

Pertemuan IV,V,VI,VII

II. Sambungan dan Alat-Alat Penyambung Kayu

II.1 Sambungan Kayu

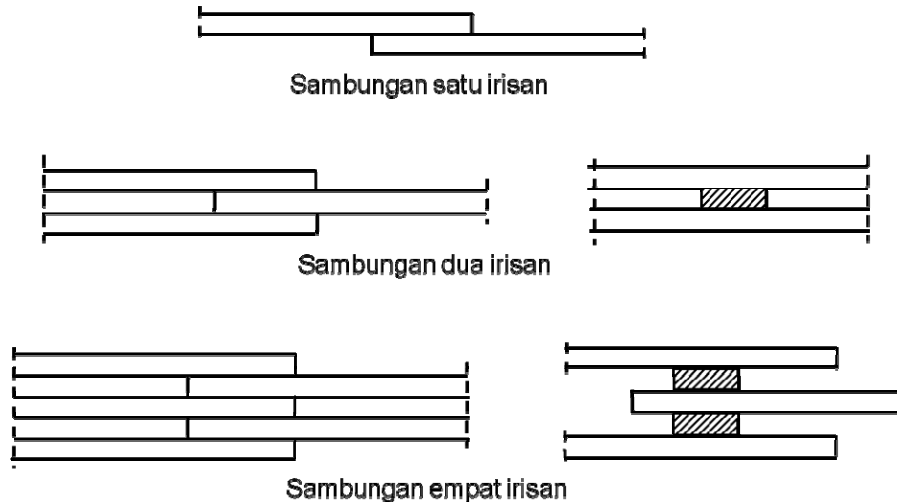
Karena alasan geometrik, konstruksi kayu sering kali memerlukan **sambungan perpanjang** untuk memperpanjang kayu atau **sambungan buhul** untuk menggabungkan beberapa batang kayu pada satu buhul/joint. Secara umum, sambungan merupakan bagian terlemah dari suatu konstruksi kayu. Kegagalan konstruksi kayu sering disebabkan oleh gagalnya sambungan dari pada kegagalan material kayu itu sendiri.

Beberapa hal yang menyebabkan rendahnya kekuatan sambungan pada konstruksi kayu, disebabkan oleh :

1. **Terjadinya pengurangan luas tampang.** Pemasangan alat sambung seperti baut, pasak dan hubungan gigi akan mengurangi luas efektif penampang kayu yang disambung, sehingga kuat dukung batangnya akan lebih rendah bila dibandingkan dengan batang yang berpenampang utuh.
2. **Terjadinya penyimpangan arah serat.** Pada buhul sering kali terjadi gaya yang sejajar serat pada satu batang, tetapi tidak sejajar serat dengan batang yang lain. Karena kekuatan kayu yang tidak sejajar serat lebih kecil dari pada yang sejajar serat, maka kekuatan sambungan harus didasarkan pada kekuatan kayu yang tidak sejajar serat (kekuatan yang terkecil).
3. **Terbatasnya luas sambungan.** Kayu memiliki kuat geser sejajar serat yang kecil, sehingga mudah patah apabila beberapa alat sambung dipasang berdekatan. Oleh karena itu, dalam penempatan alat sambung disyaratkan jarak minimal antara alat sambung agar kayu terhindar dari kemungkinan pecah. Dengan adanya ketentuan jarak tersebut, maka luas efektif sambungan (luas yang dapat digunakan untuk penempatan alat sambung) akan berkurang dengan sendirinya.

Berdasarkan jumlah dan susunan kayu yang disambung, jenis sambungan kayu dapat dibedakan atas; sambungan satu irisan (menyambungkan dua batang

kayu), sambungan dua irisan (menyambungkan tiga batang kayu), dan sambungan empat irisan (menyambungkan lima batang kayu) seperti terlihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Jenis-jenis sambungan kayu

II.2 Alat-Alat Penyambung Kayu

Pada umumnya dalam penyambungan kayu diperlukan alat-alat penyambung. Untuk memperoleh penyambungan yang kuat diperlukan alat-alat sambung yang baik dengan cirri-ciri sebagai berikut :

1. Mudah dalam pemasangannya,
2. pengurangan luas kayu yang digunakan untuk menempatkan alat sambung relative kecil atau bahkan nol,
3. Memiliki nilai banding antara kuat dukung sambungan dengan kuat ultimit batang yang disambung yang tinggi,
4. Menunjukkan perilaku pelelehan sebelum mencapai keruntuhan (daktail), serta memiliki angka penyebaran panas (*thermal conductivity*) yang rendah.

Dalam menganalisa suatu alat penyambung kayu, tahanan lateral acuan sambungan yang diijinkan (Z_u) diperoleh dari persamaan berikut :

$$Z_u = \Phi_z \cdot \lambda \cdot Z' \dots\dots\dots 2.1)$$

Dimana : Φ_z adalah faktor tahanan sambungan, $\Phi_z = 0,65$; λ adalah faktor waktu sesuai dengan jenis kombinasi pembebanan; Z' adalah tahanan lateral alat sambung (Z) yang menentukan telah dikalikan dengan faktor-faktor koreksi yang lain. Adapun beberapa faktor tahanan dan faktor waktu masing-masing diperlihatkan dalam Tabel 2.1, dan Tabel 2.2.

Tabel 2.1 Faktor Tahanan (Φ)

Jenis	Simbol	Nilai
Tekan	Φ_c	0,90
Tarik	Φ_t	0,80
Lentur	Φ_b	0,85
Geser / puntir	Φ_v	0,75
Stabilitas	Φ_s	0,85
Sambungan	Φ_z	0,65

Tabel 2.2 Faktor waktu (λ)

Kombinasi Pembebanan	Faktor Waktu (λ)
1,4D	0,6
1,4D + 1,6L + 0,5(L_a atau H)	0,7 jika L dari gudang 0,8 jika L dari ruangan umum 1,25 jika L dari kejut
1,2D + 1,6(L_a atau H) + (0,5L atau 0,8W)	0,8
1,2D + 1,3W + 0,5L + 0,5(L_a atau H)	1,0
1,2D + 1,0E + 0,5L	1,0
0,9D ± (1,3W atau 1,0E)	1,0

Disamping faktor tahanan dan faktor waktu, tahanan lateral suatu sambungan kayu juga dipengaruhi oleh faktor-faktor koreksi yang lain, yaitu :

a. Faktor koreksi masa layan

C_m adalah faktor koreksi layan basah, untuk memperhitungkan kadar air masa layan yang lebih tinggi dari pada 19% untuk kayu massif dan 16% untuk produk kayu yang dilem. Selanjutnya nilai-nilai faktor layan basah diperlihatkan dalam Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Faktor koreksi layan basah (C_m)

	F_b	F_t	F_v	$F_{c\perp}$	$F_{c//}$	E
Balok kayu	0,85*	1,00	0,97	0,67	0,8**	0,90
Balok kayu besar (125 mm x 125 mm atau lebih besar)	1,00	1,00	1,00	0,67	0,91	1,00
Lantai papan kayu	0,85*	-	-	0,67	-	0,90
Glulam (kayu laminasi struktural)	0,80	0,80	0,87	0,53	0,73	0,83

C_t adalah faktor koreksi temperatur, untuk memperhitungkan layan lebih tinggi dari pada 38°C secara berkelanjutan. Faktor koreksi temperatur diperlihatkan dalam Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Faktor koreksi temperatur (C_t)

Kondisi acuan	Kadar air pada masa layan	C_t		
		$T \leq 38^\circ\text{C}$	$38^\circ\text{C} < T < 52^\circ\text{C}$	$52^\circ\text{C} < T < 65^\circ\text{C}$
F_t, E	Basah atau kering	1,0	0,9	0,9
$F_b, F_{c//}, F_{c\perp}, F_v$	Kering	1,0	0,8	0,7
	Basah	1,0	0,7	0,5

C_{pt} adalah faktor koreksi pengawetan kayu, untuk memperhitungkan pengaruh pengawetan terhadap produk-produk kayu dan sambungan. C_{rt} adalah faktor koreksi tahan api, untuk memperhitungkan pengaruh perlakuan tahan api terhadap produk-produk kayu dan sambungan.

b. Faktor koreksi sambungan

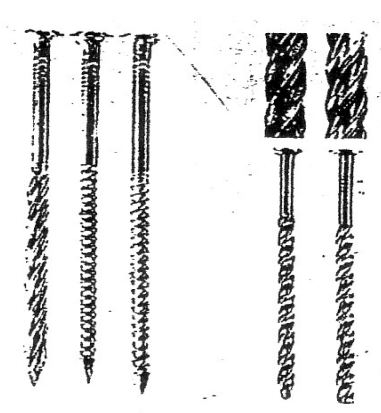
Untuk sambungan dengan alat sambung paku, baut dan cincin belah faktor koreksi dapat dilihat dalam Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Faktor koreksi untuk sambungan

Kondisi Terkoreksi	Kondisi Acuan	F_k Diafragma	F_k Aksi Kelompok	F_k Geometri	F_k Kedalaman penetrasi	F_k Serat ujung	F_k Pelat sisi	F_k Paku miring
$Z' =$	Z	C_{dl}		paku	C_d	C_{eg}		C_{tm}
$Z' =$	Z		C_g	baut				

II.2.1 Sambungan dengan paku

Alat sambungan paku sering dijumpai pada struktur dinding, lantai, dan rangka. Paku tersedia dalam bentuk dan ukuran yang bermacam-macam. Paku bulat merupakan jenis paku yang mudah diperoleh meskipun kuat dukungannya relatif lebih rendah bila dibandingkan dengan paku yang berulir (*deform*). Umumnya diameter paku berkisar antara 2,75 mm sampai 8 mm dan panjangnya antara 40 mm sampai 200 mm. Angka kelangsingan paku (nilai banding antara panjang terhadap diameter) sangat tinggi menyebabkan mudahnya paku untuk membengkok saat dipukul.



Gambar 2.2 Jenis-jenis paku ulir

Agar terhindar dari pecahnya kayu, pemasangan paku dapat didahului dengan membuat lubang penuntun yang berdiameter $0,9D$ untuk kayu dengan berat jenis diatas $0,6$ dan berdiameter $0,75D$ untuk kayu dengan berat jenis dibawah atau sama dengan $0,6$ (D adalah diameter paku). Pemasangan paku dapat dilakukan secara cepat dengan menggunakan mesin penekan (*nail fastening equipment*).

Penyambungan kayu dengan menggunakan paku, ada beberapa hal yang harus diperhatikan, antara lain :

1. Tahanan lateral acuan (Z)

Tahanan lateral acuan dari suatu sambungan yang menggunakan paku baja pada sambungan satu irisan yang dibebani tegak lurus terhadap sumbu alat pengencang dan dipasang tegak lurus terhadap sumbu komponen struktur, diambil sebagai nilai terkecil dari nilai-nilai yang dihitung menggunakan semua persamaan di bawah ini yang dikalikan dengan jumlah alat pengencang (n_f). Dan untuk dua irisan tahanan lateral acuan diambil dari dua kali tahanan acuan satu irisan yang terkecil.

- Moda kelelahan I_s : $Z = \frac{3,3Dt_s F_{es}}{K_D}$
- Moda kelelahan III_m : $Z = \frac{3,3k_1 D p F_{em}}{K_D (1 + 2R_e)}$ $k_1 = (-1) + \sqrt{2(1 + R_e) + \frac{2F_{yb}(1 + 2R_e)D^2}{3F_{em}p^2}}$
- Moda kelelahan III_s : $Z = \frac{3,3k_2 Dt_s F_{em}}{K_D (2 + R_e)}$ $k_2 = (-1) + \sqrt{\left(\frac{2(1 + R_e)}{R_e} + \frac{2F_{yb}(1 + 2R_e)D^2}{3F_{em}t_s^2}\right)}$
- Moda kelelahan IV : $Z = \frac{3,3D^2}{K_D} \sqrt{\frac{2F_{em}F_{yb}}{3(1 + R_e)}} \dots\dots\dots 2.2)$

Dimana D adalah diameter paku (mm), t_s adalah tebal kayu sekunder (mm), F_e adalah kuat tumpu paku (N/mm^2), berdasarkan berat jenis kayu (G), F_{em} adalah kuat tumpu paku kayu utama, F_{es} adalah kuat tumpu paku kayu sekunder, $R_e = \frac{F_{em}}{F_{es}}$

F_{yb} adalah kuat lentur paku (N/mm^2) berdasarkan diameter paku (D), p adalah kedalaman penetrasi efektif batang alat pengencang pada komponen pemegang (mm), dan koefisien alat sambung paku menurut ketentuan berikut:

$$K_D = 2,2 \quad \text{untuk } D \leq 4,3 \text{ mm}$$

$$K_D = 0,38D + 0,56 \quad \text{untuk } 4,3 \text{ mm} < D < 6,4 \text{ mm}$$

$$K_D = 3,0 \quad \text{untuk } D > 6,4 \text{ mm}$$

Tabel 2.6 Berbagai ukuran diameter dan panjang paku

Nama paku	Diameter paku (mm)	Panjang paku (mm)
2”BWG12	2,8	51
2,5”BWG11	3,1	63
3”BWG10	3,4	76
3,5BWG9	3,8	89
4”BWG8	4,2	102
4,5”BWG6	5,2	114

Tabel 2.7 Kuat tumpu paku (F_e) untuk berbagai nilai berat jenis kayu

	Berat Jenis Kayu (G)						
	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70
$F_e (N/mm^2)$	21,21	26,35	31,98	38,11	44,73	51,83	59,40

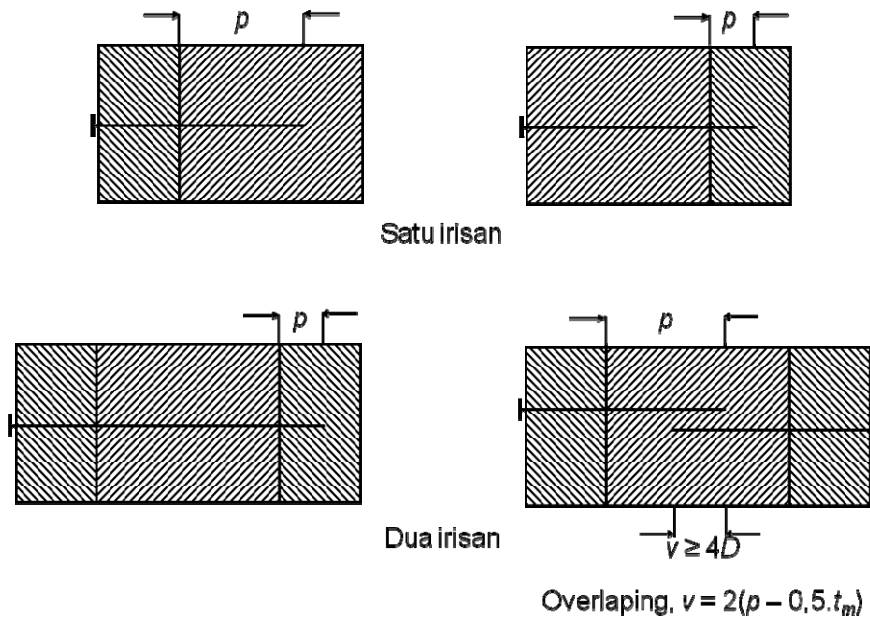
Tabel 2.8 Kuat lentur paku (F_{yb}) untuk berbagai ukuran diameter paku bulat (D)

Diameter paku (mm)	$F_{yb} (N/mm^2)$
$\leq 3,6$	689
$3,6 < D \leq 4,7$	620
$4,7 < D \leq 5,9$	552
$5,9 < D \leq 7,1$	483
$37,1 < D \leq 8,3$	414
$D \geq 8,3$	310

2. Faktor koreksi

Tahanan lateral acuan (Z) harus dikalikan dengan faktor koreksi, sebagai berikut :

a. Kedalaman penetrasi (C_d)



Gambar 2.3 Kedalaman penetrasi sambungan paku satu irisan dan dua irisan

Kedalaman penetrasi (C_d) dengan ketentuan berikut :

- untuk $p \geq 12D$ $C_d = 1,00$
- untuk $6D \leq p < 12D$ $C_d = p/12D$
- untuk $p < 6D$ $C_d = 0,00$

b. Serat ujung (C_{eg})

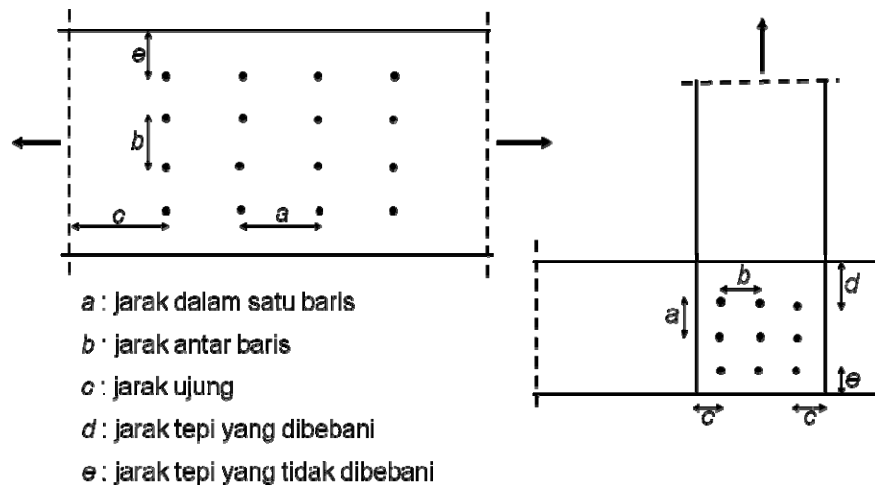
Serat ujung $C_{eg} = 0,67$ untuk alat pengencang yang ditanamkan ke dalam ujung serat kayu

c. Sambungan paku miring (C_m)

Sambungan paku miring dengan ketentuan berikut :

- $C_m = 0,83$ (untuk sambungan paku miring)
- $C_m = 1,00$ (untuk sambungan paku tegak)

3. Penempatan paku



Gambar 2.4 Penempatan paku sambungan perpanjang dan dan sambungan buhul

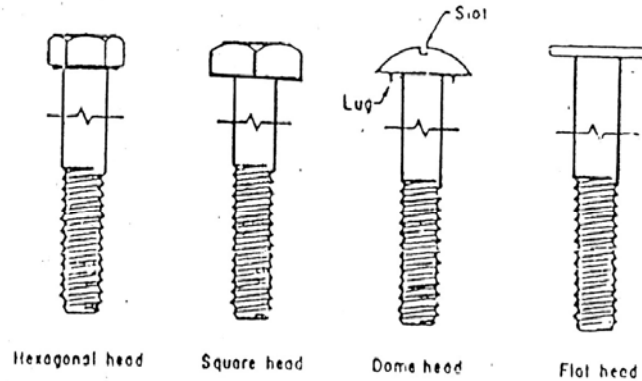
Jarak penempatan paku pada suatu sambungan didasarkan pada diameter paku (D) dengan ketentuan sebagai berikut :

- a. Jarak minimum dalam satu baris : $10D$ untuk pelat sisi dari kayu
 $7D$ untuk pelat sisi dari baja
- b. Jarak minimum antar baris : $5D$
- c. Jarak minimum ujung : - Beban tarik : $15D$ untuk pelat sisi dari kayu
 $5D$ untuk pelat sisi dari baja
 - Beban tekan : $10D$ untuk pelat sisi dari kayu
 $5D$ untuk pelat sisi dari baja
- d. Jarak minimum tepi yang dibebani : $10D$
- e. Jarak minimum tepi yang tidak dibebani : $5D$

Dimana : D adalah diameter paku

II.2.2 Sambungan dengan baut

Alat sambung baut umumnya terbuat dari baja lunak (*mild steel*) dengan kepala berbentuk *hexagonal*, *square*, *dome* atau *flat* seperti diperlihatkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Bentuk-bentuk baut

Diameter baut berkisar antara 12 mm sampai 30 mm. Untuk kemudahan memasang, lubang baut diberi kelonggaran 1 mm. Alat sambung baut biasanya digunakan pada sambungan dua irisan, dengan tebal minimum kayu samping 30 mm dan kayu tengah 40 mm dan dilengkapi dengan cincin penutup.

Penyambungan kayu dengan menggunakan baut, ada beberapa hal yang harus diperhatikan, antara lain :

1. Tahanan lateral acuan (Z)

Tahanan lateral acuan satu baut pada sambungan dua irisan yang menyambung tiga komponen ditentukan dari nilai terkecil persamaan-persamaan berikut :

- Moda kelelahan I_m : $Z = \frac{0,83D.t_m.F_{em}}{K_\theta}$
- Moda kelelahan I_s : $Z = \frac{1,66D.t_s.F_{es}}{K_\theta}$
- Moda kelelahan III_s : $Z = \frac{2,08k_3D.t_s.F_{em}}{(2+R_e)K_\theta}$ $k_3 = (-1) + \sqrt{\frac{2(1+R_e)}{R_e} + \frac{2F_{yb}(2+R_e)D^2}{3F_{em}t_s^2}}$
- Moda kelelahan IV : $Z = \left(\frac{2,08D^2}{K_\theta} \right) \sqrt{\frac{2F_{em}.F_{yb}}{3(1+R_e)}} \dots\dots\dots 2.3)$

Dimana D adalah diameter baut (mm), t_m adalah tebal kayu utama (mm), dan t_s adalah tebal kayu sekunder (mm), F_e adalah kuat tumpu baut (N/mm^2), berdasarkan diameter baut (D), berat jenis kayu (G), dan sudut gaya terhadap arah serat kayu (θ), F_{em} adalah kuat tumpu baut kayu utama, F_{es} adalah kuat tumpu baut kayu sekunder, $F_{e//} = 77,25 G$; $F_{e\perp} = 212 G^{1,45} \cdot D^{-0,5}$, $R_e = F_{em} / F_{es}$, F_{yb} adalah tahanan lentur baut, umumnya sebesar 320 N/mm^2 , $K_\theta = 1 + (\theta / 360^\circ)$.

National Design and Specification (NDS) USA untuk konstruksi kayu (1996) mendefinisikan kuat lentur baut sebagai titik perpotongan pada kurva beban *displacement* dari pengujian lentur baut dengan garis offset pada *displacement* $0,05D$ (D adalah diameter baut). *NDS* juga mengusulkan cara lain untuk menghitung kuat lentur baut yaitu nilai rerata antara tegangan leleh dan tegangan tarik ultimit pada pengujian tarik baut. Dari cara kedua, kuat lentur baut umumnya sebesar 320 N/mm^2 .

Tabel 2.9 Kuat tumpu baut (F_e) N/mm^2 untuk diameter baut 1/2" (12,7 mm)

Berat Jenis	Sudut gaya terhadap arah serat kayu θ (derajat)									
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0,50	36,63	37,98	36,24	33,87	31,35	29,05	27,17	25,82	25,00	24,72
0,55	42,49	41,86	40,16	37,80	35,26	32,91	30,96	29,54	28,68	28,39
0,60	46,35	45,74	44,09	41,77	39,24	36,86	34,87	33,40	32,51	32,21
0,65	50,21	49,63	48,03	45,77	43,28	40,90	38,89	37,40	36,48	36,17
0,70	54,08	53,52	51,99	49,81	47,37	45,03	43,02	41,52	40,59	40,27
0,75	57,94	57,42	55,96	53,88	51,52	49,23	47,25	45,76	44,83	44,51
0,80	61,80	61,31	59,95	57,97	55,72	53,50	51,58	50,11	49,19	48,88
0,85	65,66	65,21	63,94	62,06	59,96	57,85	55,99	54,57	53,67	53,37
0,90	69,53	69,11	67,94	66,23	64,24	62,26	60,50	59,13	58,27	57,98
0,95	73,39	73,01	71,96	70,39	68,57	66,72	65,08	63,80	62,99	62,71
1,00	77,25	76,92	75,98	74,58	72,93	71,25	69,74	68,56	67,81	67,55

Tabel 2.10 Kuat tumpu baut (F_e) N/mm² untuk diameter baut 5/8” (15,9 mm)

Berat Jenis	Sudut gaya terhadap arah serat kayu θ (derajat)									
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0,50	36,63	37,80	35,59	32,68	29,70	27,06	24,98	23,51	22,64	22,35
0,55	42,49	41,66	35,46	36,51	33,43	30,69	28,48	26,91	25,97	25,66
0,60	46,35	45,54	43,35	40,38	37,24	34,40	34,87	33,40	32,51	32,21
0,65	50,21	49,41	47,25	44,28	41,12	38,21	35,82	34,09	33,04	32,69
0,70	54,08	53,30	51,17	48,23	45,05	42,09	39,65	37,85	36,77	36,40
0,75	57,94	57,18	55,10	52,20	49,03	46,05	43,56	41,71	40,61	40,23
0,80	61,80	61,07	59,05	56,20	53,06	50,08	47,57	45,71	48,63	48,24
0,85	65,66	64,96	63,00	60,23	57,14	54,18	51,67	49,79	53,67	53,37
0,90	69,53	68,85	66,97	64,28	61,26	58,35	55,85	53,96	52,80	52,40
0,95	73,39	72,74	70,94	68,35	65,42	62,57	60,10	58,23	57,07	56,68
1,00	77,25	76,64	74,93	72,45	69,62	66,85	64,44	62,59	61,44	61,05

Tabel 2.11 Kuat tumpu baut (F_e) N/mm² untuk diameter baut 3/4” (19,1 mm)

Berat Jenis	Sudut gaya terhadap arah serat kayu θ (derajat)									
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0,50	36,63	37,63	35,05	31,68	28,36	25,51	23,30	21,77	20,87	20,58
0,55	42,49	41,49	38,86	35,42	31,96	28,94	26,58	24,93	23,95	23,63
0,60	46,35	45,35	42,71	39,21	35,62	32,47	29,97	28,20	27,15	26,80
0,65	50,21	49,22	46,58	43,03	39,36	36,08	33,46	31,59	30,47	30,10
0,70	54,08	53,09	50,46	46,89	43,15	39,77	37,04	35,08	33,91	33,52
0,75	57,94	56,97	54,35	50,78	46,99	43,54	40,72	38,68	37,45	37,04
0,80	61,80	60,85	58,26	54,70	50,89	47,37	44,49	42,38	41,10	40,68
0,85	65,66	64,73	62,19	58,65	54,83	51,28	48,33	46,17	44,86	44,41
0,90	69,53	68,61	66,12	62,63	58,82	55,24	52,26	50,05	48,71	48,25
0,95	73,39	72,50	70,06	66,63	62,85	59,27	56,26	54,02	52,65	52,19
1,00	77,25	76,39	74,01	70,65	66,91	63,35	60,33	58,07	56,69	56,22

Tabel 2.12 Kuat tumpu baut (F_e) N/mm² untuk diameter baut 7/8” (22,2 mm)

Berat Jenis	Sudut gaya terhadap arah serat kayu θ (derajat)									
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0,50	36,63	37,49	34,55	30,85	27,27	24,27	22,00	20,43	19,53	19,23
0,55	42,49	41,34	38,35	34,52	30,75	27,55	25,10	23,40	22,41	22,08
0,60	46,35	45,19	42,16	38,23	34,31	30,93	28,31	26,48	25,40	25,05
0,65	50,21	49,05	45,99	41,98	37,92	34,39	31,61	29,66	28,51	28,13
0,70	54,08	52,92	49,84	45,77	41,60	37,92	35,01	32,95	31,73	31,32
0,75	57,94	56,79	53,71	49,59	45,33	41,53	38,50	36,34	35,05	34,62
0,80	61,80	60,66	57,59	53,45	49,11	45,21	42,07	39,81	38,47	38,02
0,85	65,66	64,53	61,48	57,33	52,94	48,96	45,72	43,38	41,98	41,51
0,90	69,53	68,41	65,39	61,24	56,82	52,76	49,45	47,03	45,58	45,10
0,95	73,39	72,29	69,30	65,17	60,73	56,63	53,25	50,77	49,28	48,77
1,00	77,25	76,17	73,23	69,13	64,69	60,55	57,11	54,59	53,05	52,54

Tabel 2.13 Kuat tumpu baut (F_e) N/mm² untuk diameter baut 1” (25,4 mm)

Berat Jenis	Sudut gaya terhadap arah serat kayu θ (derajat)									
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0,50	36,63	37,35	34,11	30,10	26,31	23,20	20,88	19,30	18,40	18,10
0,55	42,49	41,19	37,87	33,70	29,69	26,35	23,83	22,11	21,11	20,78
0,60	46,35	45,04	41,65	37,34	33,14	29,59	26,89	25,02	23,93	23,58
0,65	50,21	48,89	45,45	41,03	36,65	32,91	30,03	28,03	26,86	26,48
0,70	54,08	52,75	49,27	44,75	40,22	36,31	33,27	31,14	29,89	29,48
0,75	57,94	56,61	53,11	48,51	43,85	39,78	36,59	34,35	33,02	32,58
0,80	61,80	60,48	56,96	52,30	47,53	43,32	40,00	37,64	36,24	35,78
0,85	65,66	64,34	60,82	56,12	51,26	46,93	43,48	41,02	39,55	39,07
0,90	69,53	68,21	64,70	59,97	55,03	50,59	47,03	44,48	42,95	42,44
0,95	73,39	72,09	68,59	63,84	58,84	54,32	50,66	48,02	46,43	45,91
1,00	77,25	75,96	72,49	67,74	62,70	58,10	54,35	51,63	50,00	49,45

2. Faktor koreksi

Tahanan lateral acuan (Z) harus dikalikan dengan faktor koreksi sebagai berikut :

a. Faktor aksi kelompok (C_g)

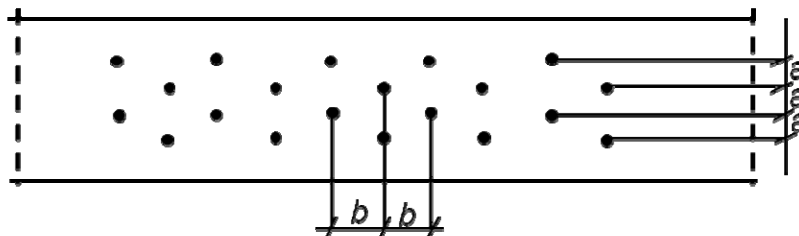
Nilai koreksi faktor aksi kelompok (C_g) menurut *National Design and Specification (NDS)* untuk struktur kayu USA dapat dilihat pada Tabel 2.14.

Tabel 2.14 Nilai Faktor Aksi Kelompok NDS of USA, 1991

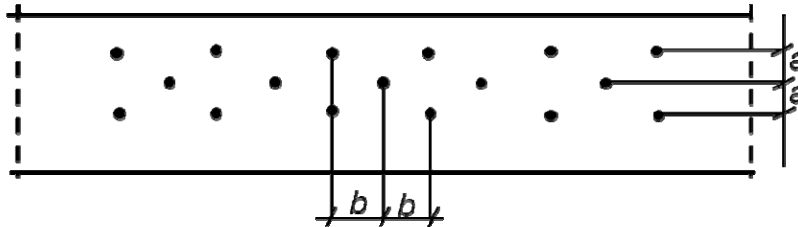
A_s/A_m	A_s (in ²)	Jumlah baut dalam satu baris										
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0,5	5	0,98	0,92	0,84	0,75	0,68	0,61	0,55	0,50	0,45	0,41	0,38
	12	0,99	0,96	0,92	0,87	0,81	0,76	0,70	0,65	0,61	0,57	0,53
	20	0,99	0,98	0,95	0,91	0,87	0,83	0,78	0,74	0,70	0,66	0,62
	28	1,00	0,98	0,96	0,93	0,90	0,87	0,83	0,79	0,76	0,72	0,69
	40	1,00	0,99	0,97	0,95	0,93	0,90	0,87	0,84	0,81	0,78	0,75
	64	1,00	0,99	0,98	0,97	0,95	0,93	0,91	0,89	0,87	0,84	0,82
	1	5	1,00	0,97	0,91	0,85	0,78	0,71	0,64	0,59	0,54	0,49
1	12	1,00	0,99	0,96	0,93	0,88	0,84	0,79	0,74	0,70	0,65	0,61
	20	1,00	0,99	0,98	0,95	0,92	0,89	0,86	0,82	0,78	0,75	0,71
	28	1,00	0,99	0,98	0,97	0,94	0,92	0,89	0,86	0,83	0,80	0,77
	40	1,00	1,00	0,99	0,98	0,96	0,94	0,92	0,90	0,87	0,85	0,82
	64	1,00	1,00	0,99	0,98	0,97	0,96	0,95	0,93	0,91	0,90	0,88

- Catatan : 1. Bila $A_s / A_m > 1,0$ maka digunakan A_m / A_s
 2. Nilai pada tabel ini cukup aman untuk diameter baut < 1 inchi

Jika alat pengencang pada baris-baris yang berdekatan dipasang secara berselang seling, maka C_g dihitung seperti gambar di bawah ini.



Jika $b/4 > a$, maka kelompok alat sambung baut di atas dianggap terdiri dari 2 baris dengan 10 baut tiap satu baris. Tetapi bila $b/4 < a$, maka kelompok alat sambung di atas dianggap terdiri 4 baris dengan 5 baut tiap baris.



Jika $b/4 > a$, maka kelompok alat sambung baut di atas dianggap terdiri dari 2 baris dengan baris pertama terdiri dari 10 baut tiap satu baris dan baris kedua terdiri dari 5 baut. Sedangkan jika $b/4 < a$, maka kelompok alat sambung di atas dianggap terdiri 4 baris dengan 5 baut tiap satu baris.

b. Faktor koreksi geometri (C_{Δ})

Faktor koreksi geometri (C_{Δ}) adalah nilai terkecil dari faktor-faktor geometri yang disyaratkan :

- Jarak ujung :

$$C_{\Delta} = 1,00 \text{ untuk } a \geq a_{opt}$$

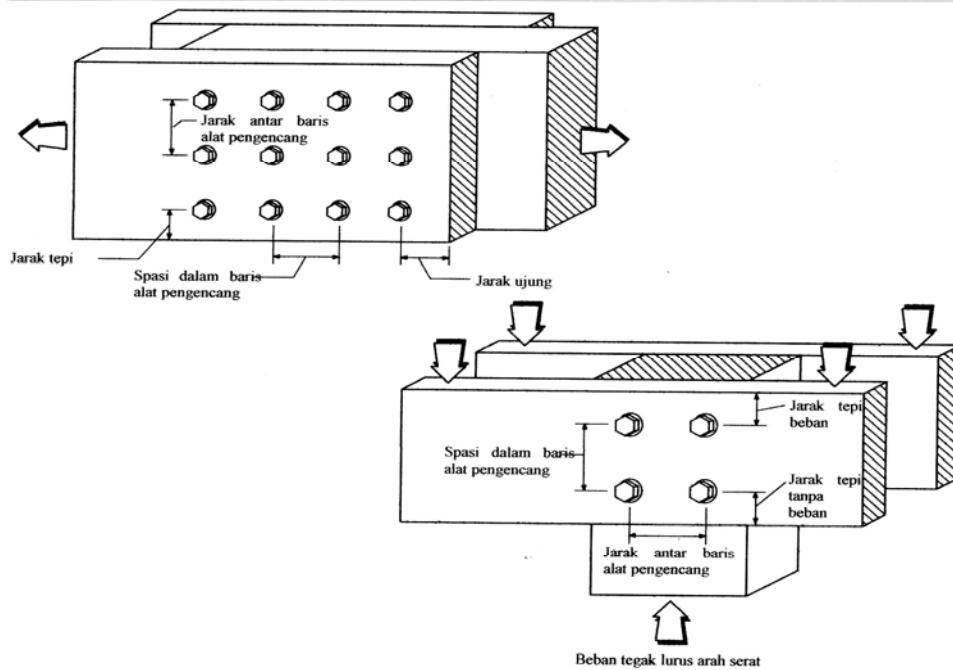
$$C_{\Delta} = a / a_{opt} \text{ untuk } a_{opt} / 2 \leq a < a_{opt}$$

- Jarak dalam baris alat pengencang :

$$C_{\Delta} = 1,0 \text{ untuk } s \geq s_{opt}$$

$$C_{\Delta} = s / s_{opt} \text{ untuk } 3 D \leq s < s_{opt}$$

3. Penempatan baut



Gambar 2.6 Penempatan Baut

Tabel 2.15 Jarak penempatan baut

Beban sejajar arah serat	Ketentuan dimensi minimum
Jarak tepi (b_{opt}) $l_m / D \leq 6$ $l_m / D > 6$	1,5 D yang terbesar dari 1,5 D atau $\frac{1}{2}$ jarak antar baris alat pengencang tegak lurus serat
Jarak ujung (a_{opt}) Komponen tarik Komponen tekan	7 D 4 D
Spasi (S_{opt}) Spasi dalam baris alat pengencang	4 D
Jarak antar baris alat pengencang	1,5 $D < 127$ mm

Beban tegak lurus arah serat	Ketentuan dimensi minimum
Jarak tepi (b_{opt})	
Tepi yang dibebani	$4 D$
Tepi yang tidak dibebani	$1,5 D$
Jarak ujung (a_{opt})	$4 D$
Spasi (S_{opt})	
Spasi dalam baris alat pengencang	
Jarak antar baris alat pengencang :	$2,5 D$
$l_m / D \leq 2$	$(5 l_m + 10 D) / 8$
$2 < l_m / D < 6$	$5 D$
$l_m / D \geq 6$	

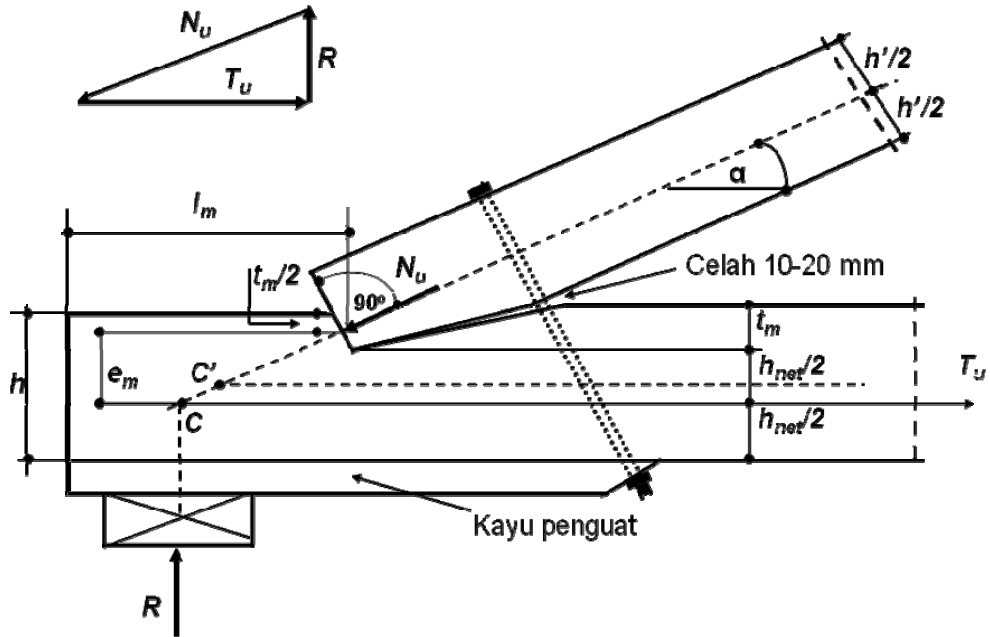
Catatan :

- l_m adalah panjang pasak baut pada komponen utama pada suatu sambungan atau panjang total baut pada komponen sekunder (I_s) pada suatu sambungan, $l_m = 2 I_s$
- Diperlukan spasi yang lebih besar untuk sambungan yang menggunakan ring.
- Spasi tegak lurus arah serat antar alat-alat pengencang terluar pada suatu sambungan tidak boleh melebihi 127 mm, kecuali bila digunakan pelat penyambung khusus atau bila ada ketentuan mengenai perubahan dimensi kayu.

II.2.3 Sambungan gigi

Sambungan gigi mempunyai fungsi utama untuk mendukung beban desak. Sambungan gigi diperoleh dengan cara membuat takikan pada bagian peretemuan kayu. Sambungan gigi termasuk sambungan tradisional, penyaluran beban pada sambungan dilakukan tanpa alat sambung tetapi dengan memanfaatkan luas bidang kontak kayu. Berdasarkan besarnya kemampuan dukung beban desak, sambungan gigi ada dua macam, yaitu sambungan gigi tunggal dan sambungan gigi majemuk/rangkap.

1. Sambungan gigi tunggal



Gambar 2.7 Sambungan gigi tunggal

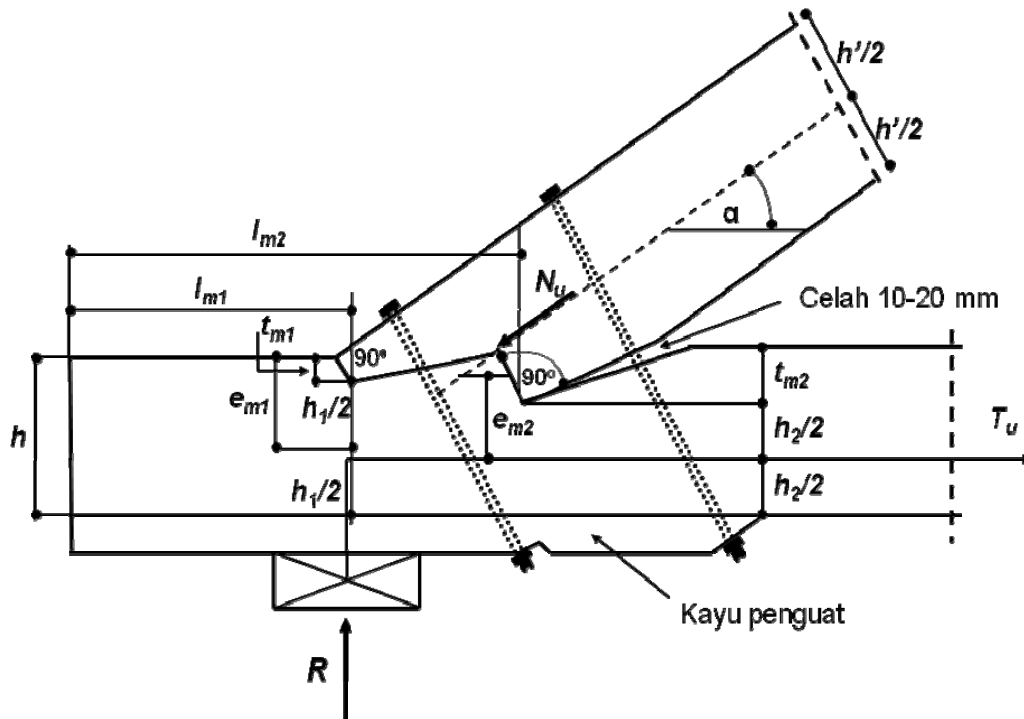
Pada sambungan gigi tunggal, dalamnya gigi (t_m) tidak boleh melebihi $1/3h$, dimana h adalah tinggi komponen struktur mendatar. Panjang kayu muka (l_m) harus memenuhi lebih besar atau sama dengan $1,5h$ dan tidak boleh kurang dari 200 mm. Pada bagian pertemuan (takikan), kayu diagonal harus dipotong menyiku dengan sudut 90° .

Tahanan geser pada bagian kayu muka dihitung dengan persamaan berikut:

$$N_u \cos \alpha \leq \lambda \cdot \phi_v \frac{l_m \cdot b \cdot F'_v}{1 + 0,25 \frac{l_m}{e_m}} \dots\dots\dots 2.4)$$

Dimana N_u adalah gaya tekan terfaktor, α adalah sudut antara komponen struktur diagonal terhadap komponen struktur mendatar, ϕ_v adalah faktor tahanan geser, $\phi_v = 0,75$, λ adalah faktor waktu sesuai dengan jenis pembebanan, l_m adalah panjang kayu muka, b adalah lebar komponen struktur mendatar, F'_v adalah kuat geser sejajar serat terkoreksi, e_m adalah eksentrisitas pada penampang netto akibat adanya lubang sambungan, $e_m = 0,5 (h - t_m) + 0,5 t_m \dots\dots\dots 2.5)$

2. Sambungan gigi majemuk/rangkap



Gambar 2.8 Sambungan gigi majemuk/rangkap

Apabila gaya tekan terfaktor (N_u) melebihi kemampuan dukung sambungan gigi tunggal, maka dibuat sambungan gigi majemuk/rangkap. Sambungan gigi majemuk/rangkap juga disarankan untuk sudut sambungan melebihi 45° . Pada sambungan gigi majemuk/rangkap terdapat dua gigi dan dua panjang kayu muka yang masing-masing diatur sebagai berikut :

dalamnya gigi pertama $t_{m1} \geq 30 \text{ mm}$

dalamnya gigi kedua $t_{m2} \geq t_{m1} + 20 \text{ mm}$

$$t_{m2} \leq 1/3 h$$

panjang kayu muka pertama $l_{m1} \geq 200 \text{ mm}$

$$l_{m1} \geq 4 t_{m1}$$

panjang kayu muka kedua $l_{m2} \geq l_{m1} + (0,5h / \sin\alpha) + t_{m2} \cdot \text{tg}\alpha$ 2.6)

yang mana h adalah tinggi komponen struktur mendatar.

Tahanan geser pada bagian kayu muka pertama dihitung dengan persamaan berikut :

$$1,25N_u \cos \alpha \frac{F_{m1}}{F_{m1} + F_{m2}} \leq \lambda \cdot \phi_v \frac{l_{m1} \cdot b \cdot F'_v}{1 + 0,25 \frac{l_{m1}}{e_{m1}}} \dots\dots\dots 2.7)$$

Tahanan geser pada bagian kayu muka kedua dihitung dengan persamaan berikut :

$$N_u \cos \alpha \leq \lambda \cdot \phi_v \frac{l_{m2} \cdot b \cdot F'_v}{1 + 0,25 \frac{l_{m2}}{e_{m2}}} \dots\dots\dots 2.8)$$

Tahanan geser yang menentukan diambil nilai terkecil dari dua persamaan di atas.

Dimana N_u adalah gaya tekan terfaktor, α adalah sudut antara komponen struktur diagonal terhadap komponen struktur mendatar, Φ_v adalah faktor tahanan geser, λ adalah faktor waktu sesuai dengan jenis pembebanan, l_{m1} adalah panjang kayu muka pertama, l_{m2} adalah panjang kayu muka kedua, l_m adalah panjang kayu muka rerata ; $l_m = 0,5 (l_{m1} + l_{m2})$ 2.9)

b adalah lebar komponen struktur mendatar, F'_v adalah kuat geser sejajar serat terkoreksi, e_m adalah eksentrisitas rerata pada penampang netto akibat adanya lubang sambungan, e_{m1} adalah eksentrisitas bagian kayu muka pertama pada penampang netto akibat adanya lubang sambungan ; $e_{m1} = 0,5 (h - t_{m1}) + 0,5 t_{m1}$ 2.10)

e_{m2} adalah eksentrisitas bagian kayu muka kedua pada penampang netto akibat adanya lubang sambungan ; $e_{m2} = 0,5 (h - t_{m2}) + 0,5 t_{m2}$ 2.11)

e_m adalah eksentrisitas rerata ; $e_m = 0,5 (e_{m1} + e_{m2})$ 2.12)

F_{m1} adalah luas bidang tumpu bagian kayu pertama = $(b \cdot t_{m1}) / \cos \alpha$ 2.13)

F_{m2} adalah luas bidang tumpu bagian kayu kedua = $(b \cdot t_{m2}) / \cos \alpha$ 2.14)

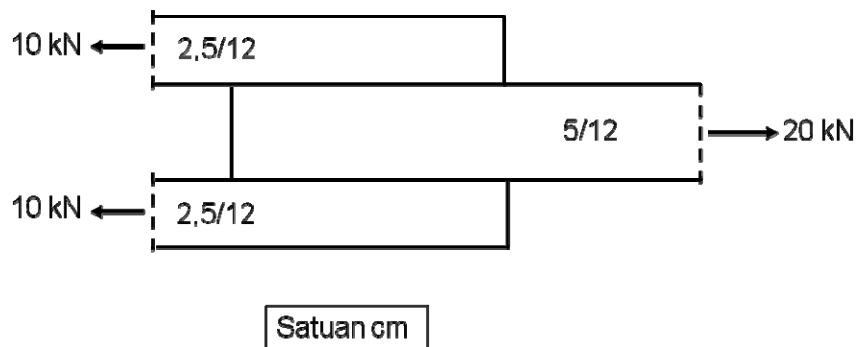
II.2.4 Sambungan Dengan Perekat

Bila dibandingkan dengan alat sambung yang lain, perekat/lem termasuk alat sambung yang bersifat getas, bagian-bagian kayu keruntuhan sambungan dengan alat sambung perekat/lem terjadi tanpa adanya peristiwa pelelehan. Alat sambung perekat/lem umumnya digunakan pada struktur balok susun, atau produk kayu laminasi (*glue laminated timber*).

Sambunagn dengan perekat/lem berlainan dengan sambungan paku, baut dan pasak. Bagian-bagian kayu tidak disambung pada titik-titik, melainkan pada bidang-bidang, sehingga mempunyai kekakuan yang jauh lebih tinggi. Kekakuan tersebut merugikan dalam sambungan rangka batang, karena timbulnya tegangan-tegangan sekunder yang besar. Akan tetapi untuk balok-balok tersusun, sambungan dengan perekat lebih menguntungkan.

II.3 Contoh-Contoh Soal dan Pembahasan

Soal 1. Rencanakan sambungan perpanjangan seperti gambar di bawah ini dengan menggunakan alat sambung paku. Kayu penyusun sambungan memiliki berat jenis 0,5. Asumsi faktor waktu (λ) sebesar 0,8.



Gambar 2.9 Sambungan perpanjangan contoh soal 1.

Penyelesaian :

Dicoba menggunakan paku 4" BWG8 yang memiliki diameter, $D = 4,2$ mm dan panjang, $l = 102$ mm.

Tebal kayu utama, $t_m = 50$ mm dan tebal kayu sekunder, $t_s = 25$ mm

Kuat tumpu paku, untuk $B_j = 0,5$; dari tabel $F_{em} = F_{es} = 31,98 \text{ N/mm}^2$

$$R_e = F_{em} / F_{es} = (31,98)/(31,98) = 1,00$$

Kuat lentur paku, untuk $3,6 \text{ mm} < D \leq 4,7 \text{ mm}$; dari tabel $F_{yb} = 620 \text{ N/mm}^2$

Penetrasi pada komponen pemegang, $p = 102 - 25 - 50 = 27 \text{ mm}$

Untuk $D < 4,3 \text{ mm}$, maka $K_D = 2,2$

Tahanan lateral acuan satu paku (Z) dua irisan :

$$\text{Moda kelelehan } I_s : Z = 10074 \text{ N}$$

$$\text{Moda k elelehan } III_m : Z = 4432 \text{ N}$$

$$\text{Moda kelelehan } III_s : Z = 4221 \text{ N}$$

$$\text{Moda kelelehan } IV : Z = 4302 \text{ N}$$

Diambil nilai terkecil, yaitu : $Z = 4221 \text{ N}$

Tahanan lateral acuan terkoreksi (Z') :

- Faktor koreksi penetrasi (C_d) :

$$p = 27 \text{ mm} ; 6D < p < 12D, \text{ maka } C_d = p/12D = (27)/(50,4) = 0,54$$

- Faktor koreksi serat ujung (C_{eg}) = 0,67

- Faktor koreksi pasangan paku tegak (C_m) = 1,00

$$\begin{aligned} Z' &= C_d \cdot C_{eg} \cdot C_m \cdot Z \\ &= (0,54) \cdot (0,67) \cdot (1,00) \cdot (4221) \\ &= 1527 \text{ N} \end{aligned}$$

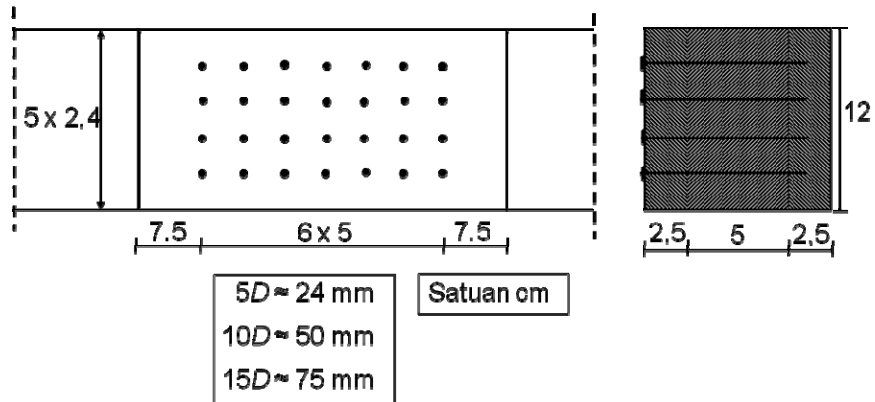
Tahanan lateral ijin (Z_u) :

$$\begin{aligned} Z_u &= \lambda \cdot \Phi_z \cdot Z' \\ &= (0,8) \cdot (0,65) \cdot (1527) \\ &= 794 \text{ N} \end{aligned}$$

Jumlah paku (n_f):

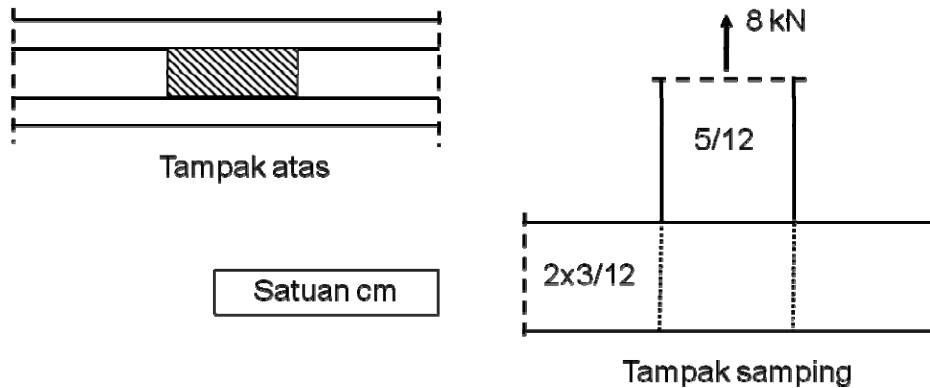
$$\begin{aligned} n_f &= P / Z_u \\ &= (20000) / (794) \\ &= 25,2 \approx 28 \text{ buah paku} \end{aligned}$$

Gambar penempatan paku :



Gambar 2.10 Penempatan paku contoh soal 1.

Soal 2. Suatu sambungan buhul seperti tergambar di bawah ini yang tersusun dari kayu dengan berat jenis 0,6 dan nilai faktor waktu λ sebesar 0,8. Rencanakan sambungan buhul tersebut dengan paku.



Gambar 2.11 Sambungan buhul contoh soal 2.

Penyelesaian :

Dicoba menggunakan paku 2,5”BWG11 yang memiliki diameter, $D = 3,1 \text{ mm}$ dan panjang $l = 63 \text{ mm}$

Tebal kayu utama, $t_m = 50 \text{ mm}$ dan tebal kayu sekunder, $t_s = 30 \text{ mm}$

Kuat tumpu paku, untuk Bj = 0,6; dari tabel $F_{em} = F_{es} = 44,73 \text{ N/mm}^2$

$$R_e = F_{em} / F_{es} = (44,73)/(44,73) = 1,00$$

Kuat lentur paku, untuk $D \leq 3,6$ mm ; dari tabel $F_{yb} = 689$ N/mm².

Penetrasi pada komponen pemegang untuk penempatan paku pada dua sisi,

$$p = 63 - 30 = 33 \text{ mm.}$$

Kontrol overlaping, $v \geq 4D$

$$v = 2(p - 0,5.t_m) = 2(33 - 0,5.50) = 16 \text{ mm} > 4D (12,4 \text{ mm})$$

Untuk $D < 4,3$ mm, maka $K_D = 2,2$

Tahanan lateral acuan satu paku (Z) satu irisan :

$$\text{Moda kelelehan } I_s : Z = 6240 \text{ N}$$

$$\text{Moda kelelehan } III_m : Z = 2441 \text{ N}$$

$$\text{Moda kelelehan } III_s : Z = 2248 \text{ N}$$

$$\text{Moda kelelehan } IV : Z = 1461 \text{ N}$$

$$\text{Diambil nilai terkecil, yaitu : } Z = 1461 \text{ N}$$

Karena penempatan paku pada dua sisi, maka tahanan lateral acuan :

$$Z = 2 \cdot (1461) = 2921 \text{ N}$$

Tahanan lateral acuan terkoreksi (Z') :

- Faktor koreksi penetrasi (C_d) :

$$p = 33 \text{ mm} ; 6D < p < 12D, \text{ maka } C_d = p/12D = (33)/(37,2) = 0,89$$

- Faktor koreksi serat ujung, $C_{eg} = 0,67$

- Faktor koreksi pasangan paku tegak (C_m) = 1,00

$$\begin{aligned} Z' &= C_g \cdot C_{eg} \cdot C_m \cdot Z \\ &= (0,89) \cdot (0,67) \cdot (1,00) \cdot (2921) \\ &= 1741 \text{ N} \end{aligned}$$

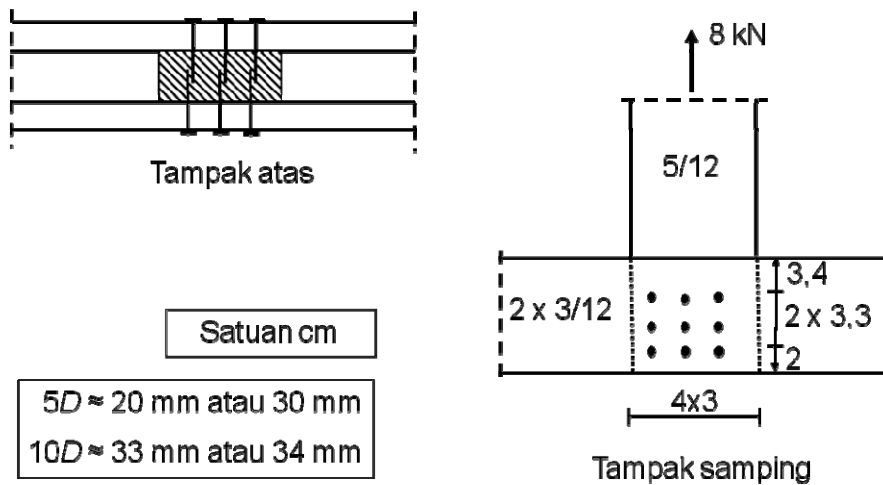
Tahanan lateral acuan ijin (Z_U) :

$$\begin{aligned} Z_U &= \lambda \cdot \Phi_z \cdot Z' \\ &= (0,8) \cdot (0,65) \cdot (1741) \\ &= 905 \text{ N} \end{aligned}$$

Jumlah paku (n_f):

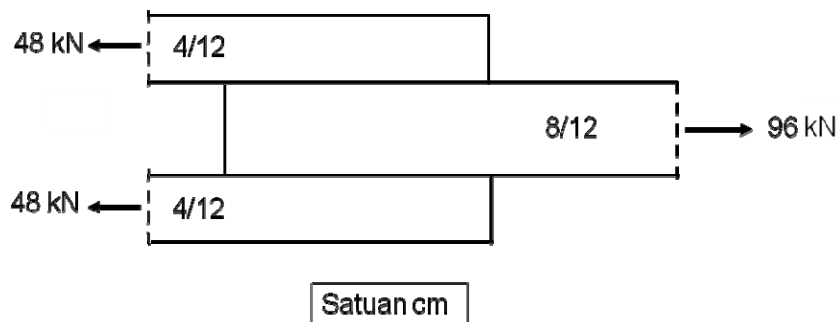
$$\begin{aligned}
 n_f &= P / Z_u \\
 &= (8000) / (905) \\
 &= 8,84 \approx 9 \text{ buah paku}
 \end{aligned}$$

Gambar penempatan paku :



Gambar 2.12 Penempatan paku contoh soal 2.

Soal 3. Rencanakan sambungan perpanjangan seperti gambar di bawah ini dengan menggunakan alat sambung baut. Kayu penyusun sambungan memiliki berat jenis 0,8. Gunakan faktor waktu (λ) sebesar 0,8.



Gambar 2.13 Sambungan perpanjangan contoh soal 3.

Penyelesaian :

Dicoba menggunakan baut 1/2" yang memiliki diameter $D = 12,7$ mm

Tebal kayu utama, $t_m = 80$ mm dan tebal kayu sekunder, $t_s = 40$ mm

Kuat tumpu baut, untuk diameter baut 1/2" (12,7 mm), $G = 0,8$ dan

$\theta = 0^\circ$; dari tabel $F_{em//} = F_{es//} = 61,80$ N/mm²

$$R_e = F_{em} / F_{es} = (61,80)/(61,80) = 1,00$$

Kuat lentur baut, $F_{yb} = 320$ N/mm²

$$K_\theta = 1 + (0/360) = 1,00$$

Tahanan lateral acuan satu baut (Z) dua irisan :

$$\text{Moda kelelahan } I_m : Z = 52115 \text{ N}$$

$$\text{Moda kelelahan } I_s : Z = 52115 \text{ N}$$

$$\text{Moda kelelahan } III_s : Z = 27119 \text{ N}$$

$$\text{Moda kelelahan } IV : Z = 27238 \text{ N}$$

Diambil nilai terkecil, yaitu : $Z = 27119$ N

Tahanan lateral acuan terkoreksi (Z') :

- Faktor koreksi aksi kelompok (C_g)

$$A_s / A_m = 0,5 ; A_s = 40 \cdot 120 = 4800 \text{ mm}^2 = 7,44 \text{ in}^2$$

dari tabel *NDS* diperoleh nilai $C_g = 0,9835$ (interpolasi)

- Faktor koreksi geometri (C_A) = 1,00

$$Z' = C_g \cdot C_A \cdot Z$$

$$Z' = (0,9835) \cdot (1,00) \cdot (27119)$$

$$Z' = 26671 \text{ N}$$

Tahanan lateral acuan ijin (Z_u) :

$$Z_u = \Phi_z \cdot \lambda \cdot Z'$$

$$Z_u = (0,65) \cdot (0,8) \cdot (26671)$$

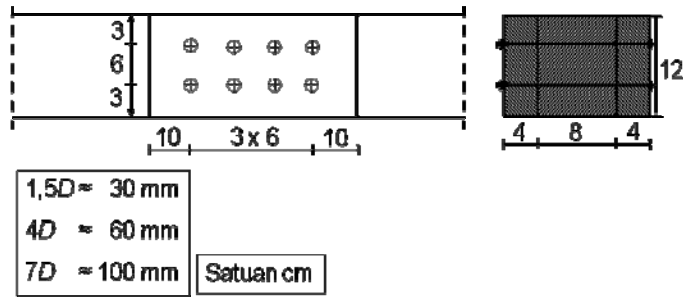
$$Z_u = 13868 \text{ N}$$

Jumlah baut (n_f) :

$$n_f = P / Z_u$$

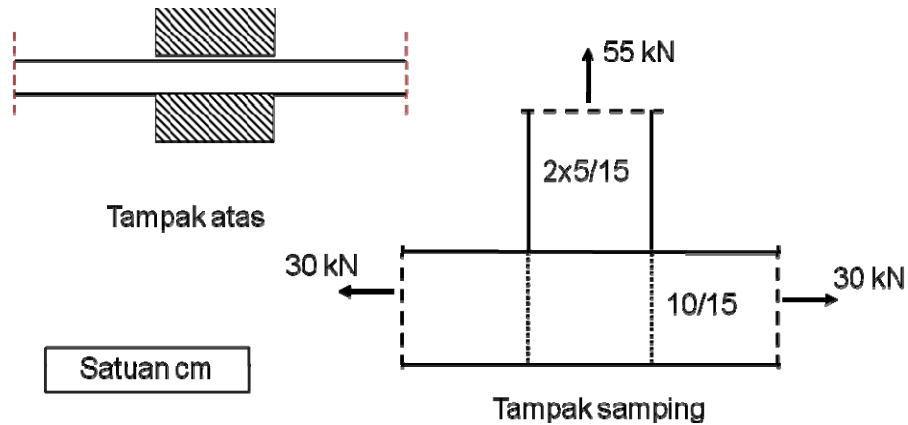
$$= (96000) / (13868) = 6,9 \approx 8 \text{ buah baut}$$

Gambar penempatan baut :



Gambar 2.14 Penempatan baut contoh soal 3.

Soal 4. Suatu sambungan buhul seperti tergambar di bawah ini yang tersusun dari kayu dengan berat jenis 0,85 dan nilai faktor waktu λ sebesar 0,8. Rencanakan sambungan buhul tersebut dengan baut.



Gambar 2.15 Sambungan buhul contoh soal 4.

Penyelesaian :

Dicoba menggunakan baut 5/8" yang memiliki diameter $D = 15,9$ mm

Tebal kayu utama, $t_m = 100$ mm dan tebal kayu sekunder, $t_s = 50$ mm

Kuat tumpu baut, untuk diameter baut 5/8" (15,9 mm), $G = 0,85$ dan

$\theta = 0^\circ$; dari tabel $F_{es//} = 65,66$ N/mm²

$\theta = 90^\circ$; dari tabel $F_{em//} = 53,37$ N/mm²

$R_e = F_{em} / F_{es} = (53,37)/(65,66) = 0,81$

Kuat lentur baut, $F_{yb} = 320 \text{ N/mm}^2$

$$K_{\theta} = 1 + (0/360) = 1,00$$

$$K_{\theta} = 1 + (90/360) = 1,25$$

Tahanan lateral acuan satu baut (Z) dua irisan :

$$\text{Moda kelelehan } I_m : Z = 56345 \text{ N}$$

$$\text{Moda kelelehan } I_s : Z = 86651 \text{ N}$$

$$\text{Moda kelelehan } III_s : Z = 42932 \text{ N}$$

$$\text{Moda kelelehan } IV : Z = 33364 \text{ N}$$

Diambil nilai terkecil, yaitu : $Z = 33364 \text{ N}$

Tahanan lateral acuan terkoreksi (Z') :

- Faktor koreksi aksi kelompok (C_g)

$$A_s / A_m = 0,5 ; A_s = 50 \cdot 150 = 7500 \text{ mm}^2 = 11,625 \text{ in}^2$$

dari tabel *NDS* diperoleh nilai $C_g = 0,989$ (interpolasi)

- Faktor koreksi geometri (C_A) = 1,00

$$Z' = C_g \cdot C_A \cdot Z$$

$$Z' = (0,989) \cdot (1,00) \cdot (33364)$$

$$Z' = 32996 \text{ N}$$

Tahanan lateral acuan ijin (Z_U) :

$$Z_U = \lambda \cdot \Phi_z \cdot Z'$$

$$= (0,8) \cdot (0,65) \cdot (32996)$$

$$= 17157 \text{ N}$$

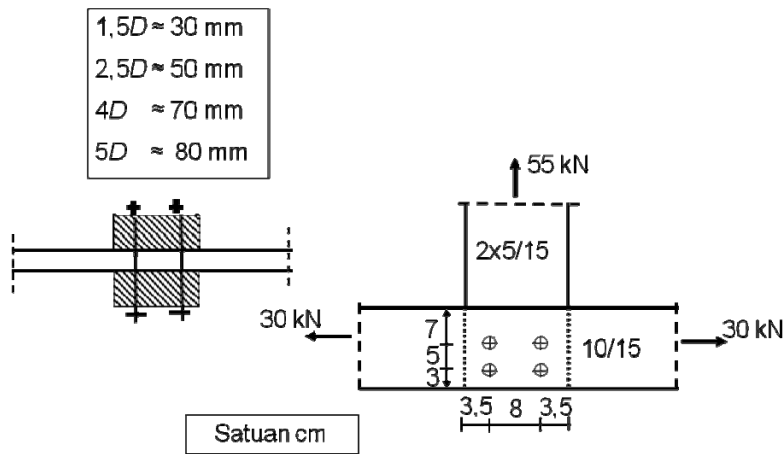
Jumlah paku (n_f):

$$n_f = P / Z_u$$

$$= (55000) / (17157)$$

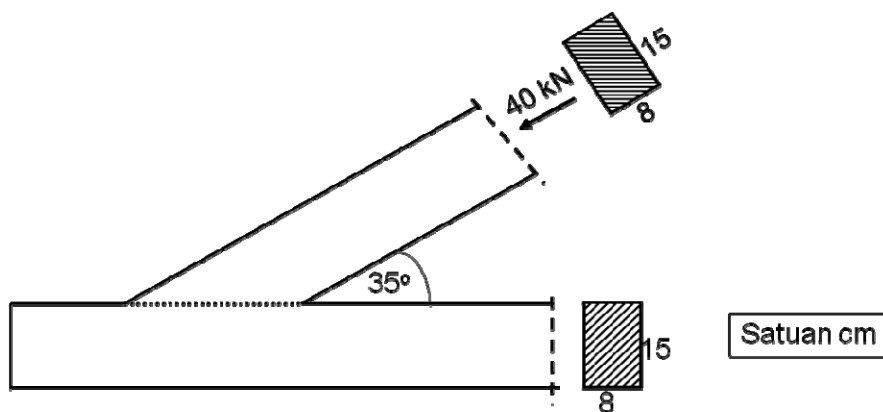
$$= 3,2 \approx 4 \text{ buah baut}$$

Gambar penempatan baut :



Gambar 2.16 Penempatan baut contoh soal 4.

Soal 5. Suatu pertemuan kaki kuda-kuda seperti tergambar di bawah ini, tersusun dari kayu dengan kode mutu E_{19} , menahan gaya tekan sebesar 40 kN. Kayu horisontal dan kayu diagonal memiliki ukuran 8/15 dengan sudut yang dibentuknya (α) = 35°. Gunakan faktor waktu, λ sebesar 0,8 dan faktor masa layan 1,00. Rencanakan sambungannya dengan hubungan gigi.



Gambar 2.17 Sambungan gigi tunggal contoh soal 5.

Penyelesaian :

Dicoba menggunakan sambungan gigi tunggal, dengan ukuran :

Kedalaman gigi, $t_m \leq 1/3(150)$, digunakan $t_m = 50$ mm

Panjang kayu muka, $l_m \geq 1,5(150)$, atau ≥ 200 mm, digunakan $l_m = 200$ mm

Kuat geser sejajar serat untuk kayu dengan kode mutu E_{19} , $F_v = 5,9$ N/mm²

Kuat geser terkoreksi, $F'_v = (1,00) \cdot (5,9) = 5,9$ N/mm²

Eksentrisitas pada penampang

$$e_m = 0,5(h - t_m) + 0,5 t_m = 0,5(150 - 50) + 0,5(50) = 75 \text{ mm}$$

Tahanan geser pada bagian kayu muka :

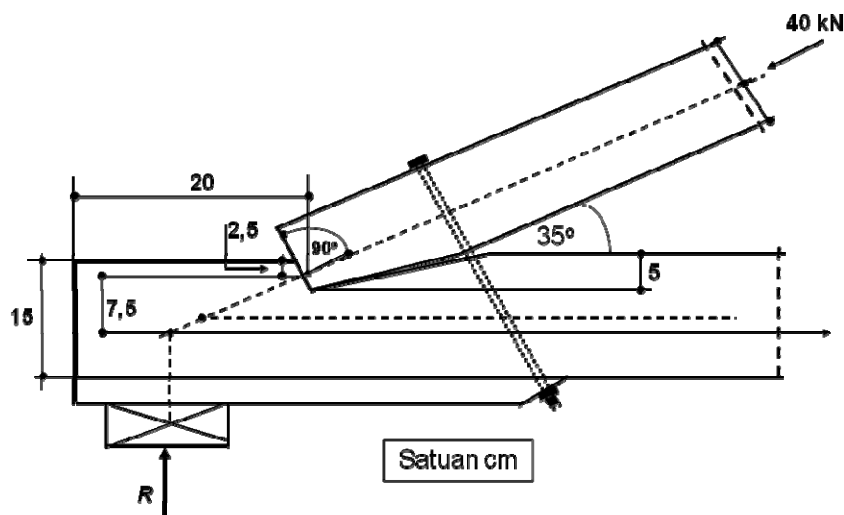
$$N_u \cos \alpha \leq \lambda \cdot \phi_v \frac{l_m \cdot b \cdot F'_v}{1 + 0,25 \frac{l_m}{e_m}}$$

$$(40 \times 10^3) \cos 35^\circ \leq (0,8) \cdot (0,75) \frac{(200) \cdot (80) \cdot (5,9)}{1 + 0,25 \frac{(200)}{(75)}}$$

$$32766 \leq 33984$$

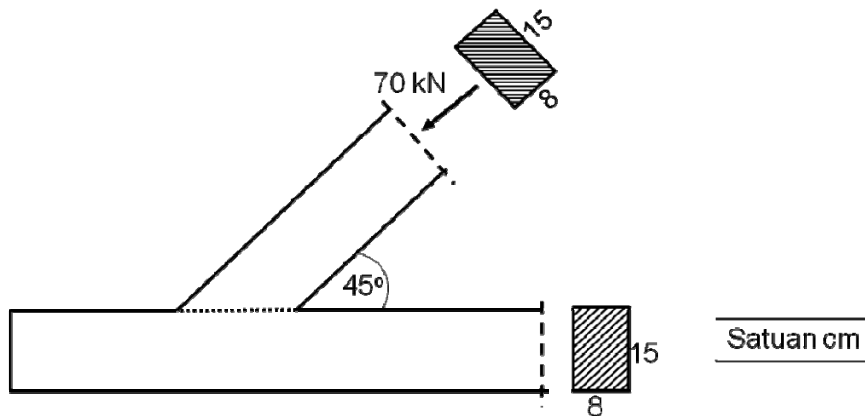
Jadi sambungan gigi tunggal aman.

Gambar bentuk dan ukuran sambungan :



Gambar 2.18 Bentuk dan ukuran sambungan gigi tunggal contoh soal 5

Soal 6. Suatu pertemuan kaki kuda-kuda seperti tergambar di bawah ini, tersusun dari kayu dengan kode mutu E_{19} , menahan gaya tekan sebesar 70 kN. Kayu horizontal dan kayu diagonal memiliki ukuran 8/15 dengan sudut yang dibentuknya (α) = 45° . Gunakan faktor waktu, λ sebesar 0,8 dan faktor masa layan 1,00. Rencanakan sambungannya dengan hubungan gigi.



Gambar 2.18

Gambar 2.19 Sambungan gigi rangkap/majemuk contoh soal 6.

Penyelesaian :

Dicoba menggunakan sambungan gigi rangkap, dengan ukuran :

Kedalaman gigi, $t_{m1} \geq 30$ mm, digunakan $t_{m1} = 30$ mm

$$t_{m2} \geq t_{m1} + 20 \text{ mm, dan } t_{m2} \leq 1/3(150), \text{ digunakan}$$

$$t_{m2} = 50 \text{ mm}$$

Panjang kayu muka, $l_{m1} \geq 200$ mm, $l_{m1} \geq 4(30)$, digunakan $l_{m1} = 200$ mm

$$l_{m2} \geq 200 + (0,5(150) / \sin 45^\circ) + 50 \cdot \text{tg} 45^\circ, \text{ digunakan}$$

$$l_{m2} = 356 \text{ mm}$$

$$l_m = 0,5 (200 + 356) = 278 \text{ mm}$$

Kuat geser sejajar serat untuk kayu dengan kode mutu E_{19} , $F_v = 5,9$ N/mm²

Kuat geser terkoreksi, $F'_v = (1,00) \cdot (5,9) = 5,9$ N/mm²

Eksentrisitas pada penampang, $e_m = 0,5(h - t_m) + 0,5 t_m$

$$e_{m1} = 0,5(150 - 30) + 0,5(30) = 75 \text{ mm}$$

$$e_{m2} = 0,5(150 - 50) + 0,5(50) = 75 \text{ mm}$$

$$e_m = 0,5(75 + 75) = 75 \text{ mm}$$

Luas bidang tumpu bagian kayu, $F_m = (b \cdot t_m) / \cos \alpha$

$$F_{m1} = (80 \cdot 30) / \cos 45^\circ = 3394 \text{ mm}^2$$

$$F_{m2} = (80 \cdot 50) / \cos 45^\circ = 5656 \text{ mm}^2$$

Tahanan geser pada bagian kayu muka pertama :

$$1,25 N_u \cos \alpha \frac{F_{m1}}{F_{m1} + F_{m2}} \leq \lambda \cdot \phi_v \frac{l_{m1} \cdot b \cdot F'_v}{1 + 0,25 \frac{l_{m1}}{e_{m1}}}$$

$$1,25(70 \times 10^3) \cos 45^\circ \frac{(3394)}{(3394) + (5656)} \leq (0,8) \cdot (0,75) \frac{(200) \cdot (80) \cdot (5,9)}{1 + 0,25 \frac{200}{75}}$$

$$23204 \leq 33984$$

Sambungan gigi pada bagian kayu muka pertama aman

Tahanan geser pada bagian kayu muka kedua :

$$N_u \cos \alpha \leq \lambda \cdot \phi_v \frac{l_{m2} \cdot b \cdot F'_v}{1 + 0,25 \frac{l_{m2}}{e_m}}$$

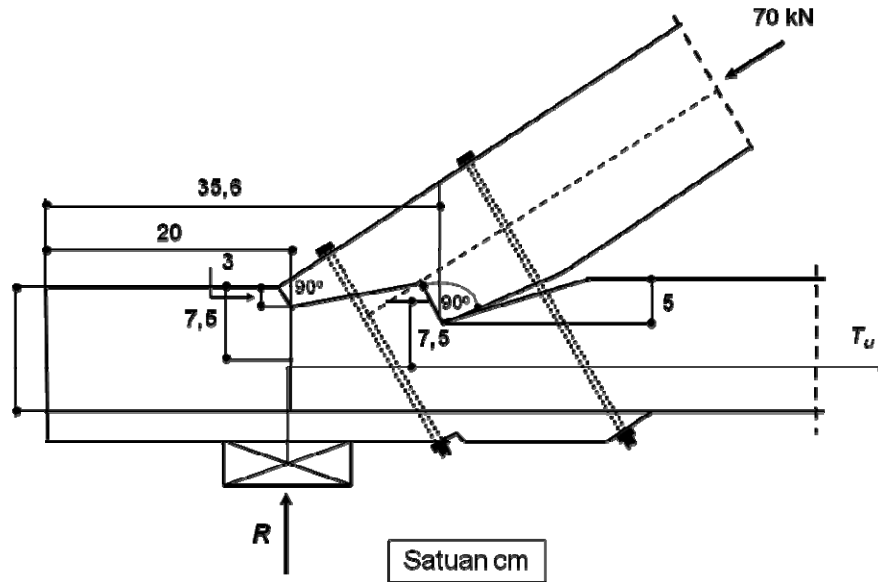
$$(70 \times 10^3) \cos 45^\circ \leq (0,8) \cdot (0,75) \frac{(356) \cdot (80) \cdot (5,9)}{1 + 0,25 \frac{(278)}{(75)}}$$

$$49498 \leq 52328$$

Sambungan gigi pada bagian kayu muka kedua aman

Jadi sambungan gigi rangkap aman

Gambar bentuk dan ukuran sambungan :



Gambar 2.20 Bentuk dan ukuran sambungan gigi rangkap/majemuk contoh soal 6