

Mata Kuliah : Perancangan Struktur Baja
Kode : CIV - 303
SKS : 3 SKS

Sambungan Baut

Pertemuan – 6, 7

- TIU :
 - Mahasiswa dapat merencanakan kekuatan elemen struktur baja beserta alat sambungnya
- TIK :
 - Mahasiswa dapat mendesain sambungan geser baut
- Sub Pokok Bahasan :
 - Kuat Geser Baut
 - Kuat Tumpu Baut
 - Kuat Tarik Baut

- Setiap struktur baja merupakan gabungan dari beberapa komponen batang yang disatukan dengan alat pengencang.
- Salah satu alat pengencang adalah baut terutama baut mutu tinggi (A325 & A490)
- Selain mutu tinggi ada pula baut mutu normal A307 terbuat dari baja kadar carbon rendah.



ASTM A325 Bolt



ASTM A490 Bolt



- Dua tipe dasar baut mutu tinggi yang distandardkan oleh ASTM adalah tipe A325 dan A490.
- Baut ini mempunyai kepala berbentuk segi enam.
- Baut A325 terbuat dari baja carbon yang memiliki kuat leleh 560 – 630 MPa, baut A490 terbuat dari baja alloy dengan kuat leleh 790 – 900 MPa, tergantung pada diameternya.
- Diameter baut mutu tinggi berkisar antara $\frac{1}{2}$ - $1\frac{1}{2}$ in, yang sering digunakan dalam struktur bangunan berdiameter $\frac{3}{4}$ dan $\frac{7}{8}$ in, dalam desain jembatan antara $\frac{7}{8}$ hingga 1 in.

- Dalam pemasangan baut mutu tinggi memerlukan gaya tarik awal yang cukup yang diperoleh dari pengencangan awal.
- Gaya ini akan memberikan friksi sehingga cukup kuat untuk memikul beban yang bekerja.
- Gaya ini dinamakan *proof load* yang diperoleh dengan mengalikan luas daerah tegangan tarik (A_s) dengan kuat leleh yang besarnya $70\% f_u$ untuk A325, dan $80\% f_u$ untuk A490.

$$A_s = \frac{\pi}{4} \left[d_b - \frac{0,9743}{n} \right]^2$$

dengan :

d_b adalah diameter nominal baut
 n adalah jumlah ulir per mm

Tipe Baut	Diameter (mm)	Proof Stress (MPa)	Kuat Tarik Min.(MPa)
A307	6.35 - 104	-	60
A325	12.7 – 25.4	585	825
	28.6 – 38.1	510	725
A490	12.7 – 38.1	825	1035

Tahanan Nominal Baut

- Suatu baut yang memikul beban terfaktor, R_u , sesuai persyaratan LRFD harus memenuhi :

$$R_u \leq \phi \cdot R_n$$

- dengan R_n adalah tahanan nominal baut sedangkan ϕ adalah faktor reduksi yang diambil sebesar 0,75.
- Besarnya R_n berbeda – beda untuk masing – masing tipe sambungan.

Tahanan Geser Baut

Tahanan nominal satu buah baut yang memikul gaya geser memenuhi persamaan :

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

Dengan

r_1 = 0,50 untuk baut tanpa ulir pada bidang geser

r_1 = 0,40 untuk baut dengan ulir pada bidang geser

f_u^b adalah kuat tarik baut (MPa)

A_b adalah luas bruto penampang baut pada daerah tak berulir

m adalah jumlah bidang geser

Tahanan Tarik Baut

Baut yang memikul gaya tarik tahanan nominalnya dihitung menurut :

$$R_n = 0,75 \cdot f_u^b \cdot A_b$$

dengan

f_u^b adalah kuat tarik baut (MPa)

A_b adalah luas bruto penampang baut pada daerah tak berulir

Tahanan Tumpu Baut

Tahanan tumpu nominal tergantung kondisi yang terlemah dari baut atau komponen pelat yang disambung. Besarnya ditentukan sebagai berikut :

$$R_n = 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u$$

dengan

d_b adalah diameter baut pada daerah tak berulir

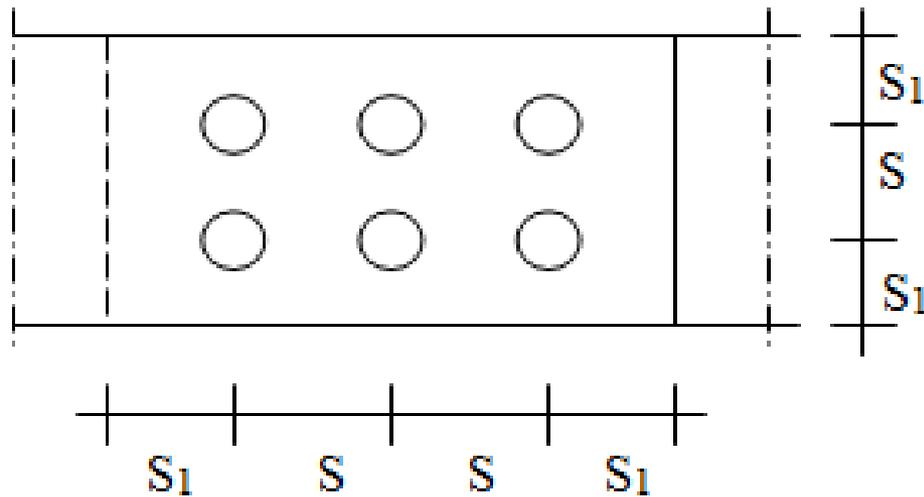
t_p adalah tebal pelat

f_u kuat tarik putus terendah dari baut atau pelat

untuk lubang baut selot panjang tegak lurus arah gaya berlaku :

$$R_n = 2,0 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u$$

- Tata letak baut diatur dalam SNI pasal 13.4.
- Jarak antar pusat lubang baut harus diambil tidak kurang dari **3 kali diameter** nominal baut, dan jarak antara baut tepi dengan ujung pelat harus sekurang – kurangnya **1,5 diameter** nominal baut.
- Jarak maksimum antar pusat lubang baut tak boleh melebihi **$15t_p$** (dengan t_p adalah tebal pelat lapis tertipis dalam sambungan) atau **200 mm**, sedangkan jarak tepi maksimum harus tidak melebihi (**$4t_p + 100 \text{ mm}$**) atau **200 mm**.



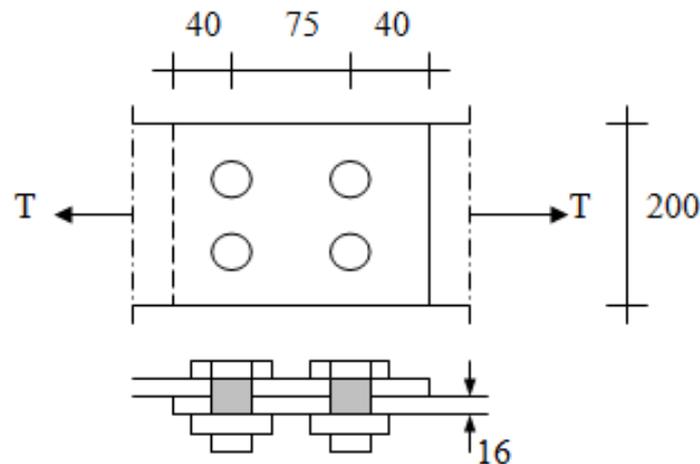
$$3d_b < S < 15t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$1,5d_b < S_1 < (4t_p + 100\text{mm}) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

Gambar 1. Tata Letak Baut

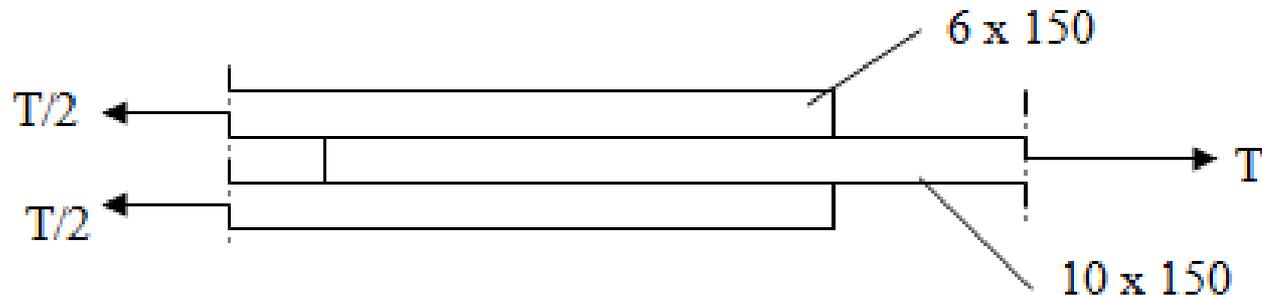
Contoh 1 :

- Hitung beban kerja tarik maksimum untuk sambungan tipe tumpu berikut, yang menyatukan dua buah pelat (BJ 37) berukuran 16×200 mm. Baut yang digunakan berdiameter 22 mm, $f_u^b = 825$ MPa dan tanpa ulir dalam bidang geser. Beban hidup yang bekerja besarnya 3 kali beban mati.



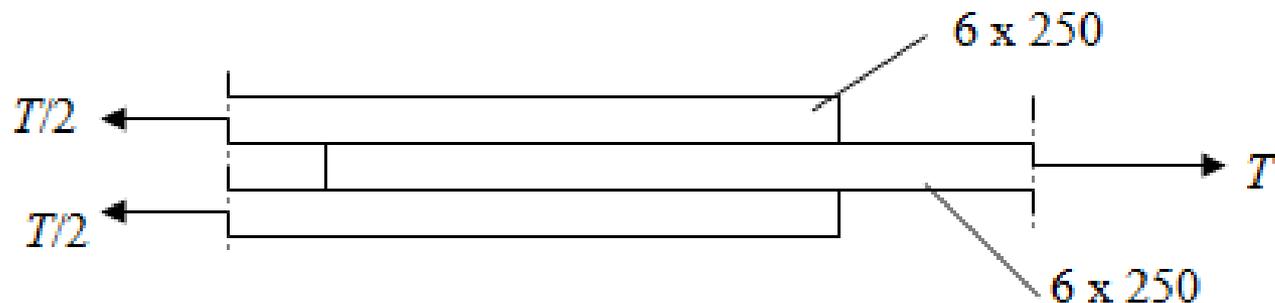
Contoh 2 :

- Rencanakan sambungan baut sekuat pelat yang disambung bagi komponen struktur tarik berikut ini. Pelat dari baja BJ 55 ($f_y = 410$ MPa, $f_u = 550$ MPa). Gunakan baut diameter 19 mm (tanpa ulir di bidang geser, $f_u^b = 825$ MPa). Rencanakan baut diatur dalam dua baris.



Contoh 3 :

- Hitung jumlah baut yang diperlukan oleh komponen struktur berikut yang memikul beban mati ($D = 3$ ton) dan beban hidup ($L = 15$ ton). Gunakan baut tanpa ulir di bidang geser, $d_b = 19$ mm, $f_u^b = 825$ MPa. Pelat yang disambung dari baja BJ 37. Aturlah baut dalam 2 baris.



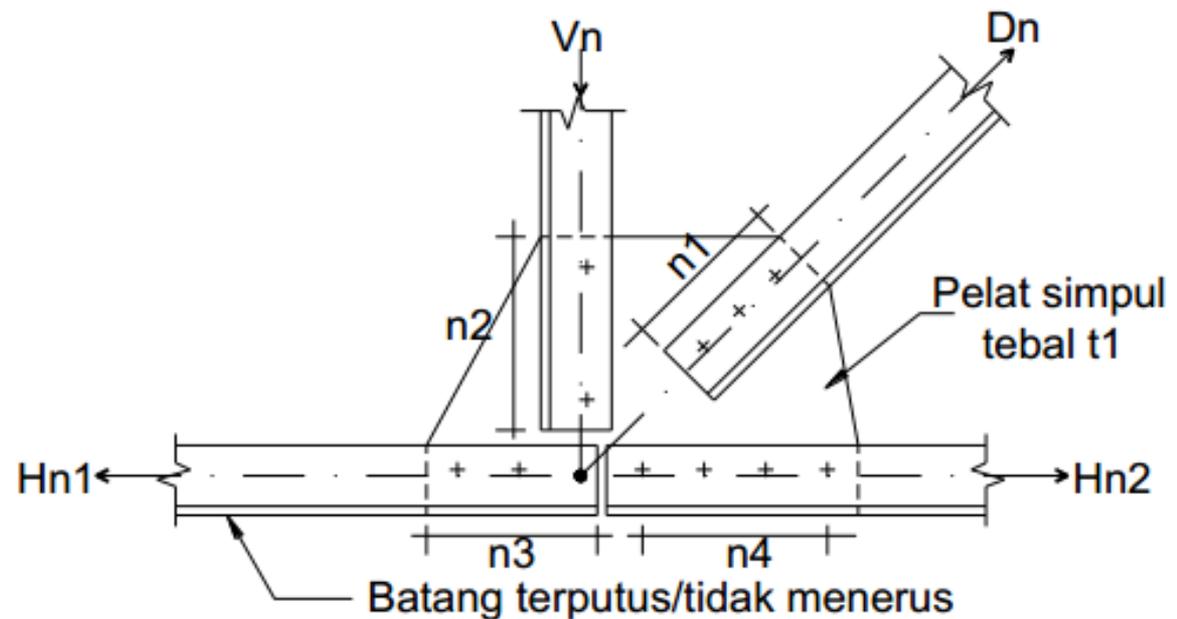
Untuk batang terputus, maka dihitung masing-masing

$$n_1 \geq \frac{D_n}{\phi R_n}$$

$$n_2 \geq \frac{V_n}{\phi R_n}$$

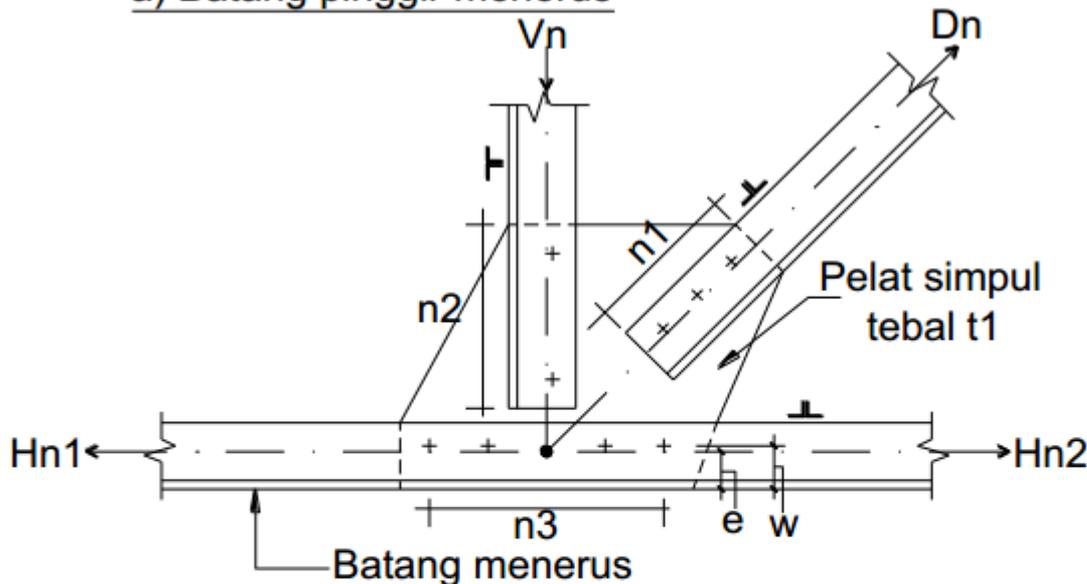
$$n_3 \geq \frac{H_{u1}}{\phi R_n}$$

$$n_4 \geq \frac{H_{n2}}{\phi R_n}$$



$n_{\min} = 2$, jarak baut sesuai SKSNI (tata cara)

a) Batang pinggir menerus



$$n_1 \geq \frac{D_n}{\phi R_n}$$

$$n_2 \geq \frac{V_n}{\phi R_n}$$

$$n_3 \geq \frac{(H_{u2} - H_{u1})}{\phi R_n}$$

$$n \text{ min} = 2$$

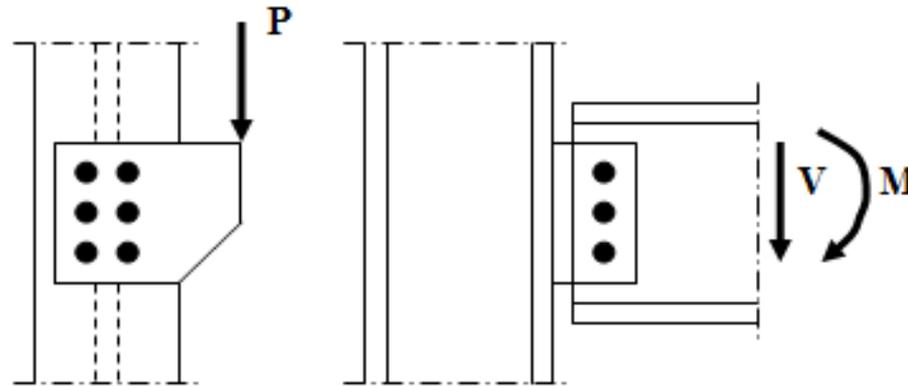
e = letak garis berat profil = garis kerja gaya

w = letak lubang baut

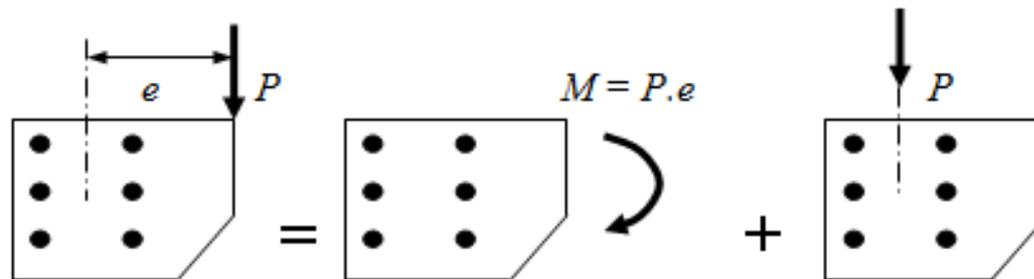
e dan w = dapat dilihat pada tabel profil

Geser Eksentris

- Apabila gaya P bekerja pada garis kerja yang tidak melewati titik berat kelompok baut, maka akan timbul efek akibat gaya eksentris tersebut.
- Beban P yang mempunyai eksentrisitas sebesar e , adalah ekuivalen statis dengan momen P dikali e ditambah dengan sebuah gaya konsentris P yang bekerja pada sambungan.
- Karena baik momen maupun beban konsentris tersebut memberi efek geser pada kelompok baut, kondisi ini sering disebut sebagai **geser eksentris**.



Gambar Contoh Sambungan Geser Eksentris



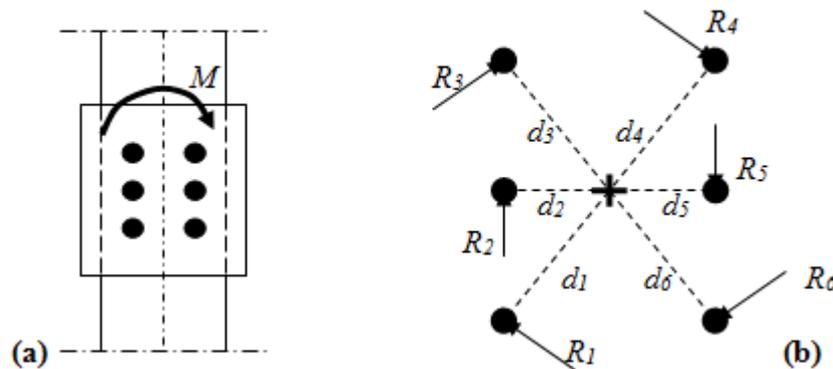
Gambar Kombinasi Momen Dan Geser

Dalam mendisain sambungan seperti ini, dapat dilakukan dua macam pendekatan yaitu :

- **analisa elastik**, yang mengasumsikan tak ada gesekan antara pelat yang kaku dan alat pengencang yang elastik
- **analisa plastis**, yang mengasumsikan bahwa kelompok alat pengencang dengan beban eksentris P berputar terhadap pusat rotasi sesaat dan deformasi di setiap alat penyambung sebanding dengan jaraknya dari pusat rotasi.

Analisa Elastik

- Prosedur analisa ini didasarkan pada konsep mekanika bahan sederhana, dan digunakan sebagai prosedur konservatif



$$M = R_1.d_1 + R_2.d_2 + \dots + R_6.d_6 = \Sigma R.d$$

$$\frac{R_1}{d_1} = \frac{R_2}{d_2} = \dots = \frac{R_6}{d_6}$$

$$R_1 = \frac{R_1}{d_1}.d_1 ; R_2 = \frac{R_1}{d_1}.d_2 ; \dots ; R_6 = \frac{R_1}{d_1}.d_6$$

$$M = \frac{R_1}{d_1}.d_1^2 + \frac{R_1}{d_1}.d_2^2 + \dots + \frac{R_1}{d_1}.d_6^2$$

$$M = \frac{R_1}{d_1} [d_1^2 + d_2^2 + \dots + d_6^2] = \frac{R_1}{d_1} . \Sigma d^2$$

$$R_1 = \frac{M.d_1}{\Sigma d^2} \quad R_2 = \frac{M.d_2}{\Sigma d^2} ; R_3 = \frac{M.d_3}{\Sigma d^2} ; \dots ; R_6 = \frac{M.d_6}{\Sigma d^2}$$



$$R = \frac{M.d}{\Sigma d^2}$$

Apabila gaya R , diuraikan dalam arah x dan y , maka dapat dituliskan komponen gaya dalam arah x dan y :

$$R_x = \frac{y}{d} \cdot R \qquad R_y = \frac{x}{d} \cdot R$$

Karena $d^2 = x^2 + y^2$, maka

$$R_x = \frac{M \cdot y}{\sum x^2 + \sum y^2} \qquad R_y = \frac{M \cdot x}{\sum x^2 + \sum y^2}$$

Dengan hukum penjumlahan vektor, maka

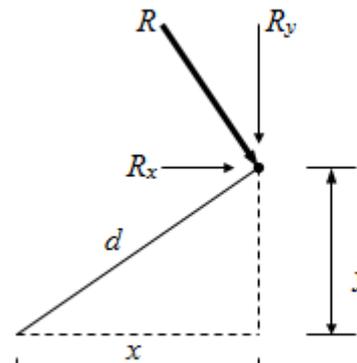
$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$$

Untuk menghitung gaya total akibat beban eksentris, maka pengaruh gaya R_v memberikan kontribusi gaya kepada tiap baut sebesar

$$R_v = \frac{P}{N}$$

dengan N adalah jumlah baut, sehingga

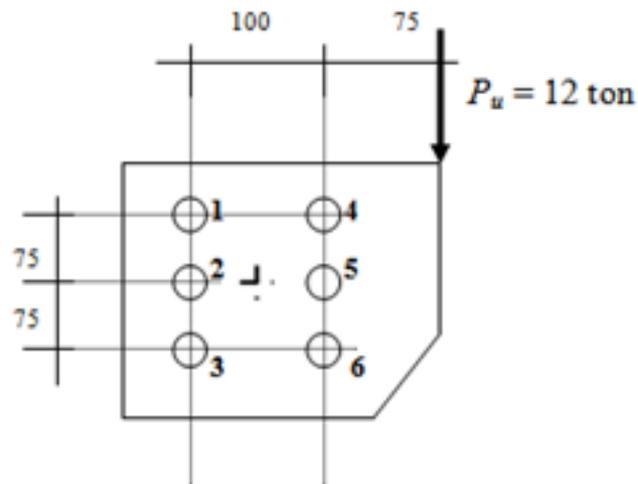
$$R = \sqrt{R_x^2 + (R_y + R_v)^2}$$



Gambar 1. Gaya R Diuraikan Dalam Arah x dan y

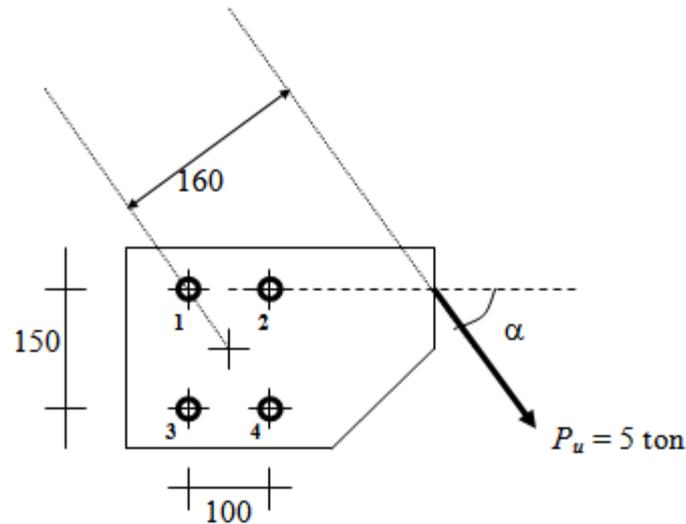
Contoh 1 :

- Hitunglah gaya maksimal yang bekerja dalam satu baut, untuk suatu komponen struktur berikut yang memikul gaya eksentris seperti pada gambar.

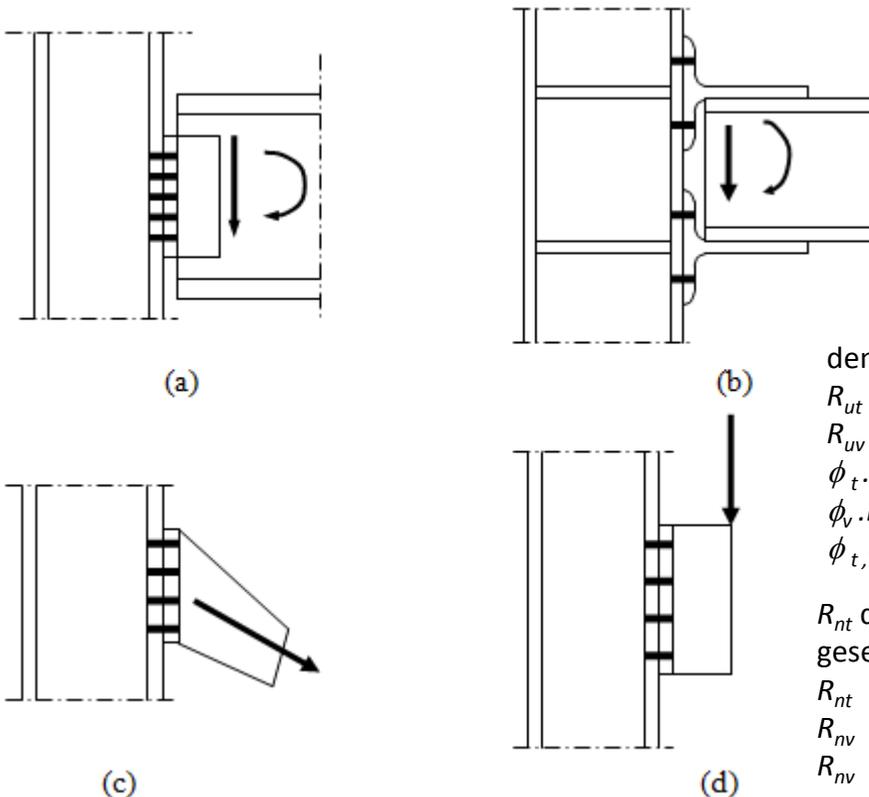


Contoh 2 :

- Hitung gaya R yang bekerja pada baut nomor 2 berikut ini, bila kelompok baut tersebut memikul beban $P_u = 5$ ton yang membentuk sudut α terhadap sumbu horizontal, dimana besarnya $\tan \alpha = \frac{3}{4}$.



Kombinasi Geser Dan Tarik



$$\left[\frac{R_{ut}}{\phi_t \cdot R_{nt}} \right]^2 + \left[\frac{R_{uv}}{\phi_v \cdot R_{nv}} \right]^2 \leq 1$$

dengan :

R_{ut}

adalah beban tarik terfaktor pada baut

R_{uv}

adalah beban geser terfaktor pada baut

$\phi_t \cdot R_{nt}$

adalah tahanan rencana pada baut dalam tarik saja

$\phi_v \cdot R_{nv}$

adalah tahanan rencana pada baut dalam geser saja

ϕ_t, ϕ_v

= 0,75

R_{nt} dan R_{nv} masing – masing adalah tahanan nominal tarik dan geser yang besarnya :

$$R_{nt} = 0,75 \cdot f_u^b \cdot A_b$$

$$R_{nv} = m \cdot 0,5 \cdot f_u^b \cdot A_b$$

$$R_{nv} = m \cdot 0,4 \cdot f_u^b \cdot A_b$$

Kombinasi Geser Dan Tarik

Peraturan menyederhanakan persamaan interaksi geser – tarik, menjadi sebuah persamaan garis lurus :

$$\left[\frac{R_{ut}}{\phi_t \cdot R_{nt}} \right] + \left[\frac{R_{uv}}{\phi_v \cdot R_{nv}} \right] \leq C$$

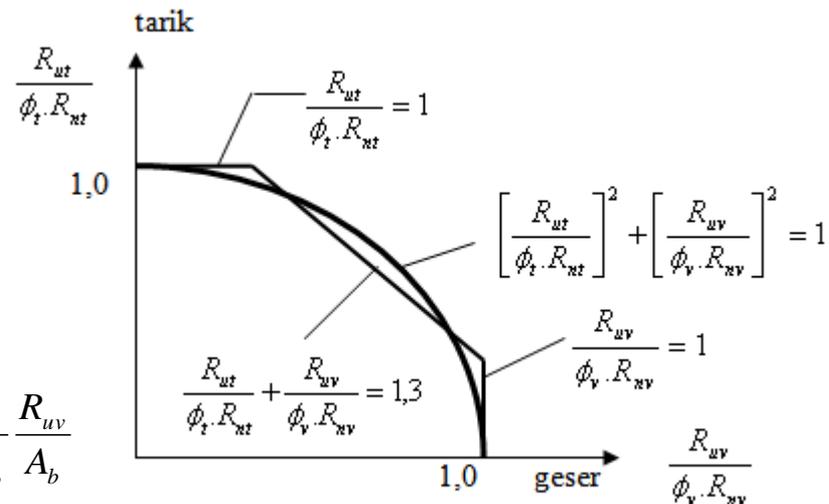
$$R_{ut} \leq C \cdot \phi_t \cdot R_{nt} - \frac{\phi_t \cdot R_{nt}}{\phi_v \cdot R_{nv}} \cdot R_{uv}$$

$$\frac{R_{ut}}{A_b} \leq C \frac{\phi(0,75 \cdot f_u^b) \cdot A_b}{A_b} - \frac{\phi(0,75 \cdot f_u^b) \cdot A_b}{0,75 \cdot (0,5 \cdot f_u^b) \cdot A_b} \frac{R_{uv}}{A_b}$$

$$f_{ut} \leq [\phi \cdot f_t = \phi \cdot (0,75 \cdot f_u^b \cdot C - 2 \cdot f_{uv})]$$

Untuk baut dengan ulir pada bidang geser diperoleh :

$$f_{ut} \leq [\phi \cdot f_t = \phi \cdot (0,75 \cdot f_u^b \cdot C - 2,5 \cdot f_{uv})]$$



Kombinasi Geser Dan Tarik

- Nilai konstanta C dalam peraturan ditetapkan besarnya adalah 1,3.
- Nilai 2 dan 2,5 (koefisien f_{uv}) dalam peraturan direduksi menjadi 1,5 dan 1,9.
- Besarnya nilai $\phi.f_t$ untuk masing – masing mutu baut diberikan dalam Tabel

Tabel Nilai $\phi.f_t$ Untuk Berbagai Tipe Baut

Tipe Baut	$\phi.f_t$
A325 dengan ulir di bidang geser	$\phi.(807 - 1,9f_{uv}) < \phi.621$
A325 tanpa ulir di bidang geser	$\phi.(807 - 1,5f_{uv}) < \phi.621$
A490 dengan ulir di bidang geser	$\phi.(1010 - 1,9f_{uv}) < \phi.779$
A490 tanpa ulir di bidang geser	$\phi.(1010 - 1,5f_{uv}) < \phi.779$

Kombinasi Geser Dan Tarik

Dalam perencanaan sambungan yang memikul kombinasi geser dan tarik, ada dua persyaratan yang harus dipenuhi :

$$1. f_{uv} = \frac{V_u}{n.A_b} \leq \begin{cases} 0,5 \cdot \phi \cdot f_u^b \cdot m & \text{Tanpa ulir di bidang geser} \\ 0,4 \cdot \phi \cdot f_u^b \cdot m & \text{Dengan ulir di bidang geser} \end{cases}$$

$$2. \phi R_{nt} = \phi \cdot f_t \cdot A_b > \frac{T_u}{n}$$

Sambungan Tipe Friksi

Untuk sambungan tipe friksi berlaku hubungan :

$$\frac{V_u}{n} \leq \phi \cdot V_n \left(1 - \frac{T_u / n}{1,13 \times \text{proofload}} \right)$$

dengan :

$$V_n = 1,13 \cdot \mu \cdot \text{proof load} \cdot m$$

$$\text{Proof load} = 0,75 \times A_b \times \text{proof stress}$$

A_b adalah luas bruto baut

T_u adalah beban tarik terfaktor

n adalah jumlah baut

Kombinasi Geser Dan Tarik

Contoh 3

Hitung kecukupan jumlah baut bagi sambungan berikut ini (tipe tumpu dan tipe friksi), diketahui beban terdiri dari 10% beban mati dan 90% beban hidup. Baut A325 tanpa ulir di bidang geser.

