

AAN BURHANUDIN

RIVETED JOIN (PAKU KELING)

APLIKASI SAMBUNGAN RIVETED JOIN

1. Sebagai sambungan penahan beban, misalnya pada konstruksi baja, pesawat angkat (*crane*), konstruksi pesawat terbang,

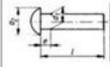
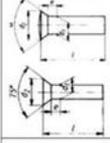
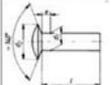
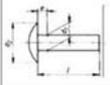
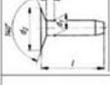
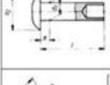
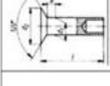
Konstruksi Sambungan 17

2. konstruksi pesawat luar angkasa, dan konstruksi kendaraan (konstruksi ringan);

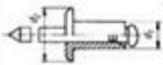
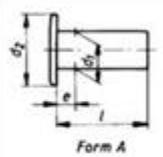
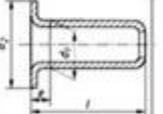
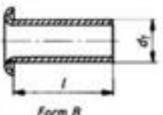
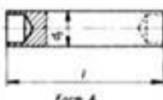
2. Sebagai sambungan pengikatan (tanpa beban yang jelas), misalnya konstruksi asesori untuk bagian luar kendaraan atau pesawat terbang;

3. Sebagai sambungan kedap, misalnya konstruksi tangki, cerobong asap yang tidak bertekanan. Pada konstruksi pesawat terbang, umumnya tangki dan rongganya disambung dengan paku keling guna mendapatkan sambungan yang kedap udara.

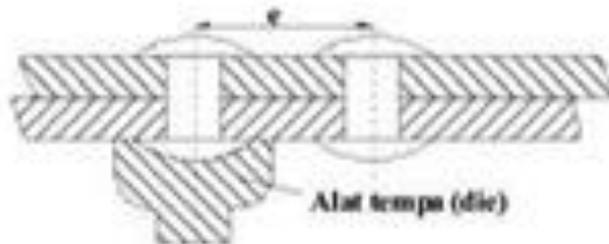
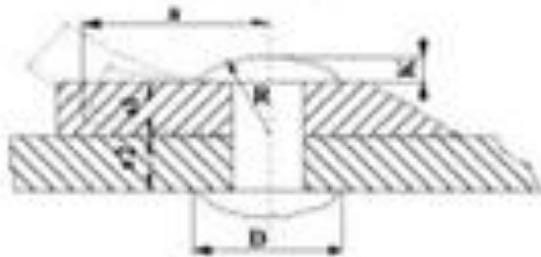
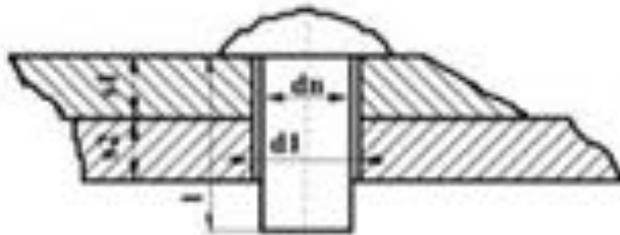
BENTUK SAMBUNGAN

Gambar	Nama	DIN	Dimensi	Material	Aplikasi
	Paku keling setengah bola	124	$d_1 = 10 - 36$ $d_2 = 1,6 d_1$	QSt 32-3 QSt 36-3	Konstruksi baja
		660	$d_1 = 1 - 8$ $d_2 = 1,75 d_1$	QSt 32-3 QSt 36-3 A2, A4 SF-Cu CuZn 37 Al 99,5	Konstruksi logam Konstruksi kendaraan
	Paku keling tirus	302	$d_1 = 10 - 36$ $= 75^\circ, 60^\circ, 45^\circ$	QSt 32-3 QSt 36-3	Konstruksi baja
		661	$d_1 = 1 - 8$ $d_2 = 1,75 d_1$	QSt 32-3 QSt 36-3 A2, A4 SF-Cu CuZn 37 Al 99,5	Konstruksi logam Konstruksi kendaraan
	Paku keling cembung	662	$d_1 = 1,6 - 6$ $d_2 = 2 d_1$	QSt 32-3 QSt 36-3 SF-Cu CuZn 37 Al 99,5	Portal, perlengkapan, permukaan lantai, jalan setapak, permukaan bergerigi, penampilan yang menarik
	Paku keling bulatan datar	674	$d_1 = 1,4 - 6$ $d_2 = 2,25 d_1$	QSt 32-3 QSt 36-3 SF-Cu CuZn 37 Al 99,5	Keling dinding luar pada konstruksi kendaraan dan pesawat, perlengkapan, pelat halus, plastik, kardus
	Paku keling tirus rata (paku keling sabuk)	675	$d_1 = 3 - 5$ $d_2 = 2,75 d_1$	QSt 32-3 QSt 36-3 SF-Cu Al 99,5	Untuk sabuk/belt dari kulit, kain, dan plastik, ikat pinggang
	Paku keling berlubang setengah dengan kepala bulat rata	6791	$d_1 = 1,6 - 10$ $d_2 = 2 d_1$	QSt 32-3 QSt 36-3 SF-Cu CuZn 37 Al 99,5	Untuk menyambung material yang sensitif, pengerjaannya murah dengan mesin jahit
	Paku keling berlubang setengah dengan kepala tirus	6792	$d_1 = 1,6 - 10$ $d_2 = 2 d_1$	QSt 32-3 QSt 36-3 SF-Cu CuZn 37 Al 99,5	Untuk menyambung material yang sensitif, pengerjaannya murah dengan mesin jahit
	Paku keling berlubang dua sisi Form A: terbuka Form B: tertutup	7331	$d_1 = 2 - 6$	USt 3 CuZn 37F30	Untuk menyambung logam dengan kulit, plastik, kertas, dan lain-lain dan untuk menyambung logam yang sensitif

MACAM SAMBUNGAN

	<p>Paku keling buntu dengan takikan patah</p>	<p>ENISO 15975 s/d 15984 16582 s/d 16585</p>	<p>$d_1 = 2,4 - 6,4$ $d_2 = 2,1 d_1$</p>	<p>Al/AIA, AIA/AIA, AIA/St, Cu/St, Cu/Br, Cu/SSt, NiCu/St, NiCu/SSt, A2/A2, A2/SSt, St/St</p>	<p>Untuk menyambung komponen-komponen, dimana pada satu sisi tidak tembus, cepat, tidak pengerjaan lagi. Untuk komponen berongga, konstruksi pelat, kendaraan, logam, aluminium.</p>
 <p>Form A</p>	<p>Paku keling Form A: pejal Form B: berlubang setengah Form C: berlubang</p>	<p>7338</p>	<p>$d_1 = 3 - 10$ $d_2 = 1,9 d_1$</p>	<p>QSt 32-3, QSt 36-3, USt 3, St 4, SF-Cu CuZn 37, Al 99,5</p>	<p>Untuk sepatu kopling dan sepatu rem</p>
	<p>Paku keling berlubang (dari pelat yang dipres)</p>	<p>7339</p>	<p>$d_1 = 1,5 - 6$</p>	<p>USt 3, St 4, Al 99 W8, CuZn 37 F30, SF-Cu F22</p>	<p>Untuk menyambung logam dengan material yang sensitif (kulit, karet, keramik, dan sebagainya), karena hanya membutuhkan kekuatan yang rendah, elektroteknik, konstruksi pelat, komponen berongga.</p>
 <p>Form B</p>	<p>Paku keling pipa berkepala Form A: rata Form B: bulat</p>	<p>7340</p>	<p>$d_1 = 1 - 10$</p>	<p>St 35, Al 99,5, CuZn 37 F37, SF-Cu F25</p>	<p>Untuk pengeleman yang panjang, sambungan komponen tersembunyi, sebagai poros.</p>
 <p>Form A</p>	<p>Paku keling pena Form A: berlubang Form B: tirus</p>	<p>7341</p>	<p>$d_1 = 25 - 20$ (h9, h11)</p>	<p>9SMnPb28K, St 50 K + G</p>	<p>Untuk pengeleman yang panjang, sambungan komponen tersembunyi, sebagai poros.</p>

DIMENSI PAKU KELING



Ukuran dasar paku keling:

$$d_l = d_n + 1\text{mm.}$$

$$l = 1,26 (s_1 + s_2) + 11\text{mm.}$$

$$\Sigma s = 6 d_n$$

$$K = 0,63 d_n$$

$$a = 1,5 d_n \quad 3 d_n$$

$$D = 1,6 d_n$$

$$R = 0,8 d_n$$

$$a = 1,5 d_n \text{ (baik)}$$

Jarak antara paku keling (e)

Untuk sambungan kawah:

$$e = 2,5 \cdot d_n \text{ (paku kecil)}$$

$$e = 2,2 \cdot d_n \text{ (paku besar)}$$

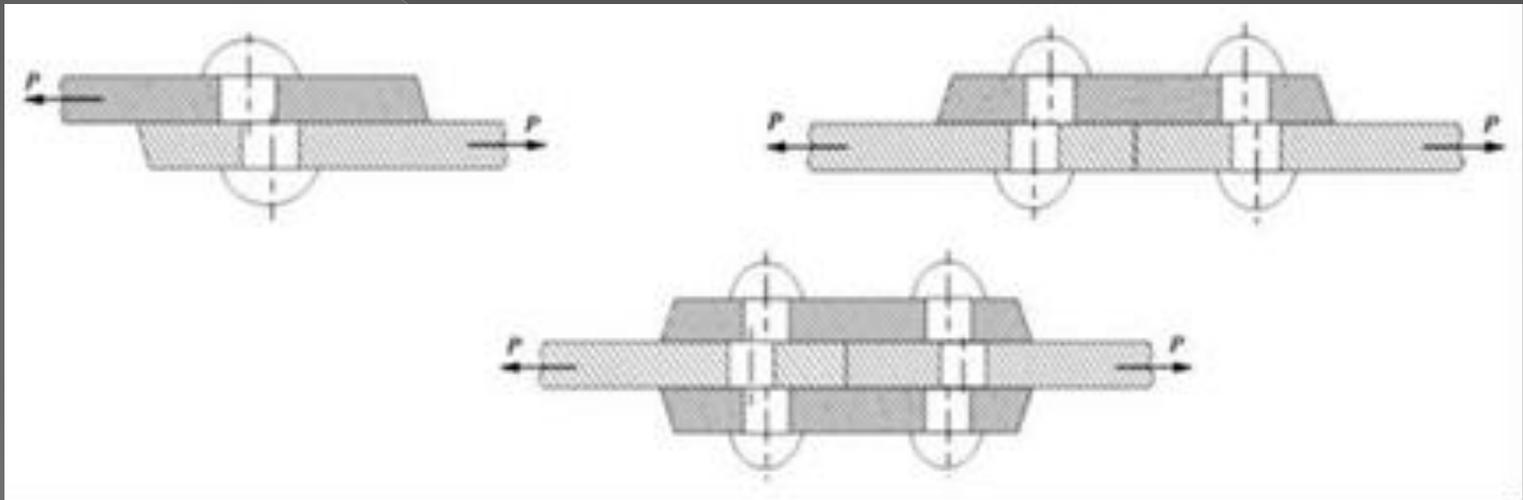
Untuk konstruksi baja :

$$e = (3 + 2,5) \cdot d_n$$

DIMENSI PAKU KELING

Konstruksi Baja	s	4 - 6	5 - 7	6 - 8	7 - 9	8 - 11	10 - 14	13 - 17	16 - 21
	d	12	14	16	18	20	22	24	27
Konstruksi Logam Ringan	s	< 1,3	1,4 - 2	2 - 3,2	3 - 4,5	4,5 - 7	6 - 9	7 - 10	8 - 12
	d	2	3	5	7	10	14	16	20

- Pada konstruksi baja, diameter lubang sama dengan $d + 1$ mm, sedang pada konstruksi logam ringan, diameter lubang sama dengan $d + 0,1 \dots 0,2$ mm.
- Kerusakan paku keling dapat dibedakan seperti berikut:



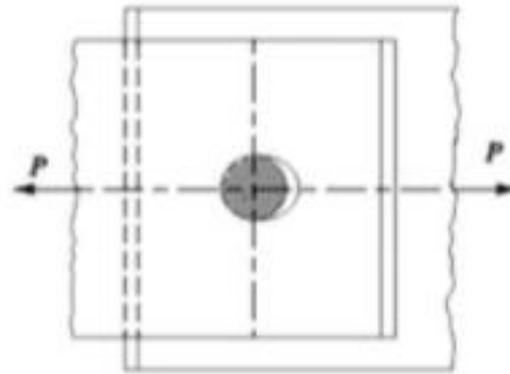
Luasan geser yang terjadi pada paku keling

$$A_S = \frac{\pi}{4} \times d^2$$

Kemampuan paku keling menahan geser

$$P_S = n \times 4 \times d^2 \times \tau$$

- b. Terjadinya tumbukan pada paku keling

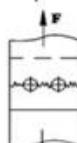


luasan tumbukan paku keling

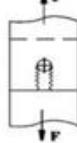
$$\begin{aligned} A_c &= d.t \\ &= n.d.t \end{aligned}$$

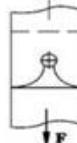
KERUSAKAN PAKU KELING

a.  Paku tergantung
Bila beban F yang bekerja cukup besar dan bahan pelat tahan terhadap tarikan tersebut, tetapi bahan paku keling yang kurang kuat, maka paku keling akan putus akibat tergeser.

b.  Jika beban F besar, maka tegangan yang terjadi tepat pada penampang pelat pada sisi paku keling akan lebih besar. Hal ini akibat adanya lubang paku keling, sehingga luas penampang pada bagian ini lebih kecil.
Jika tegangan yang terjadi ini lebih besar dari pada tegangan bahan pelat, maka pelat akan robek.

c.  Ujung pelat yang terlalu pendek pada konstruksi sambungan paku keling dapat mengakibatkan mudah lentur akibat gaya F yang bekerja, sehingga lubang dari paku keling akan melebar.

d.  Robekan pada pelat dapat terjadi sebagai akibat dari tegangan geser yang terjadi lebih besar dari tegangan geser yang diizinkan dari bahan pelat.

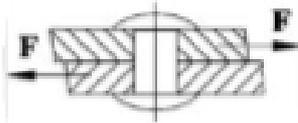
e.  Ujung pelat di belakang paku keling pecah. Hal ini kemungkinan akibat pada saat pemotongan pelat atau pada saat pembuatan lubang paku keling terjadi kerusakan kecil pada bagian pelat tersebut, sehingga saat terkena gaya F akan menjadi lebih parah.

f.  Akibat beban yang tidak sentris pada sistem sambungan paku keling tunggal mengakibatkan pelat melengkung.
Untuk menghindari hal ini, maka tebal pelat dan jarak antara paku keling harus disesuaikan.

Metode Penyambungan dengan Paku Keling

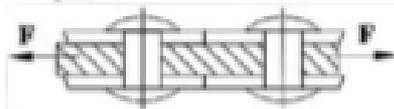
Metode Penyambungan dengan Paku Keling

a.



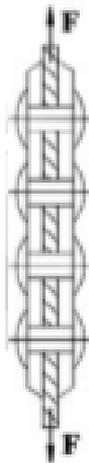
Sistem sambungan ini mengakibatkan terjadinya tegangan bengkok dan tegangan geser pada paku keling.

b.



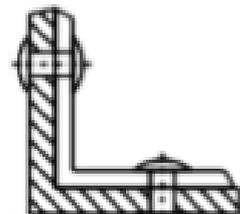
Sistem sambungan dua pelat kurang sesuai untuk sambungan kawah, karena pelat terkena tegangan tekan.

c.



b. dan c. Sistem sambungan tiga pelat. Pada sistem ini akan terjadi tegangan geser pada paku keling dan tegangan tekan pada pelat.

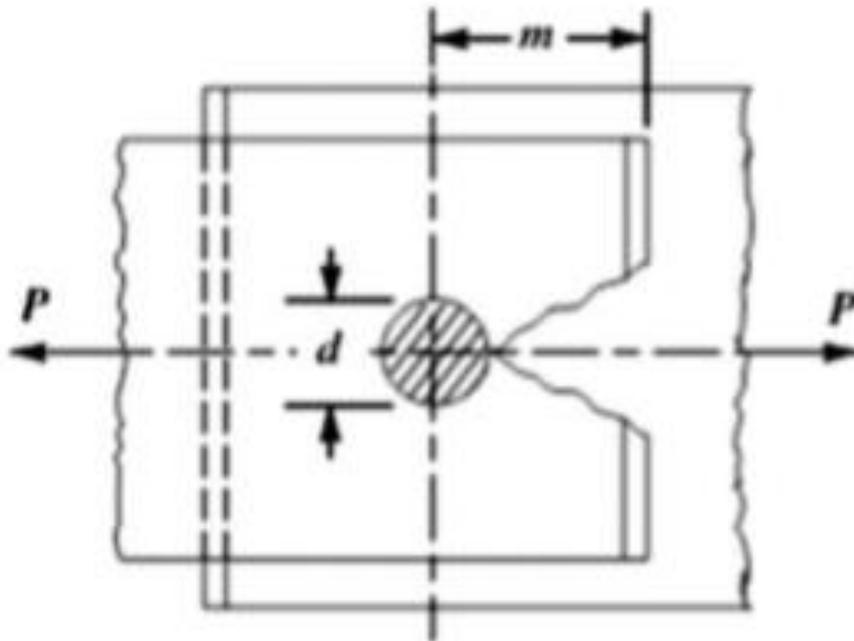
d.



Sambungan siku/ sudut jika menggunakan paku keling.

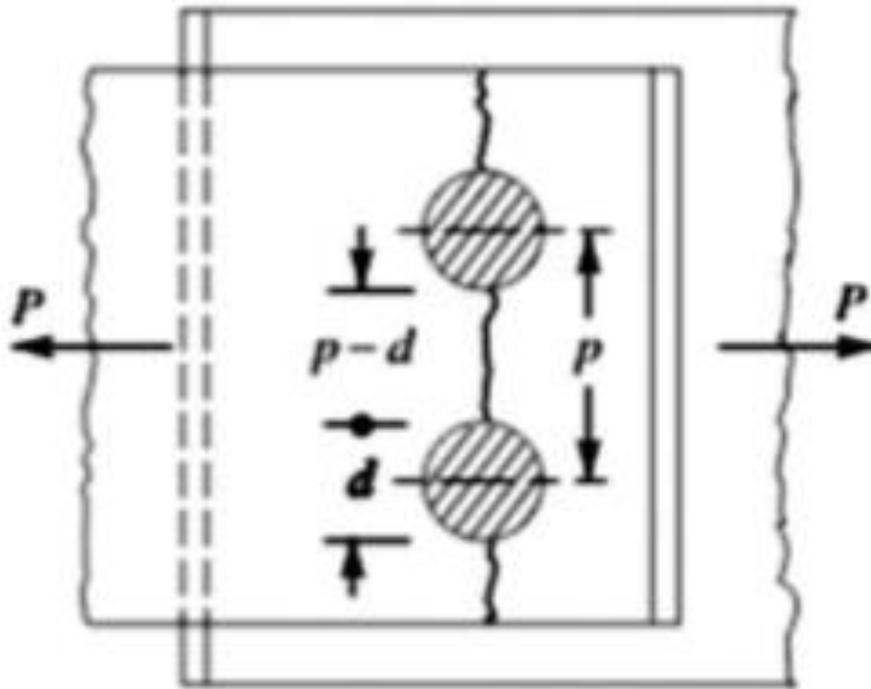
Kerusakan plat pada sambungan paku keling

a. Sobek pada pinggir plat



$$m = 1,5 d$$

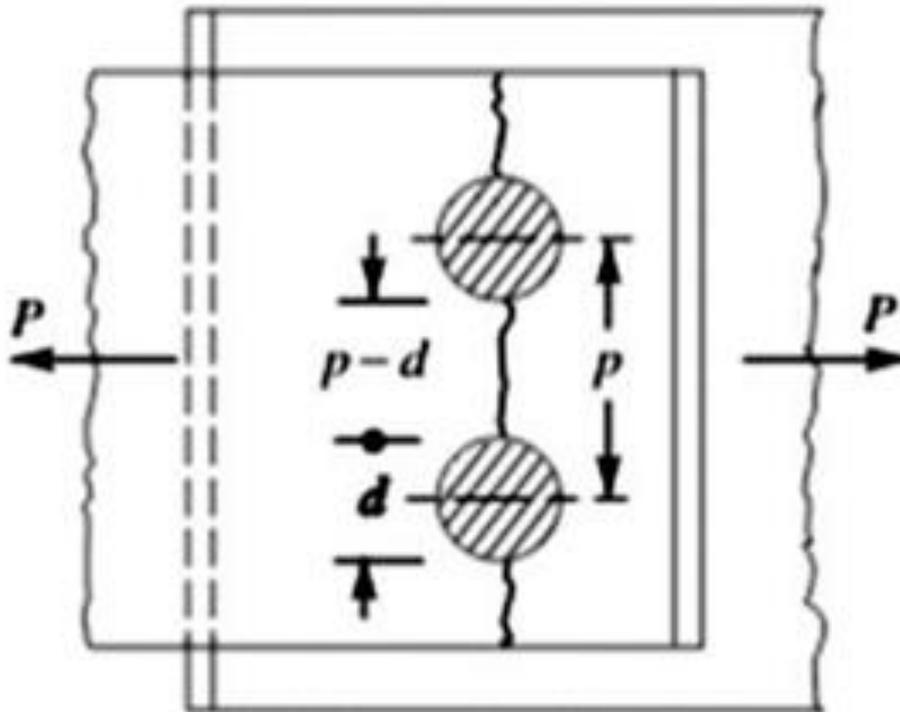
SOBEKAN PADA PAKU KELING



$$A_1 = (p - d)t$$

$$P_1 = A_1 \cdot \sigma_1 = (p - d)t \cdot \sigma_1$$

SOBEKAN PADA KEDUA PAKU KELING



$$A_1 = (p - d)t$$

$$P_1 = A_1 \cdot \sigma = (p - d)t \cdot \sigma$$

PERHITUNGAN SAMBUNGAN

Perhitungan kekuatan dari sambungan paku keling diperoleh dari tegangan yang terjadi pada paku keling (kepala dan batang) dan tegangan yang terjadi pada pelat yang disambung.

Tegangan nominal pada paku keling:

- a. Melalui gesekan, diperoleh gaya yang membebani setiap paku keling:

$$F_1 = F_N \cdot \mu = \sigma_N \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \mu$$

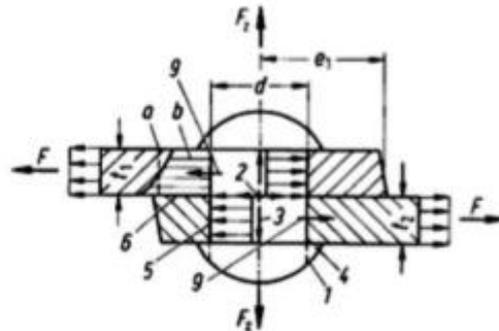
- b. Melalui beban geser pada batang paku keling, diperoleh gaya yang membebani setiap paku keling:

$$F_2 = \tau_s \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

- c. Total gaya yang membebani setiap paku keling:

$$F = F_1 + F_2 = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot (\sigma_N \cdot \mu + \tau_s)$$

JENIS PEMBEBANAN

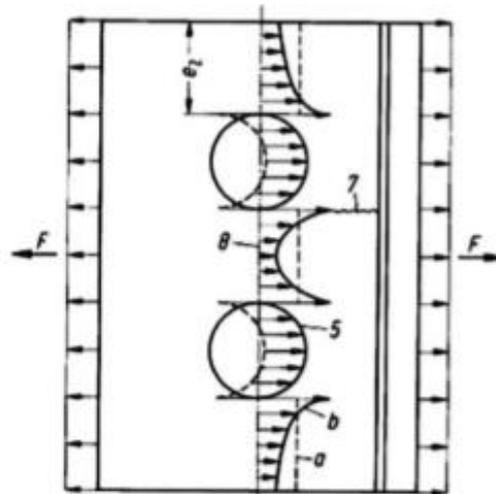


Jenis pembebanan:

1. Beban geser pada kepala paku keling;
2. Beban geser pada batang paku keling;
3. Beban tarik pada batang paku keling;
4. Beban tekan pada landasan kepala paku keling;
5. Beban tekan pada permukaan lubang;



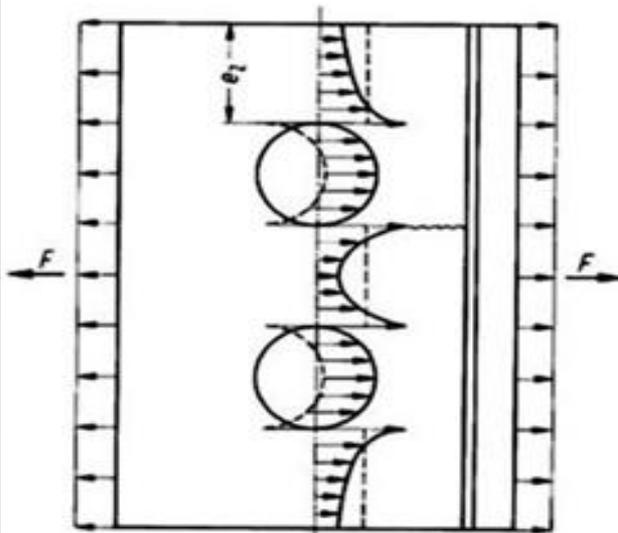
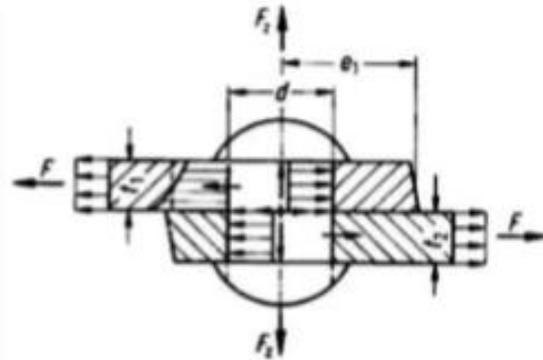
- a. Asumsi untuk perhitungan b. Tekanan yang sebenarnya



6. Beban tekan pada pelat;
7. Beban geser pada pelat di belakang paku keling;
8. Beban tarik pada pelat akibat pengurangan luasan;
9. Beban bengkok pada paku keling.

Gambar 1.11 Pembebanan pada Sambungan Paku Keling

1) Sambungan dengan dua pelat (*lap Joint*)



1) Tegangan geser pada kepala paku keling:

$$\tau_{g \text{ terjadi}} = \frac{F_z}{A} = \frac{F_z}{\pi \cdot d \cdot x}$$

Dimana:

$\tau_{g \text{ terjadi}}$ = tegangan geser yang terjadi pada kepala paku keling (N/mm²);

F_z = beban aksial (N);

A = luas penampang menahan (mm²);

x = ketinggian bagian kepala yang tergeser (mm).

2) Tegangan geser pada batang paku keling:

$$\tau_{g \text{ terjadi}} = \frac{F}{A} = \frac{F}{\frac{\pi}{4} \cdot d^2}$$

Dimana:

$\tau_{g \text{ terjadi}}$ = tegangan geser yang terjadi pada batang paku keling (N/mm²);

F = beban (N);

A = luas penampang menahan (mm²);

d = diameter batang paku keling (mm).

TERIMA KASIH