Keling Kayu	$\leq 19\%$	$\leq 19\%$	1,0
	$< 19\%$	$> 19\%$	0,8

FAKTOR TEMPERATUR C_t

Tabel 10.3.4 - Faktor Temperatur, C_t , untuk Sambungan

Pada Kondisi Kelembaban Layan ¹	C_t		
	$T \leq 38^\circ\text{C}$	$38^\circ\text{C} < T \leq 52^\circ\text{C}$	$52^\circ\text{C} < T \leq 65^\circ\text{C}$
Kering	1	0,8	0,7
Basah	1	0,7	0,5

1. Kondisi layan basah dan kering untuk sambungan ditetapkan pada 10.3.3.

FAKTOR AKSI KELOMPOK C_G

A_s/A_m^1	A_s (in ²)	Jumlah baut dalam satu baris						
		2	3	4	5	6	7	8
0,5	5	0,98	0,92	0,84	0,75	0,68	0,61	0,55
	12	0,99	0,96	0,92	0,87	0,81	0,76	0,70
	20	0,99	0,98	0,95	0,91	0,87	0,83	0,78
	28	1,00	0,98	0,96	0,93	0,90	0,87	0,83
	40	1,00	0,99	0,97	0,95	0,93	0,90	0,87
	64	1,00	0,99	0,98	0,97	0,95	0,93	0,91
	1	5	1,00	0,97	0,91	0,85	0,78	0,71
1	12	1,00	0,99	0,96	0,93	0,88	0,84	0,79
	20	1,00	0,99	0,98	0,95	0,92	0,89	0,86
	28	1,00	0,99	0,98	0,97	0,94	0,92	0,89
	40	1,00	1,00	0,99	0,98	0,96	0,94	0,92
	64	1,00	1,00	0,99	0,98	0,97	0,96	0,95

FAKTOR GEOMETRI C_{Δ}

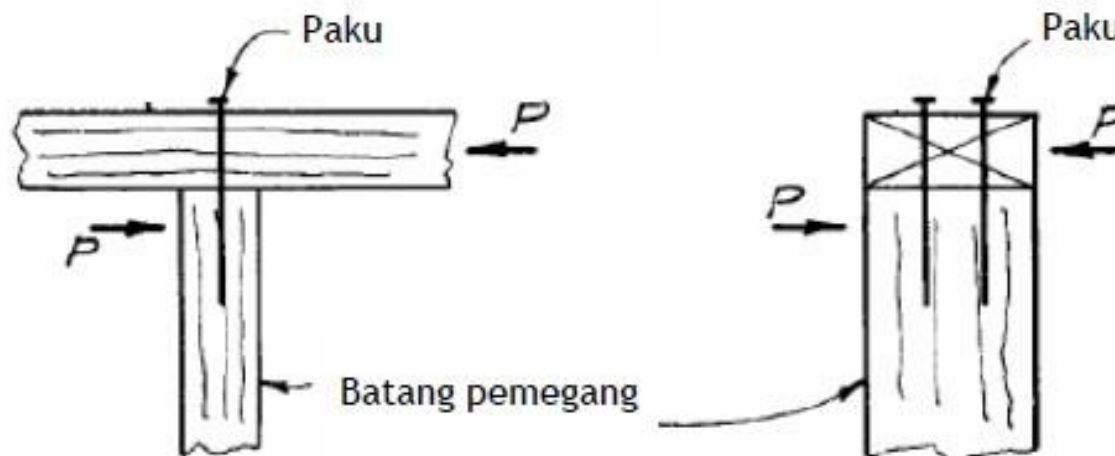
- Memenuhi syarat jarak optimum (minimum), maka nilai $C_{\Delta} = 1,00$

- Jarak Ujung ($c_{opt} = 7.D$ atau $4.D$)
 - Bila $c_{opt}/2 < c < c_{opt}$, maka $C_{\Delta} = c/c_{opt}$

- Jarak antar baris ($a_{opt} = 4.D$)
 - Bila $3.D < a < a_{opt}$, maka $C_{\Delta} = a/a_{opt}$

FAKTOR SERAT UJUNG C_{eg}

11.5.2.2 Ketika pengencang tipe-pasak dimasukkan pada serat ujung dari komponen struktur utama, dengan sumbu pengencang sejajar serat kayu, nilai desain lateral acuan, Z , harus dikalikan dengan faktor serat ujung, $C_{eg} = 0,67$.

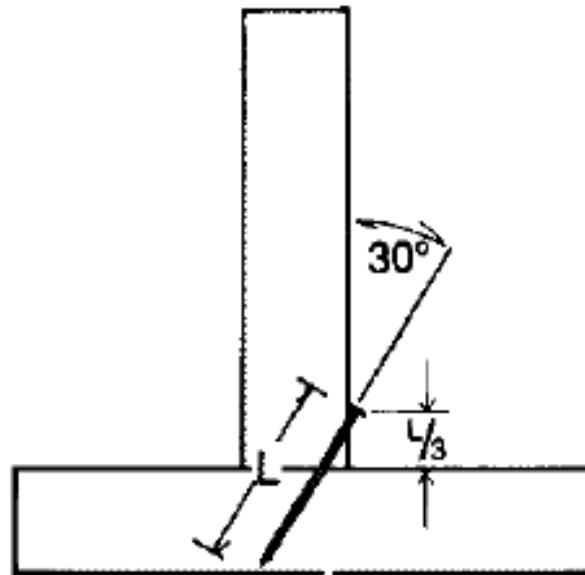


FAKTOR DIAFRAGMA C_{di}

- Faktor koreksi ini hanya berlaku untuk sambungan rangka kayu dengan plywood seperti pada struktur diafragma atau shearwall (dinding geser). Ketika paku atau spikes digunakan pada konstruksi diafragma, nilai desain lateral acuan (Z) harus dikalikan dengan faktor diafragma $C_{di} = 1,1$

FAKTOR PAKU MIRING C_{tn}

11.5.4.2 Nilai desain lateral acuan, Z , untuk sambungan paku-miring harus dikalikan dengan faktor paku-miring, $C_{tn} = 0,83$.



FAKTOR KONVERSI FORMAT K_F

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

Aplikasi	Properti	K_F
Komponen struktur	F_b	2,54
	F_t	2,70
	F_v, F_{rt}, F_s	2,88
	F_c	2,40
	F_{cL}	1,67
	E_{min}	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	ϕ_b	0,85
	F_t	ϕ_t	0,80
	F_v, F_{rt}, F_s	ϕ_v	0,75
	$F_c, F_{c\perp}$	ϕ_c	0,90
	E_{min}	ϕ_s	0,85
Sambungan	(semua)	ϕ_z	0,65

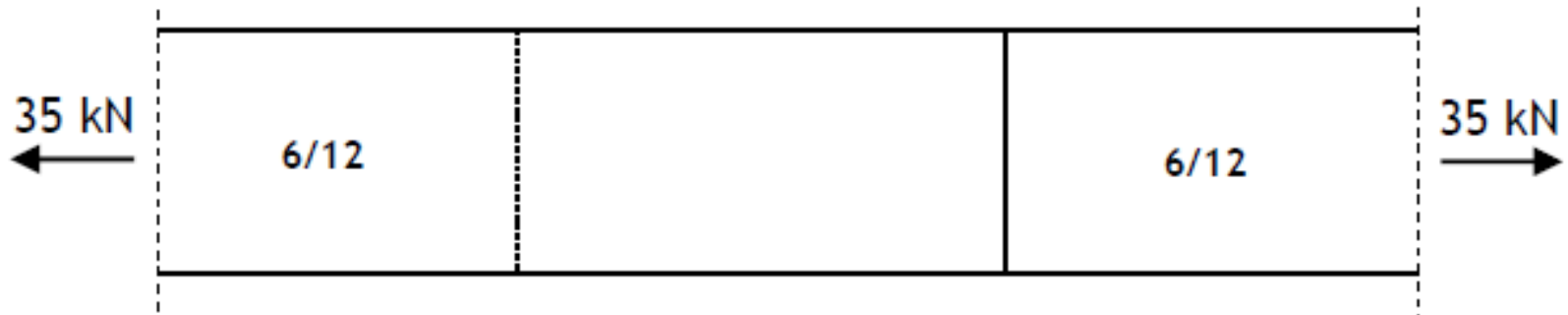
FAKTOR EFEK WAKTU λ

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.

LATIHAN SOAL 1

Sambungan kayu seperti gambar di bawah ini menggunakan kayu penyusun dengan berat jenis 0,7. Apabila digunakan baut $\frac{1}{2}$ " (12,7 mm), rencanakan jumlah dan bentuk penempatan alat sambung baut. (*Kombinasi pembebanan 1,4D*)



PEMBAHASAN SOAL 1

MENGHITUNG TAHANAN LATERAL ACUAN SATU BAUT (Z)

- Diameter baut (D) = 12,7 mm
- Sudut sambungan (θ) = 0°
- Tebal kayu samping (t_s) = 60 mm
- Tebal kayu utama (t_m) = 60 mm
- Kuat lentur baut (F_{yb}) = 320 N/mm²
- Berat jenis kayu = 0,7
- $F_{es} = F_{em} = 49 \text{ N/mm}^2$
- $R_e = F_{em}/F_{es} = 1$

PEMBAHASAN SOAL 1

NILAI RAGAM KELELEHAN

- Moda Kelelehan I_m ($Z=36645$ N)
- Moda Kelelehan I_s ($Z=36645$ N)
- Moda Kelelehan II ($Z=17008$ N)
- Moda Kelelehan III_m ($Z=17144$ N)
- Moda Kelelehan III_s ($Z=17144$ N)
- Moda Kelelehan IV ($Z=13187$ N)*

TAHANAN LATERAL ACUAN (Z)

- Tahanan lateral acuan digunakan nilai terkecil
 - $Z = 13187$ N

PEMBAHASAN SOAL 1

FAKTOR KOREKSI

- $C_M = 1$
- $C_t = 1$
- $C_G = 1$
- $C_d = 1$
- $C_{eg} = 1$
- $C_{di} = 1$
- $C_{in} = 1$
- $K_F = 3,32$ (lihat Tabel N1)
- $\phi_z = 0,65$ (lihat Tabel N2)
- $\lambda = 0,6$ (lihat Tabel N3)

TAHANAN LATERAL ACUAN TERKOREKSI (Z')

- $Z' = Z \times C_M \times C_t \times C_G \times C_d \times C_{eg} \times C_{di} \times C_{in} \times \phi_z \times \lambda$
- $Z' = 13187 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0,65 \times 0,6$
- $Z = 5148 \text{ N}$

PEMBAHASAN SOAL 1

TAHANAN LATERAL IJIN SATU BAUT (Z_u)

- $Z_u \leq Z'$
- $Z_u \leq 5148 \text{ N}$

MENGHITUNG JUMLAH KEBUTUHAN BAUT (n_f)

- $n_f = P_u / Z_u$
- $n_f = 35000 / 5148$
- $n_f = 6,8$ baut (digunakan 8 baut)

PEMBAHASAN SOAL 1

KETENTUAN PENEMPATAN ALAT SAMBUNG BAUT

- Spasi dalam satu baris (a) : $4.D = 50,8\text{mm} \approx 60\text{mm}$
- Jarak antar baris (b) : $1,5.D = 19,1\text{mm} \approx 50\text{mm}$
- Jarak ujung (c) : $7.D = 88,9\text{mm} \approx 100\text{mm}$
- Jarak tepi tdk dibebani (e) : $1,5.D = 19,1\text{mm} \approx 30\text{mm}$

