

## Pertemuan IX :

# SAMBUNGAN BAUT

*(Bolt Connection)*



*Mata Kuliah : Struktur Baja*

*Kode MK : TKS4019*

*Pengampu : Achfas Zacoeb*

## Pendahuluan

Dalam konstruksi baja, setiap bagian elemen dari strukturnya dihubungkan satu sama lain dengan menggunakan alat pengikat (*fastener*)/penyambung. Pada struktur rangka baik atap maupun jembatan baja, juga pada struktur portal, tempat berkumpulnya batang-batang, yang disebut titik buhul, menggunakan pelat penyambung yang dinamakan pelat buhul, dimana batang-batang tadi diikat dengan menggunakan alat pengikat pada pelat buhul tersebut. Jenis-jenis alat pengikat yang sering digunakan adalah paku keling (*rivet*), baut (*bolt*), dan las (*welded*) seperti pada **Gambar 1**.

## Pendahuluan (*lanjutan*)



a. Paku Keling



b. Baut



c. Las

**Gambar 1.** Tipe alat sambung

## Baut Mutu Tinggi

### **Baut Mutu Tinggi (*High Strength Bolt*)**

Ada dua jenis baut mutu tinggi yang ditetapkan ASTM yaitu A325 dan A490. Baut A325 terbuat dari baja karbon sedang dengan kekuatan leleh (*yield strength*) dari 560 sampai dengan 630 MPa, sedangkan baut A490 terbuat dari baja alloy yang mempunyai kekuatan leleh mendekati 790 sampai dengan 900 MPa (Catatan : tergantung juga ukuran diameter).



**Gambar 2.** Kode Baut

## Baut Mutu Tinggi *(lanjutan)*

Ukuran diameter baut berkekuatan tinggi berkisar  $\frac{1}{2}$ " sampai dengan  $1 \frac{1}{2}$ " khusus baut A449 sampai dengan 3". Ukuran baut yang sering digunakan pada struktur bangunan adalah  $\frac{3}{4}$ " dan  $\frac{7}{8}$ ", sedangkan untuk struktur jembatan  $\frac{7}{8}$ " sampai dengan 1".

Baut kekuatan tinggi dikencangkan untuk menimbulkan tegangan tarik yang ditetapkan pada baut sehingga terjadi gaya jepit (*clamping force*) pada sambungan. Oleh karena itu beban kerja sesungguhnya dipikul oleh gaya gesekan antara pelat atau batang yang disambung. Gaya ini disebut ***Proof Load***.

## Kekuatan Sambungan

SNI 03-1729-2002 pasal 13.2.2. menyatakan, suatu baut yang memikul gaya terfaktor,  $R_u$  harus memenuhi syarat berikut,

$$R_u \leq \phi R_n \quad (1)$$

dengan :

$\phi$  = faktor reduksi kekuatan = 0,75

$R_n$  = kuat nominal baut.

Sesuai dengan cara bekerjanya baut maka baut dibedakan dalam dua type yaitu tipe friksi (*friction type*) dan tipe tumpu (*bearing type*).

## Baut Tipe Friksi

Pada baut tipe friksi (*friction type*), kekuatan baut didapat dari gesekan (*friction*) yang terjadi antar pelat atau batang yang disambung. Baut tipe ini sering dikenal dengan istilah *slip-critical connections*, yaitu baut yang mengandalkan kekuatan slip antara permukaan batang yang disambung. Agar baut tipe ini bekerja maka diperlukan suatu alat yang dapat mengencangkan baut atau memberikan momen torsi pada baut sedemikian hingga baut mengalami prategang tarik.

Pada sambungan tipe friksi yang menggunakan baut mutu tinggi yang slipnya dibatasi, satu baut yang hanya memikul gaya geser terfaktor, dalam bidang permukaan friksi harus memenuhi **Pers. (1)**.

## Baut Tipe Friksi (*lanjutan*)

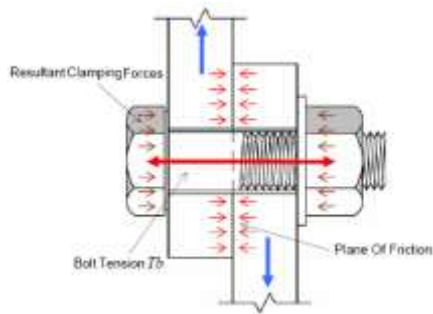
Kuat geser nominal satu baut dalam sambungan tipe friksi yang ditentukan sebagai berikut :

$$R_n = 1,13 \cdot \phi \cdot \mu \cdot m \cdot T_b \quad (2)$$

dengan :

$\mu = 0,35$	koefisien gesek untuk bidang kontak dalam keadaan bersih.
$m$	adalah jumlah bidang geser.
$T_b$	adalah gaya tarik baut minimum ( <i>proof load</i> )
$\phi = 1,0$	untuk lubang standar.
$\phi = 0,85$	untuk lubang selot pendek dan lubang besar.
$\phi = 0,70$	untuk lubang selot panjang tegak lurus arah kerja gaya.
$\phi = 0,60$	untuk lubang selot panjang sejajar arah kerja gaya.

## Baut Tipe Friksi (lanjutan)



Baut pada sambungan yang slipnya dibatasi dan memikul gaya tarik terfaktor,  $T_u$  harus memenuhi **Pers. (1)** dengan kuat rencana slip  $R_u$  direduksi dengan faktor :

$$\left[ 1 - \frac{T_u}{1,13T_b} \right] \quad (3)$$

**Gambar 3.** Gaya tension pada baut,  $T_b$

## Baut Tipe Tumpu

Pada baut tipe tumpu (*bearing tipe*), kekuatan baut didapat dari adanya gaya tumpu pada bidang kontak antara baut dan pelat yang disambung, atau kemampuan menahan geseran pada penampang baut.

Pada baut tipe tumpu, keruntuhan sambungan dapat terjadi karena keruntuhan geser pada baut atau keruntuhan tumpu pada elemen yang disambung seperti plat/batang.

## Baut Tipe Tumpu (*lanjutan*)

### 1. Kuat Geser Nominal Baut

Kuat geser nominal yang diberikan oleh satu buah baut yang mengalami geser pada penampangnya adalah :

$$R_n = m \cdot r_1 \cdot f_u^b \cdot A_b \quad (4)$$

dengan :

$m$  = jumlah bidang geser (lihat **Gambar 4**).

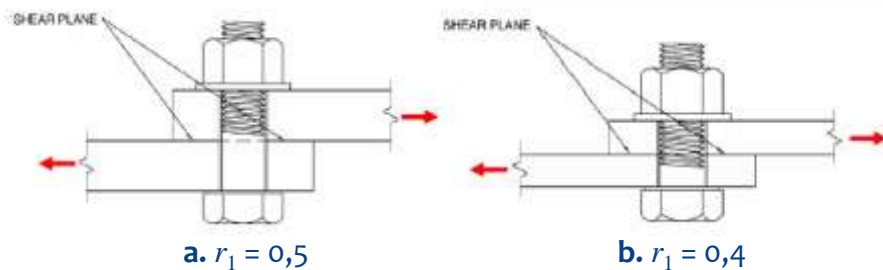
$r_1$  = 0,5 untuk bidang geser baut tak berulir.

= 0,4 untuk bidang geser baut berulir.

$f_u^b$  = kuat tarik putus baut (MPa).

$A_b$  = luas bruto penampang baut pada daerah tak berulir (mm<sup>2</sup>).

## Baut Tipe Tumpu (*lanjutan*)



**Gambar 4.** Bidang geser baut

## Baut Tipe Tumpu (*lanjutan*)

### 2. Kuat Tumpu Nominal Baut

Kuat tumpu nominal tergantung kepada kondisi terlemah antara baut dan pelat/batang yang disambung, dihitung dengan cara sebagai berikut :

$$R_n = n \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \quad (5)$$

dengan :

- $n$  = 2,4 berlaku untuk semua jenis lobang baut.  
= 2,0 untuk lobang selot panjang tegak lurus arah kerja gaya.
- $d_b$  = diameter baut bagian tidak berulir (mm).
- $t_p$  = tebal pelat/batang terkecil (mm).
- $f_u$  = tegangan tarik putus baut/pelat/batang (MPa).

## Kuat Tarik Nominal Baut

Baut yang memikul gaya tarik, kuat nominalnya dihitung sebagai berikut :

$$R_n = f_u \cdot A_b \quad (6)$$

dengan :

- $f_u$  = kuat tarik putus baut (MPa).
- $A_b$  = luas bruto penampang baut pada daerah tak berulir (mm<sup>2</sup>).

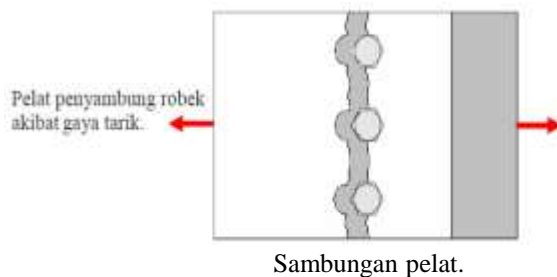
## Kegagalan Sambungan

Kekuatan sambungan dengan baut atau paku keling dievaluasi dengan meninjau beberapa kemungkinan kegagalan (*failure*). Kekuatan biasanya dihitung dengan mempertimbangkan jumlah lapis pelat/batang yang disambung. Ada 6 (enam) tipe kegagalan yang mungkin terjadi pada sambungan, yaitu :

1. Pelat robek pada daerah sambungan (*tearing failure of plates*).
2. Keruntuhan geser pada baut/paku keling (*shear failure of bolts/ rivets*).
3. Keruntuhan geser pada pelat yang disambung (*shear failure of plate*).
4. Keruntuhan tumpu pada pelat (*bearing failure of plate*).
5. Keruntuhan blok geser pada pelat (*shear block failure of plate*).
6. Keruntuhan tumpu pada baut (*bearing failure of bolt*).

## Kegagalan Sambungan *(lanjutan)*

1. Pelat robek pada daerah sambungan (*tearing failure of plates*)

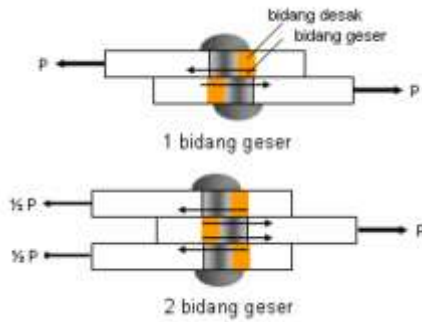


Sambungan pada struktur rangka, profil siku.



## Kegagalan Sambungan (lanjutan)

### 2. Keruntuhan geser pada baut/paku keling (*shear failure of bolts / ri*)

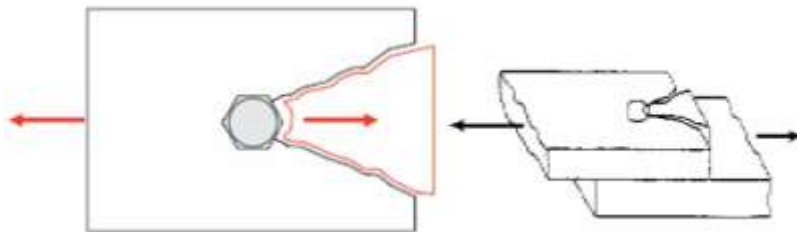


Tipe fraktur antara tarik – geser.

Keruntuhan geser pada baut/paku dengan berbagai lapis pelat.

## Kegagalan Sambungan (lanjutan)

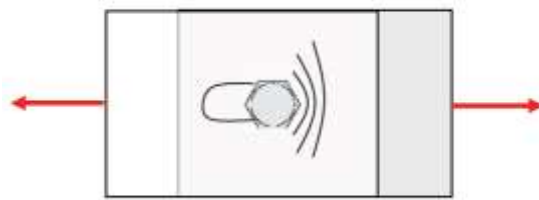
### 3. Keruntuhan geser pada pelat yang disambung (*shear failure of plate*).



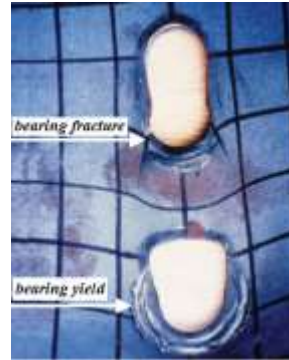
Tipe fraktur geser pada pelat.

## Kegagalan Sambungan *(lanjutan)*

### 4. Keruntuhan tumpu pada pelat (*bearing failure of plate*).



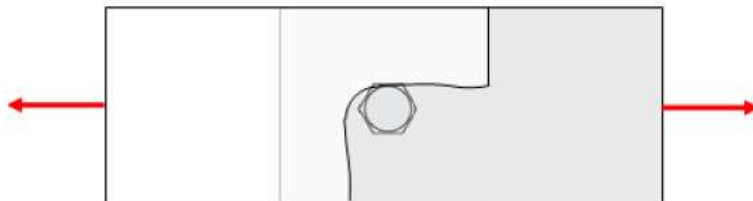
Tipe fraktur bidang tumpu pada pelat.



Tipe fraktur dan leleh bidang tumpu pada pelat.

## Kegagalan Sambungan *(lanjutan)*

### 5. Keruntuhan blok geser pada pelat (*shear block failure of plate*).



Tipe fraktur blok geser pada pelat.

## Kegagalan Sambungan *(lanjutan)*

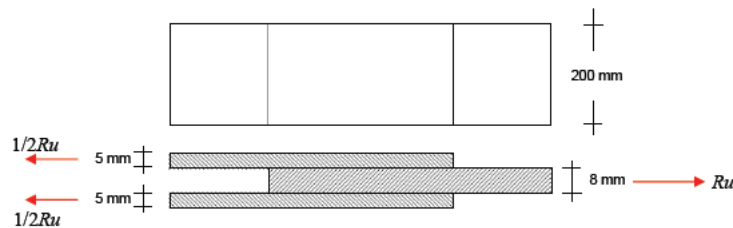
### 6. Keruntuhan tumpu pada baut *(bearing failure of bolt)*.



Tipe keruntuhan tumpu pada baut.

## Soal Latihan :

Sebuah sambungan terdiri dari dua buah pelat  $5 \times 200$  mm disambung dengan satu buah pelat  $8 \times 200$  mm, mutu baja BJ-37, seperti pada gambar dibawah mengalami gaya tarik sentris, yang terdiri dari muatan mati  $D = 10$  ton, muatan hidup  $L = 7$  ton. Sambungan menggunakan baut biasa dengan mutu BJ-37. Rencanakan sambungan tersebut!



## Perencanaan :

### a. Tegangan Ijin Baja BJ-37 :

$$\text{Baut, } f_y = 240 \text{ MPa}$$

$$f_u = 370 \text{ MPa}$$

$$\text{Pelat, } f_y = 240 \text{ MPa}$$

$$f_u = 370 \text{ MPa}$$

### b. Beban Tarik Terfaktor :

$$\begin{aligned} R_u &= 1,2D + 1,6L \\ &= 1,2(10) + 1,6(7) \\ &= 23,2 \text{ ton} \\ &= 232,0 \text{ kN} \end{aligned}$$

### c. Rencana Baut :

Dicoba baut diameter  $d = 12 \text{ mm}$ ,  
diameter lobang  $d_1 = 12 \text{ mm} + 2 \text{ mm} = 14 \text{ mm}$ .

## Perencanaan *(lanjutan)*

### c.1. Tinjauan terhadap kuat geser :

$$R_n = m \cdot r_1 \cdot f_u^b \cdot A_b$$

dengan :

$$m = 2 \text{ bidang geser}$$

$$r_1 = 0,4 \text{ untuk bidang geser baut berulir}$$

$$f_u^b = 370 \text{ MPa}$$

$$A_b = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 = \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 12^2 = 113,04 \text{ mm}^2$$

maka :

$$R_n = (2) \cdot (0,4) \cdot (370) \cdot (113,04) = 33459,8 \text{ N} = 33,46 \text{ kN}$$

$$\phi R_n = 0,75 \cdot (33,46) = 25,09 \text{ kN}$$

## Perencanaan (lanjutan)

### c.2. Tinjauan terhadap kuat tumpu :

Tebal pelat terkecil  $t_p = 8$  mm

$$R_n = n \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u$$

dengan :

$n = 2,4$  berlaku untuk semua jenis lubang baut

$$d_b = 12$$
 mm

$$t_p = 8$$
 mm

$$f_u = 370$$
 MPa

maka :

$$R_n = (2,4) \cdot (12) \cdot (8) \cdot (370) = 85248,0 \text{ N} = 85,52 \text{ kN}$$

$$\phi R_n = 0,75 \cdot (85,25) = 63,94 \text{ kN}$$

## Perencanaan (lanjutan)

### c.3. Jumlah baut :

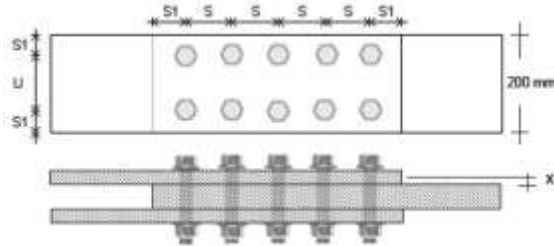
Yang menentukan adalah akibat geser, maka jumlah baut :

$$n_b = \frac{R_u}{\phi R_n} = \frac{232,0}{25,09} = 9,2 \text{ buah}$$

diambil jumlah baut,  $n_b = 10$  buah.

## Perencanaan *(lanjutan)*

### c.4. Susunan baut :



Sambungan pelat dengan pengikat baut

Keterangan :  $S1 = 2d = 24 \text{ mm}$ , diambil  $30 \text{ mm}$   
 $S = 3d = 36 \text{ mm}$ , diambil  $40 \text{ mm}$   
 $U = 140 \text{ mm}$

## Evaluasi

### a. Baut

Jumlah daya dukung 10 buah baut :

$$\begin{aligned} R_u &= 10 \cdot \phi R_n = 10 \cdot (25,09) \\ &= 250,9 \text{ kN} \\ &= 25,09 \text{ ton} > 23,2 \text{ ton (memenuhi)} \end{aligned}$$

## Evaluasi *(lanjutan)*

### b. Pelat

#### b.1. Cek luas penampang minimum dan *shear leg*.

Luas penampang bruto :

$$A_b = (8).(200) = 1600 \text{ mm}^2$$

Syarat luas penampang minimum :

$$A_{min} = 85\% A_b = (0,85).(1600) = 1360 \text{ mm}^2$$

Luas penampang netto :

$$A_{netto} = A_b - 2.d_1.t_p = 1600 - 2.(14).(8)$$

$$= 1376 \text{ mm}^2 > 1360 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

## Evaluasi *(lanjutan)*

*Shear leg* :

$$x = 5/2 = 2,5 \text{ mm}$$

$$L = 4S = 4.(40) = 160 \text{ mm}$$

Koefisien reduksi :

$$U = 1 - x/L = 1 - 2,5/160 = 0,98 > 0,9$$

$$U = 1,0 \text{ (SNI 03-1729-2002, Psl. 10.2.5)}$$

Maka :

$$A_e = A_{netto}$$

$$= 1376 \text{ mm}^2$$

## Evaluasi *(lanjutan)*

b.2. Cek daya dukung pelat pada daerah sambungan .

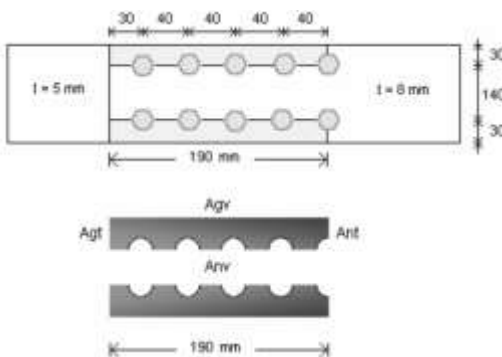
$$\begin{aligned} R_u &= \phi A_{netto} f_u = (0,75).(1376).(370) \\ &= 381840,0 \text{ N} = 381,84 \text{ kN} \\ &= 38,2 \text{ ton} > 23,2 \text{ ton (memenuhi)} \end{aligned}$$

b.3. Cek terhadap geser blok .

Kondisi geser blok diperiksa untuk pelat sambungan dengan nilai tebal terkecil,  $t_p = 8 \text{ mm}$ .

## Evaluasi *(lanjutan)*

Daerah geser blok pada sambungan :



Luas :

$$\begin{aligned} A_{gv} &= 2.(190).(8) \\ &= 3040 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{nv} &= 3040 - 2.(4,5).(14).(8) \\ &= 2032 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{gt} &= 2.(30).(8) \\ &= 480 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{nt} &= 480 - 2.(0,5).(14).(8) \\ &= 368 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$



## Evaluasi *(lanjutan)*

$$f_u \cdot A_{nt} = (370) \cdot (368) = 136160 \text{ N}$$

$$0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv} = 0,6 \cdot (370) \cdot (2032) = 451104 \text{ N}$$

$f_u \cdot A_{nt} < 0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv}$ , maka kondisi geser blok adalah geser fraktur dengan tarik leleh.

$$\begin{aligned} N_{nt} &= 0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv} + f_y \cdot A_{gt} \\ &= 0,6 \cdot (370) \cdot (2032) + (240) \cdot (480) = 566304 \text{ N} \\ &= 566,3 \text{ kN} \\ &= 56,6 \text{ ton} > 23,2 \text{ ton (memenuhi)} \end{aligned}$$

**TERIMA KASIH  
DAN  
SEMOGA LANCAR STUDIANYA!**