

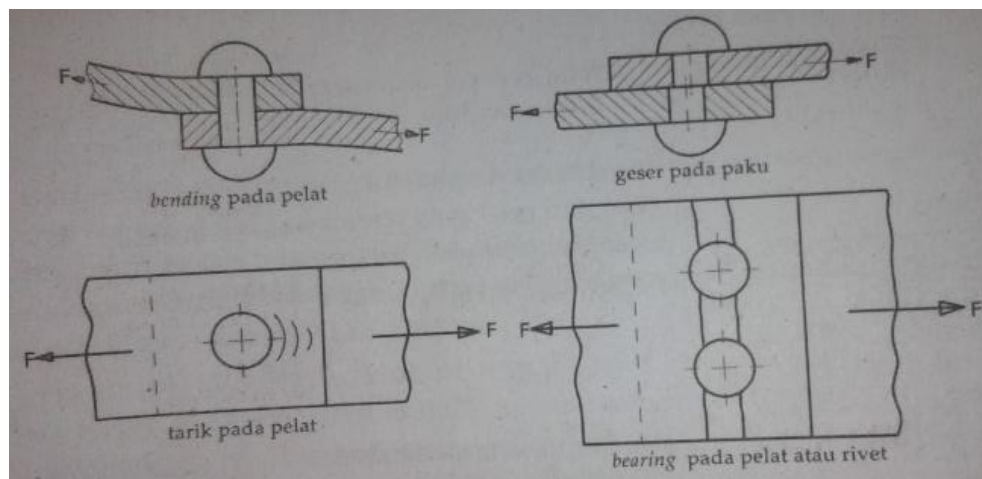
BAB XIV

MEMAHAMI KEKUATAN SAMBUNGAN

A. Kekuatan Sambungan Keling

Sambungan kelingan banyak digunakan pada produk atau benda benda kerjadari bahan pelat atau bahan profil. Sambungan kelingan tersebut berfungsi untuk menyambung bagian pelat satu dengan pelat lainnya atau menyambung bagian plat dengan profil dengan menggunakan paku keling sebagai bahan penyambungannya. Plat disatukan satu sama lain dengan cara ditumpangkan, kemudian dibor selanjutnya dipasang paku keling dan dikelingkan sehingga plat satu dengan plat lainnya menyambung.

Dalam sambungan keling, parameter yang diperatikan antara lain: ukuran diameter keling dan jarak antar keling. Jarak antar keling biasanya minimal 3 kali diameter, dan 16 kali tebal pelat untuk jarak terjauh. Hal tersebut agar keamanan dan keselamatan sambungan terpenuhi. Paku keling dibuat dari bahan yang ulet, seperti baja karbon, aluminium, dan *brass* (kuningan). Berikut terdapat 6 jenis kegagalan konstrksi sambungan keling, antara lain: pelat melengkung, paku keling bergeser, pelat tertarik, *bearing* pada pelat atau rivet.



Gambar 14. 1 Beban geser dan mode kegagalan pada sambungan keling

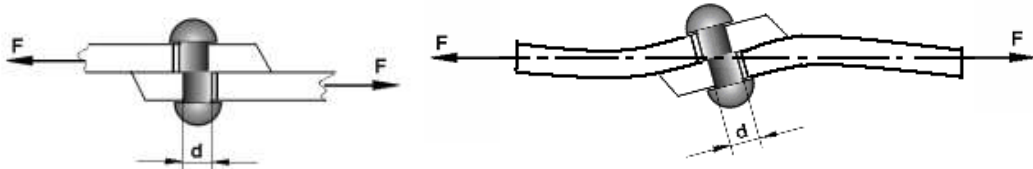
Dalam penyambungannya, keling menerima gaya geser dari pelat yang disambung dan berakibat terjadinya tegangan geser pada batang paku keling. Tegangan geser dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\tau_g = \frac{F}{A}$$

Ket. τ_g = Tegangan geser (N/mm^2)

F = gaya tarik pelat (N)

A = luas penampang keling (mm^2)



Gambar 14. 2 Geseran pada paku keling

Jika sambungan kelingan berimpit dengan kampuh tunggal mendapatkan beban sentris F (N), paku keling yang terpasang berjumlah n (*buah*) dengan ukuran d (mm), maka tegangan geser yang terjadi adalah:

$$\tau_g = \frac{F}{A} = \frac{F}{\frac{\pi}{4} \times d^2 \times n}$$

Ket. τ_g = Tegangan geser (N/mm^2)

F = gaya tarik pelat (N)

A = luas penampang keling (mm^2)

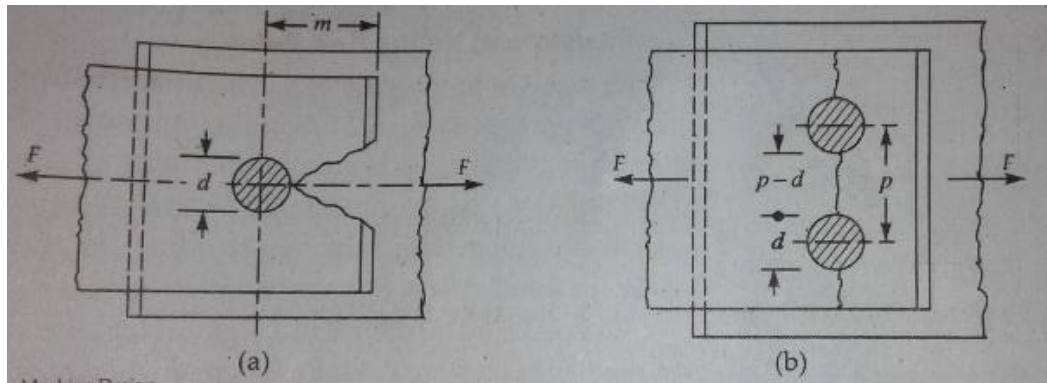
d = diameter keling (mm)

n = jumlah keling yang digunakan (*buah*)

Berikut contoh kegagalan sambungan keling yang mungkin terjadi pada suatu konstruksi:

1. Tensile Teat Out

Kegagalan ini terjadi karena jarak lubang paku keling terlalu dekat dengan tepi pelat. Jenis kegagalan ini dapat diilustrasikan pada gambar berikut:



Gambar 14. 3 keretakan yang terjadi akibat gaya tarik pada pelat

Untuk mencegah terjadinya retakan pada pelat, maka jarak keling dengan tepi pelat dapat dibuat minimal $3 \times \text{Ø paku}$.

Serta untuk mencegah retak di tengah pelat, dilakukan dengan tidak memberikan beban yang melebihi nilai ketahanan retak pelat. Besar nilai ketahanan pelat dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$\begin{aligned}
 F_t &= A_t \times \sigma_t \\
 &= (p - d) \times t \times \sigma_t
 \end{aligned}$$

Ket:

F_t = Nilai ketahanan (N)

A_t = luas pelat (mm^2)

σ_t = tegangan tarik izin (N/mm^2)

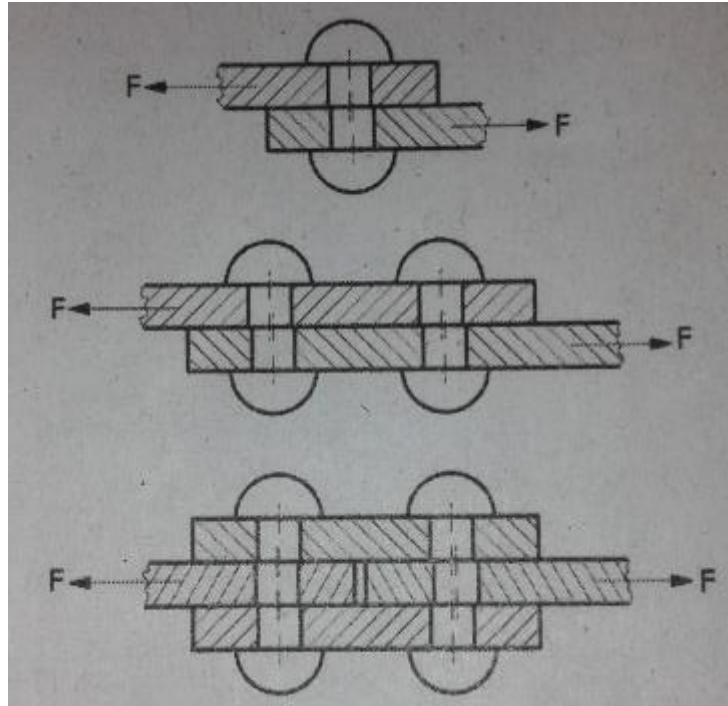
p = pitch (jarak dua keling) (mm)

d = diameter lubang keling (mm)

t = tebal pelat (mm)

2. Ketahanan Geser Keling

Kerusakan dapat terjadi pada batang paku keling, yakni apabila paku keling tidak mampu menahan gaya dan berakibat bagian batang atau kepala keling terputus.



Gambar 14. 4 Ilustrasi pergeseran keling

Besar nilai ketahanan geser paku keling dapat dihitung menggunakan rumus:

$$F_s = \tau_s \times \frac{\pi}{4} \times d^2 \times n$$

Ket. F_s = Nilai ketahanan geser (N)

τ_s = tegangan geser izin (N/mm^2)

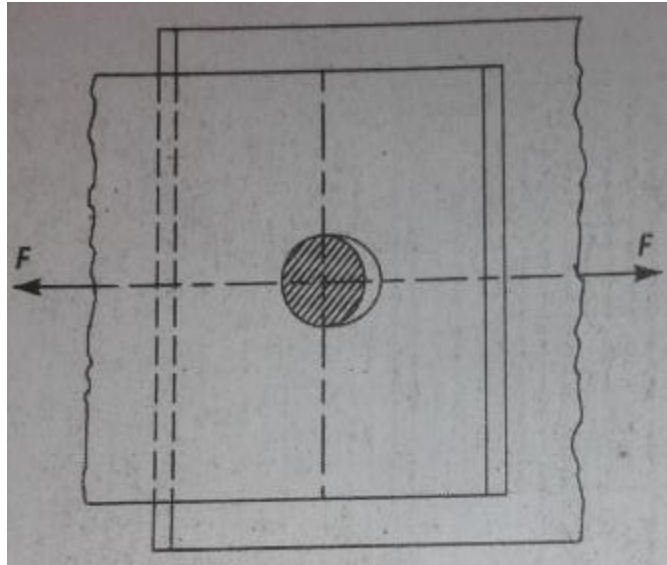
A = luas penampang keling (mm^2)

d = diameter keling (mm)

n = jumlah keling yang digunakan (buah)

3. Ketahanan Perubahan Bentuk (*Crushing Resistance*) Keling dan Pelat

Kegagalan konstruksi ini dapat terjadi karena lemahnya pelat akibat beban tarik, sehingga kekuatan sambungan keling melemah dan keing dapat terlepas.



Gambar 14. 5 Perubahan bentuk lubang keling akibat gaya tarik yang bekerja pada pelat

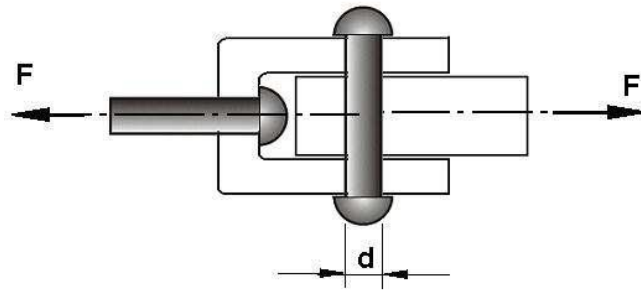
Besar nilai ketahanan perubahan bentuk sambungan paku keling dapat dihitung menggunakan rumus:

$$F_c = n \times d \times t \times \sigma_c$$

- Ket. F_c = Nilai ketahanan (N)
 σ_c = tegangan izin (N/mm^2)
 d = diameter keling (mm)
 t = tebal pelat (mm)
 n = jumlah keling tiap satu satuan panjang *pitch* (buah)

CONTOH SOAL

Hitung tegangan geser suatu konstruksi sambungan kelingan seperti di bawah ini yang terjadi jika diketahui diameter paku keling: 20 mm dan gaya 4000 N.



Jawaban :

$$\tau_g = \frac{F}{A}$$

Luas paku keling yang tergeser terdapat di dua tempat yaitu :

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

$$A = 2 \times 0,785 \times 202$$

$$A = 628 \text{ mm}^2$$

jadi:

$$\tau_g = \frac{4000}{628} = 6.4 \text{ N/mm}^2$$

B. Kekuatan sambungan Baut

Fungsi sambungan baut antara lain sebagai pengikat komponen, penutup lubang, sebagai pengatur jarak, dsb. Dalam perancangan mesin, perhitungan kekuatan sambungan baut merupakan tahap penting untuk mendapatkan konstruksi yang aman, yakni memperhitungkan kekuatan untuk menentukan ukuran dan jumlah baut yang dibutuhkan. Berikut adalah beberapa perhitungan dalam perancangan sambungan baut:

1. Tegangan Tarik pada Baut

Tegangan Tarik pada baut terjadi ketika baut mendapatkan beban Tarik (aksial) dan searah dengan sumbu baut. Untuk menghitung tegangan tarik yang terjadi pada baut biasanya menggunakan diameter terkecil pada baut. Berikut rumus untuk menghitung tegangan tarik pada baut;

$$\sigma_{baut} = \frac{F}{A}, \text{ dimana } A = \frac{\pi}{4} \times d^2$$

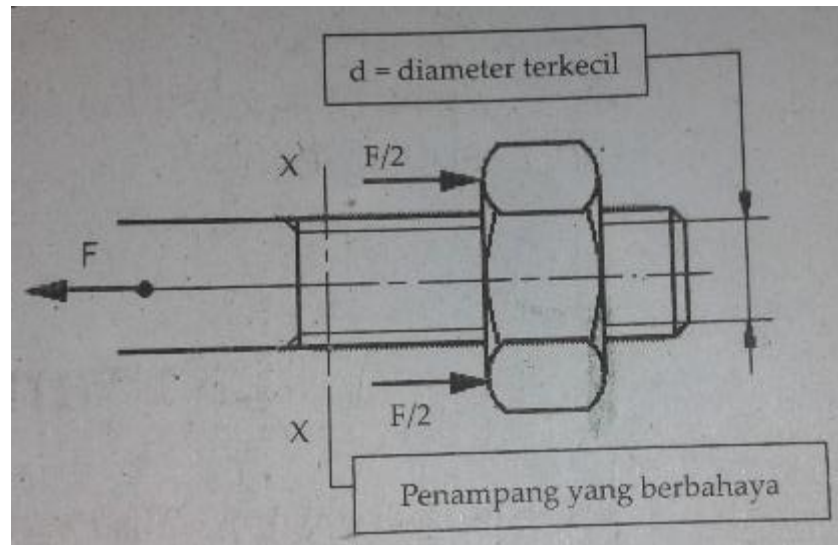
Sehingga, $\sigma_{baut} = \frac{F}{A} = \frac{F}{\frac{\pi}{4} \times d^2} = \frac{4F}{\pi \times d^2}$

Ket: σ_{baut} = tegangan tarik pada baut (N/mm^2)

F = beban Tarik pada baut (N)

A = luas penampang baut (mm^2)

d = diameter terkecil baut (mm)



Gambar 14. 6 Gaya/beban tarik

Untuk menghindari sambungan baut patah, maka pembebanan harus dibuat lebih kecil dari tegangan maksimum baut, dengan menentukan tegangan izin yang dapat dihitung berdasarkan angka faktor keamanan. Besarnya tegangan yang diizinkan dihitung dengan rumus:

$$\sigma_{izin} = \frac{\sigma_{baut}}{v}$$

Ket: σ_{baut} = tegangan tarik yang timbul pada baut (N/mm^2)

σ_{izin} = tegangan tarik yang diizinkan (N/mm^2)

v = faktor/angka keamanan baut

Berikut adalah table angka keamanan baut yang dapat digunakan:

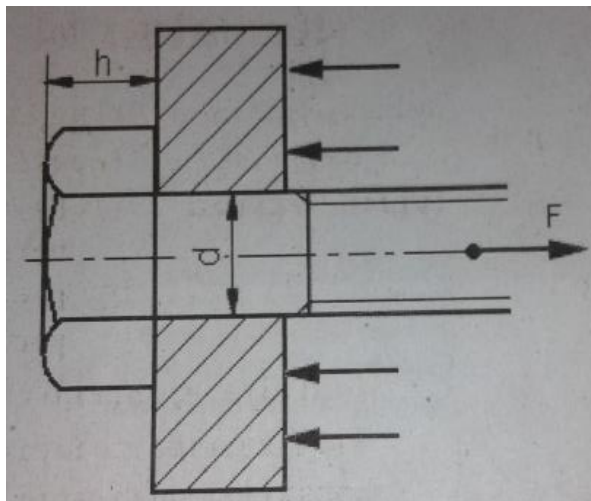
Tabel 14. 1 Tabel angka faktor keamanan berdasarkan perkiraan umum serta cara dan sistem pembebanan.

No.	Angka Faktor Keamanan	Jenis Beban
1	Sf = 1.5 - 3	Untuk beban statis, yakni beban tetap dan arah tertentu.
2	Sf = 4 -6	Untuk beban dinamis dengan arah dan besar gaya berubah dari maksimum hingga nol.
3	Sf = 6 - 8	Untuk beban dinamis, arah dan besar gaya berubah dari maksimum hingga minimum.
4	Sf = 4 -12	Khusus untuk alat-alat pengangkat, dimana manusia juga menjadi faktor penentu.

2. Tegangan Geser pada Kepala Baut

Untuk menghindari putusnya kepala baut dan lemahnya kekuatan sambungan, dapat dihindari dengan menghitung besar tegangan geser menggunakan rumus berikut:

$$\tau = \frac{F}{A}$$



Gambar 14. 7 Gaya Aksial yang Bekerja pada Baut

Apabila panjangnya berupa keliling tabung dan tingginya adalah h (lihat pada gambar 14.7), maka luas penampang kepala baut yang mengalami pergeseran dihitung dengan rumus berikut:

$$A = \pi \times d \times h$$

Selanjutnya disubstitusikan ke dalam rumus umum tegangan geser:

$$\tau = \frac{F}{\pi \times d \times h}$$

Ket: τ = tegangan geser (N/mm^2)

F = gaya/beban geser (N)

A = luas penampang baut (mm^2)

d = diameter terkecil baut (mm)

h = tinggi kepala baut (mm)

CONTOH SOAL

Suatu sambungan baut memiliki beban tarik sebesar 40000 N dan diameter baut yang digunakan sebesar 10 mm . Hitunglah besar tegangan tarik pada sambungan itu jika menggunakan satu baut?

Jawab:

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

$$\sigma_t = \frac{4 \times 40000}{3.14 \times 10^2}$$

$$\sigma_t = 509.5 \text{ } N/mm^2$$

Jadi, bsar tegangan tariknya sebesar **509.5 N/mm^2**

C. Kekuatan Sambungan Las

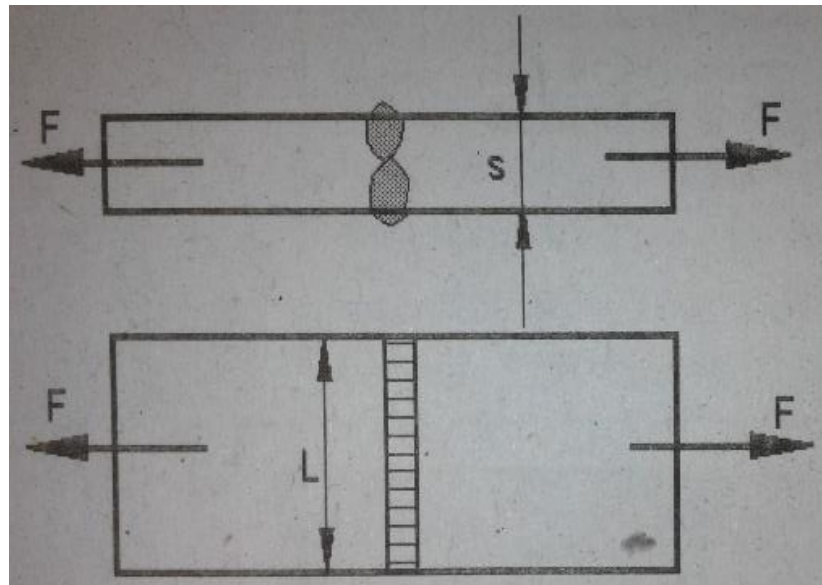
Dalam perhitungan kekuatan sambungan las, terdapat beberapa asumsi yang penting diperhatikan, antara lain:

- Asumsi pertama, yaitu gaya pada sambungan las dianggap terdistribusi merata sepanjang sambungan las.
- Asumsi kedua, tegangan yang terjadi pada sambungan las dianggap menyebar di titik penampang sambungan las dengan efektif.

Berikut perhitungan kekuatan las berdasarkan jenis kampuh yang digunakan, yaitu:

1. Tegangan Tarik pada Las Tumpul

Kekuatan sambungan dengan metode las tumpul sangat dipengaruhi oleh tegangan Tarik yang terjadi. Tegangan Tarik ini timbul akibat gaya Tarik yang terjadi pada ujung-ujung pelat.



Gambar 14. 8 Ilustrasi pembebanan tarik yang bekerja pada sambungan las tumpul

Untuk menghitung kekuatan sambungan las tumpul terhadap beban/gaya tarik, dapat menggunakan rumus berikut:

$$\sigma_t = \frac{F}{A}, \text{ dimana } A = L \times s$$

Sehingga,

$$\sigma_t = \frac{F}{A} = \frac{F}{L \times s}$$

Ket: σ_t = tegangan Tarik yang timbul pada sambungan las tumpul (N/mm^2)

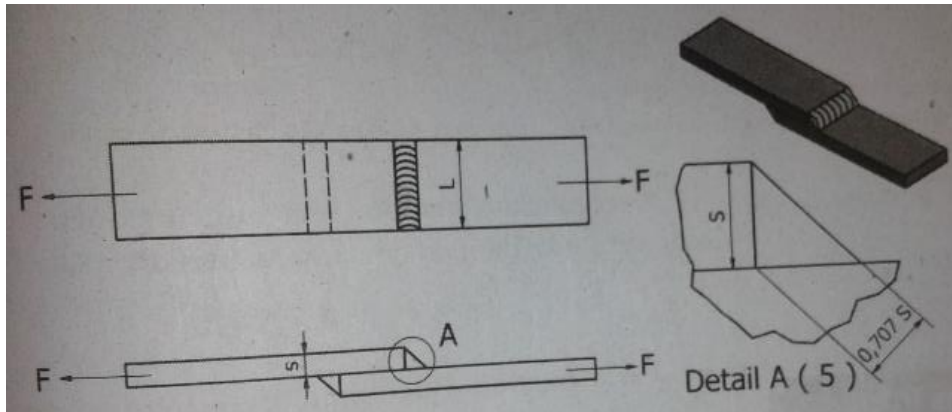
F = gaya/beban Tarik yang bekerja pada sambungan las (N)

A = luas penampang baut (mm^2)

L = panjang pengelasan (mm)

s = tebal pelat (mm)

2. Tegangan Geser pada Las Tumpang (*Lap Joint*)



Gambar 14.9 Gaya/beban geser yang bekerja pada sambungan las tumpang

Berdasarkan gambar di samping, luas penampang las tumpang dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$A = 2 \times 0.707 \times s \times L$$

$$A = 1.414 \times s \times L$$

Bila rumus di atas disubstitusikan pada rumus tegangan geser, maka dirumuskan sbb:

$$\tau_s = \frac{F}{A} = \frac{F}{1.414 \times s \times L}$$

Ket: τ_s = tegangan geser (N/mm^2)

M = gaya/beban geser (N)

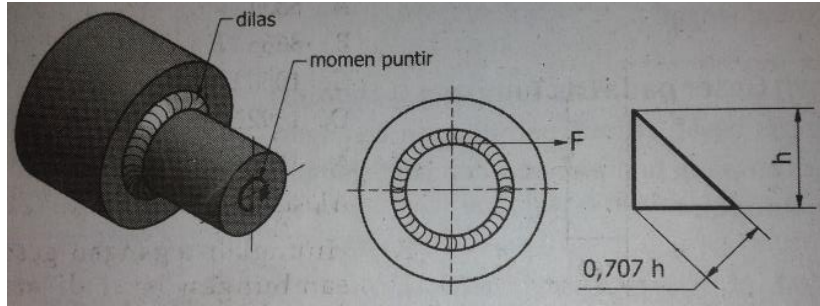
A = luas penampang (mm^2)

L = panjang lasan (mm)

s = tebal pelat (mm)

3. Tegangan yang Terjadi pada Sambungan Las dengan Beban Putir

Selain menahan beban gaya Tarik dan gaya geser, pada beberapa konstruksi sambungan las terkadang juga mengalami beban puntir.



Gambar 14. 10 Tegangan pada sambungan las yang diakibatkan oleh beban puntir

Berdasarkan gambar di atas, luas penampang lasan dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$A = \pi \times d \times 0.707 \times h$$

Gaya puntir dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$F = \frac{2 M}{d}$$

Bila rumus di atas disubstitusikan pada rumus umum tegangan, dapat dirumuskan sbb:

$$\begin{aligned} \tau_s = \frac{F}{A} &= \frac{\frac{2 M}{d}}{\pi \times d \times 0.707 \times h} \\ &= \frac{2 M}{\pi \times d^2 \times 0.707 \times h} \end{aligned}$$

Ket: τ_s = tegangan geser (N/mm^2)

M = torsi ($N.mm$)

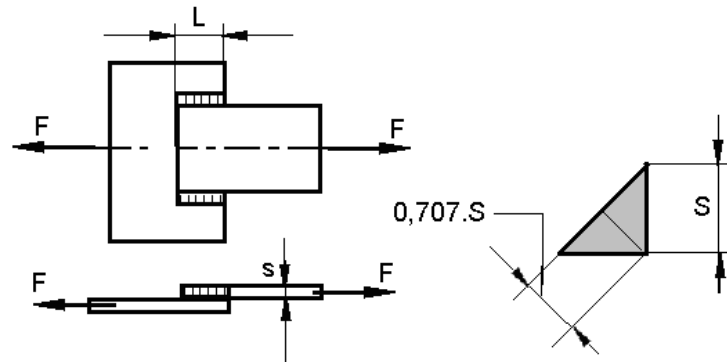
d = diameter poros (mm)

h = tinggi lasan (mm)

F = beban puntir (N)

CONTOH SOAL

Suatu konstruksi sambungan las seperti terlihat pada gambar:



$L = 50 \text{ mm}$, tegangan tarik yang diizinkan $\sigma_t = 120 \text{ (N/mm}^2\text{)}$, dan tegangan geser yang diizinkan $\tau_g = 0.8$. Hitunglah besarnya beban F yang diizinkan!

Jawab:

$$30 = \frac{F}{1.414 \times 4 \times 50}$$

$$F = 1.414 \times 4 \times 50 \times 30$$

$$F = 8484 \text{ N}$$

Jadi, besar beban yang dihasilkan yaitu sebesar **8484 N**.

LATIHAN SOAL

1. Suatu konstruksi pelat yang disambung dengan 6 buah keling mampu menerima gaya Tarik sebesar 3000 N . Tegangan yang diizinkan untuk konstruksi pelat tersebut sebesar 25 N/mm^2 . Hitunglah ketebalan pelat yang dibutuhkan, jika diketahui diameter keling yang digunakan 7 mm !
2. Suatu sambungan keling direncanakan mampu menerima beban 50 KN , dan menerima gaya tarik sebesar 40 N/mm^2 . Berapakah keling yang diperlukan apabila keling memiliki diameter 10 mm ?
3. Suatu sambungan baut menerima gaya Tarik sebesar 3140 N , dan menyebabkan terjadinya tegangan Tarik 40 N/mm^2 . Diameter baut yang digunakan pada sambungan itu jika menggunakan satu baut?
4. Sebuah baut mendapatkan beban geser 3700 N . jika baut tersebut berdiameter 8 mm dan tinggi kepala baut 3 mm , hitunglah besar tegangan gesernya!
5. Dua pelat memiliki tebal 8 mm dan panjangnya 15 mm disambung dengan metode las tumpang. Sambungan ini digunakan untuk menahan beban geser 7600 N . bila keduanya dilas sepanjang lebar pelat, hitunglah tegangan gesernya!