
ELEMEN MESIN 1

3. SAMBUNGAN LAS (WELDED JOINTS)

MES 403

SEMESTER IV

Wahyu Sapto Nugroho, MT

1. Proses Pengelasan

Keuntungan penggunaan sambungan las dibanding dengan sambungan paku keling antara lain;

- Kekuatan lebih besar, sambungan lebih rapat.
- Kampuh las lebih ringan, hanya 1 ~ 1,5% dari berat konstruksi dibandingkan 2,5 ~ 4% untuk sambungan keling dan baut. Maka cocok untuk konstruksi yang memerlukan berat yang lebih ringan, seperti konstruksi rangka pesawat terbang dan sebagainya.
- Bagian yang akan dilas pada umumnya tidak perlu diberi lapisan lagi, misalnya dengan bahan pelat atau yang sejenis (pada konstruksi sambungan berhadapan/butt joint).
- Lebih efisien, terutama terhadap tegangan tarik, karena tidak ada lubang yang melemahkan penampang batang tariknya.
- Lebih praktis, lebih ekonomis baik dipandang dari segi material ataupun dari segi pembiayaannya.
- Kekurangan pada sambungan las bahwa kualitas sambungan las sangat tergantung pada keahlian juru las.

1. Proses Pengelasan

Ada tiga prinsip metode pengelasan:

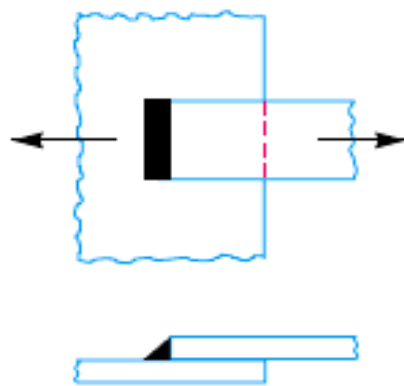
- a) Gas Welding (Las Otogin); merupakan las busur api, yaitu proses pengelasan yang menggunakan gas asetilin dan zat asam, digunakan untuk sambungan pipa, pelat-pelat tipis dan panjang las yang kecil, juga sebagai pemotong logam.
- b) Forge welding; yaitu proses pengelasan dimana bagian kedua ujung yang akan disambung dipanaskan mendekati suhu leburnya, ditempelkan kemudian ditepa sehingga menjadi satu sambungan yang homogen tanpa menggunakan bahan tambah.
- c) Electric welding; ada yang merupakan las busur api dan las tahanan. Las listrik busur api menggunakan elektroda las sebagai penyulut busur apinya yang sekaligus berfungsi sebagai logam isi.

Bentuk Las :

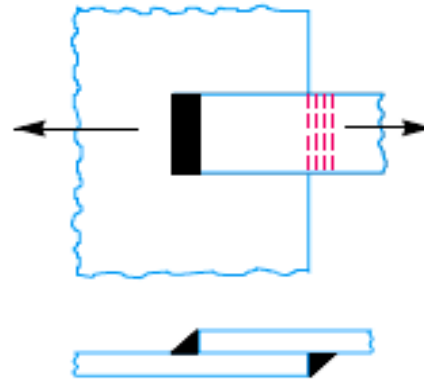
- a. Las Sudut (80% Fillet Weld)
- b. Las Tumpul (Groove Weld)

2. Tipe sambungan las

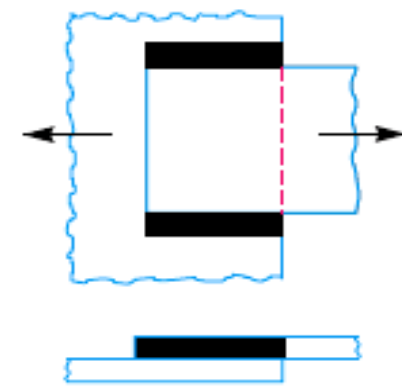
A. Kampuh berimpit (Lap Joint)



(a) Single transverse.

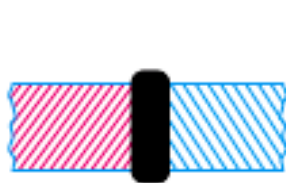


(b) Double transverse.

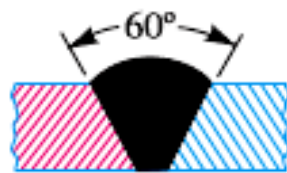


(c) Parallel fillet.

B. Sambungan temu (Butt Joint)



(a) Square butt joint.



(b) Single V-butt joint.



(c) Single U-butt joint.

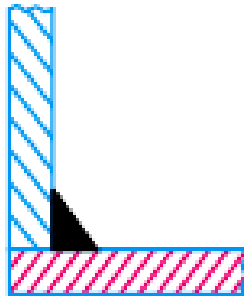


(d) Double V-butt joint.



(e) Double U-butt joint.

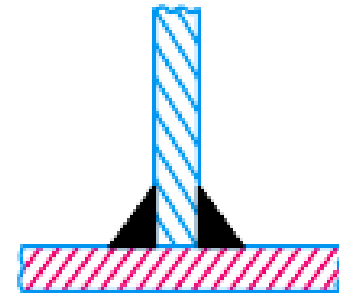
C. Bentuk las yang lain



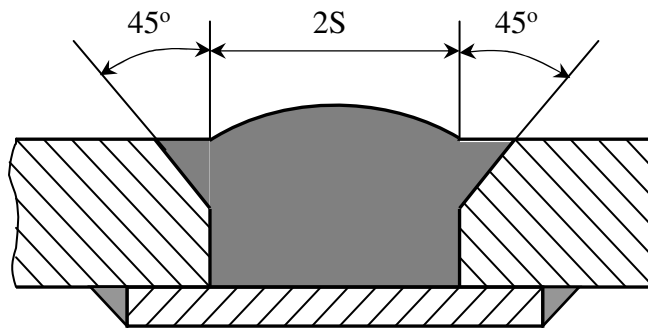
(a) Corner joint.



(b) Edge joint.



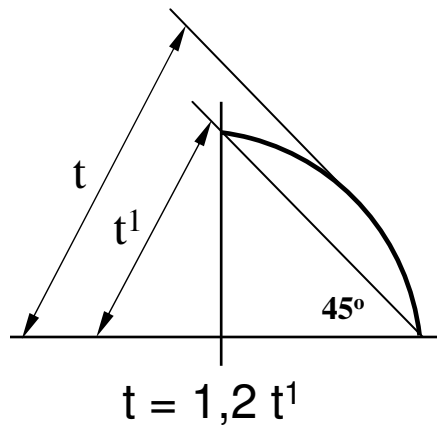
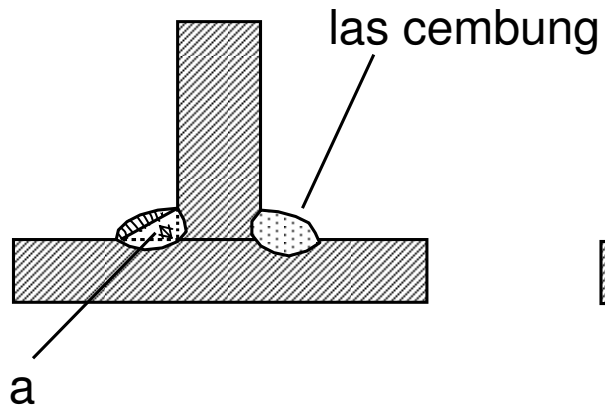
(c) T-joint.



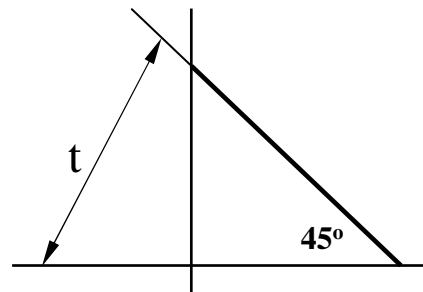
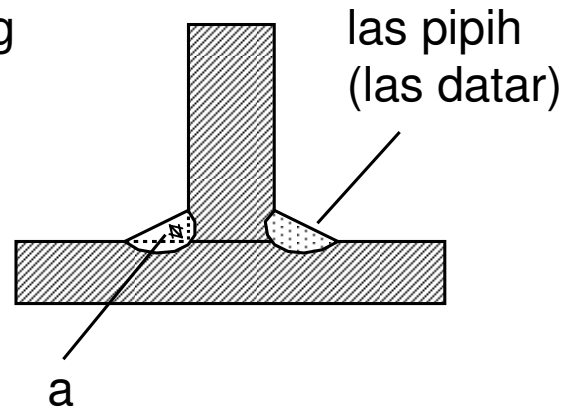
(d) Sambungan las isi

3. Bentuk-bentuk pengelasan

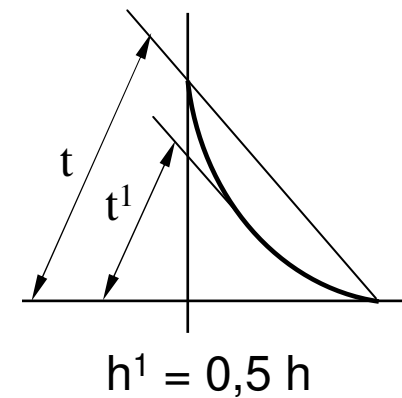
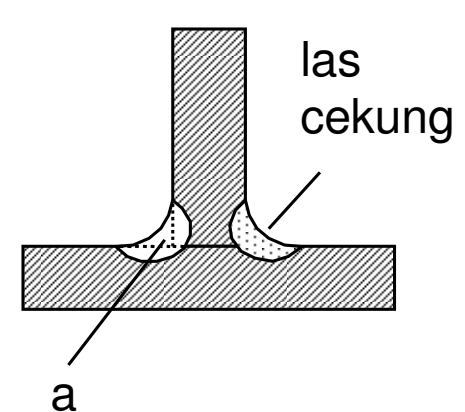
Las Sudut :



Las cembung



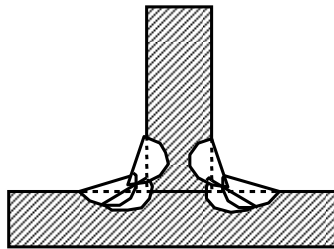
Las pipih (datar)



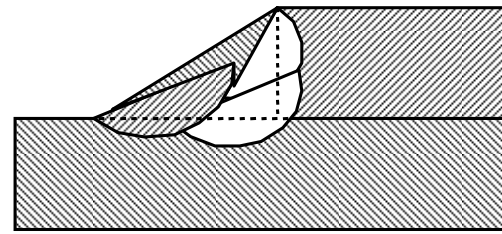
Las cekung

Las Sudut :

- Las Sudut yang letaknya di kanan-kiri disebut Las Tepi (T). (Gbr. D)
- Las sudut yang letaknya diujung, disebut las Kepala (K). (Gbr. E)
- Umumnya Las Sudut dibuat sama sisi.



Gbr. D

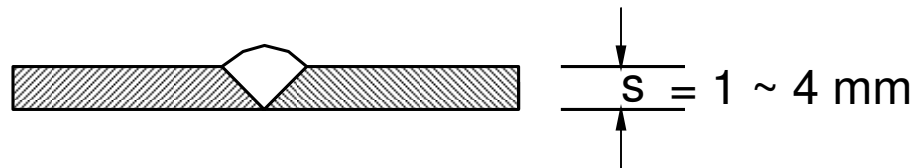


Gbr. E

Las Tumpul :

A. Tanpa pekerjaan pendahuluan (pelat tipis)

- Las satu belah.

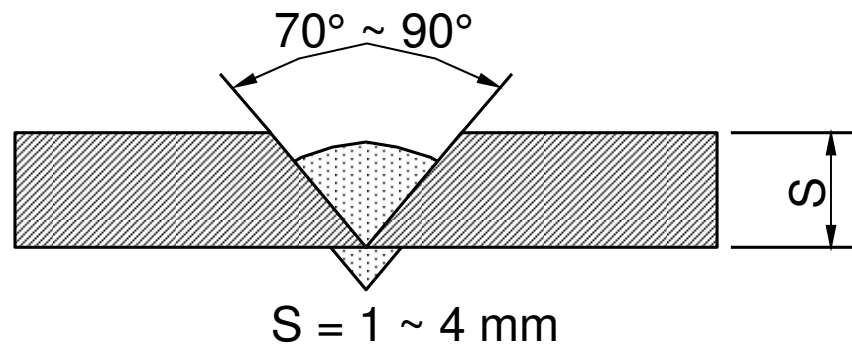


- Las dua belah.

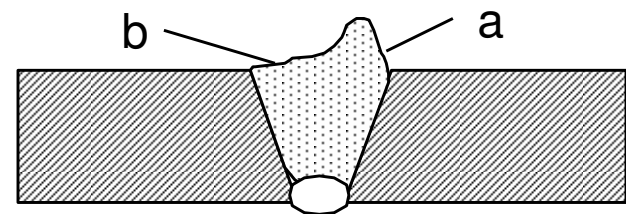
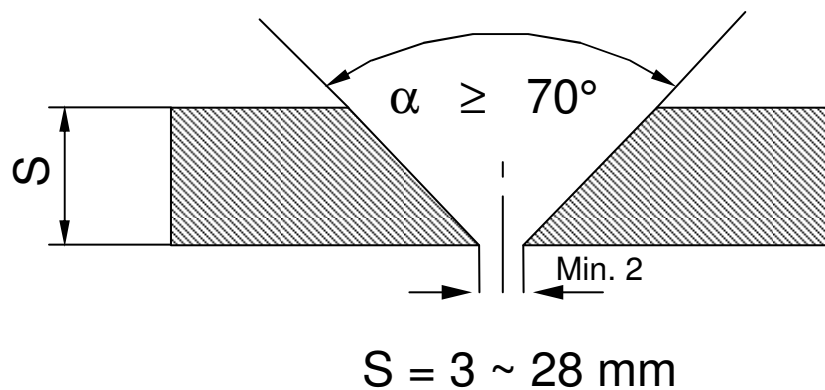


B. Dengan pekerjaan pendahuluan

- Las satu belah V



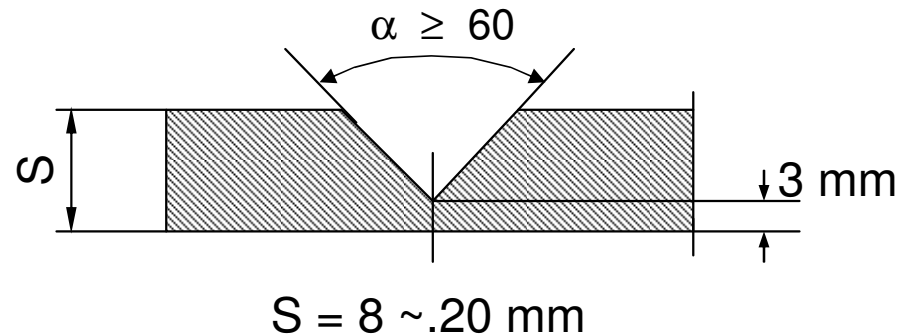
- Las V terbuka, (hanya untuk konstruksi yang tidak memikul beban dinamis)



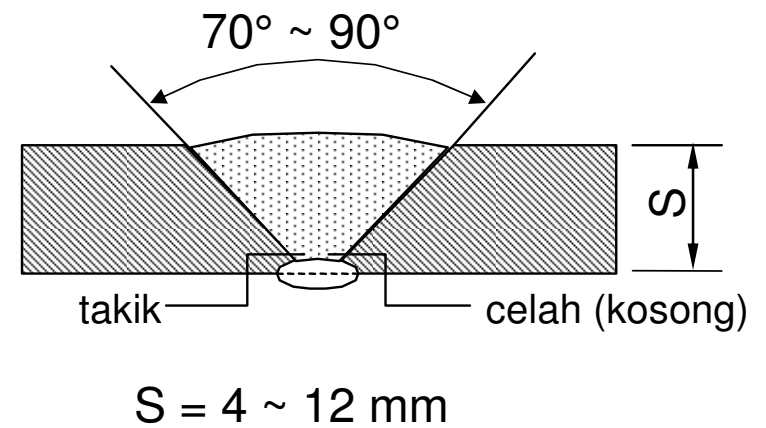
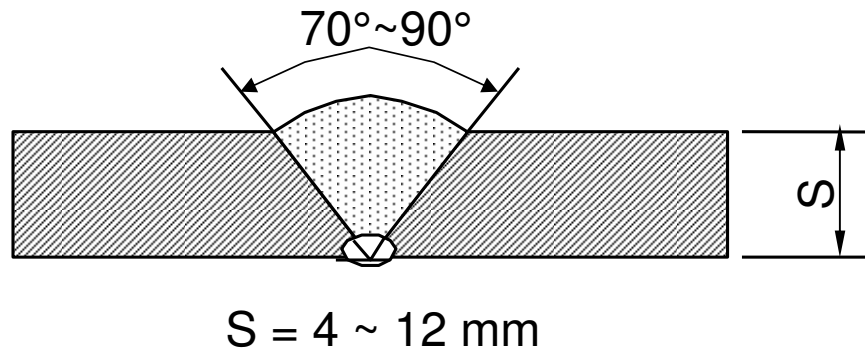
Ruang kosong bahaya takik

B. Dengan pekerjaan pendahuluan

- Las V tertutup

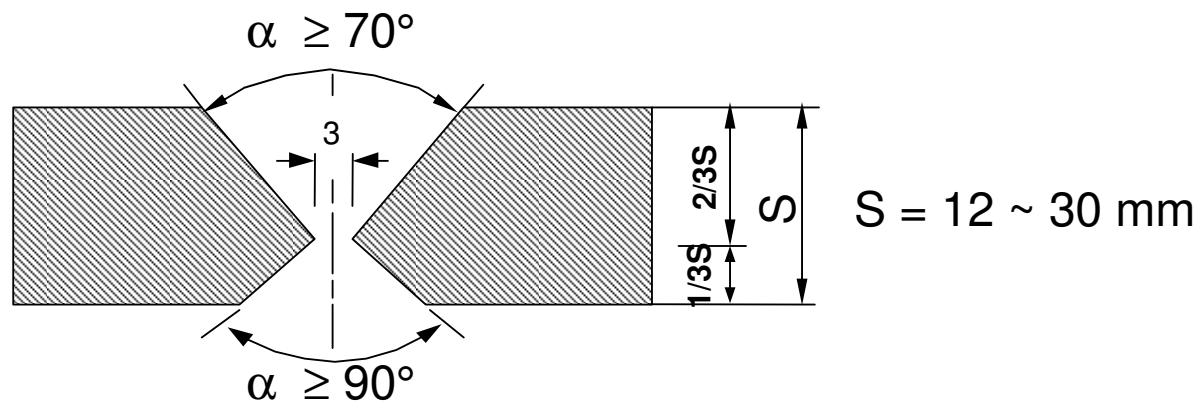
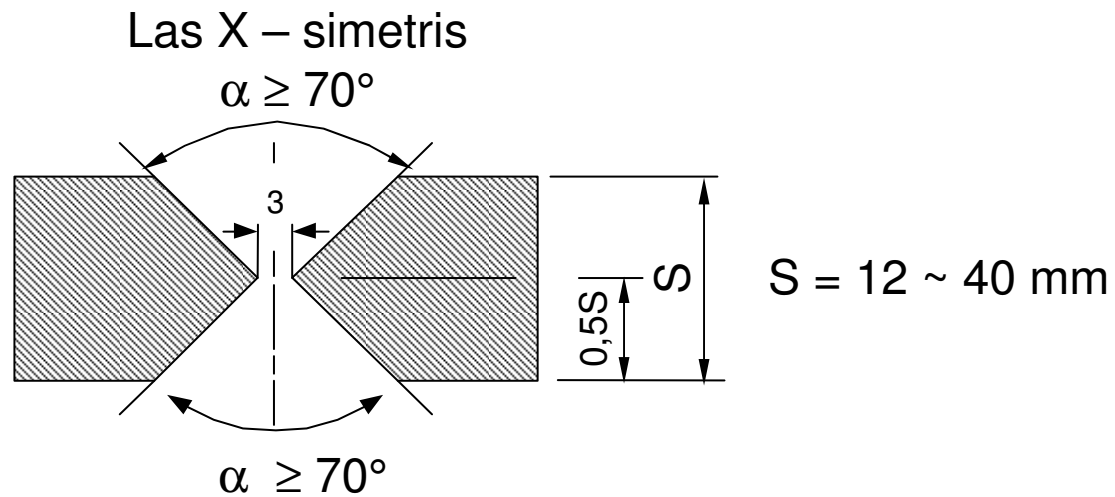


- Las dua belah (las V dengan las balik)













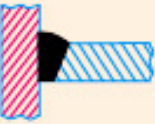

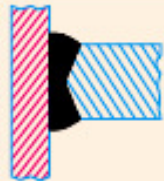



B. Dengan pekerjaan pendahuluan

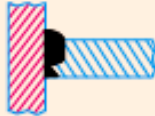

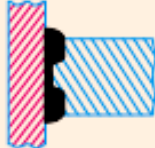













- Las dua belah (las X simetris dan las X tidak simetris)











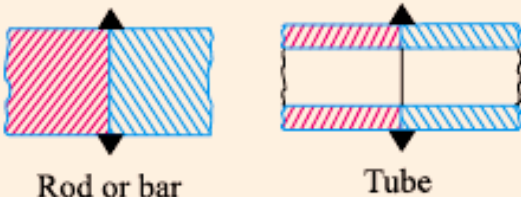

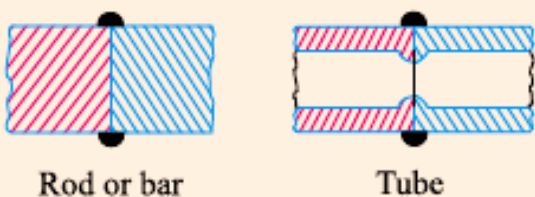

4. Simbol Dasar Pengelasan

<i>S. No.</i>	<i>Form of weld</i>	<i>Sectional representation</i>	<i>Symbol</i>
1.	Fillet		
2.	Square butt		
3.	Single-V butt		
4.	Double-V butt		
5.	Single-U butt		
6.	Double-U butt		
7.	Single bevel butt		
8.	Double bevel butt		

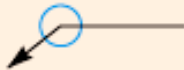



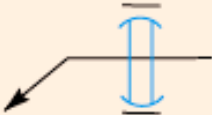

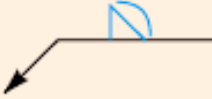

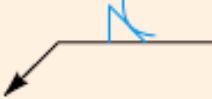

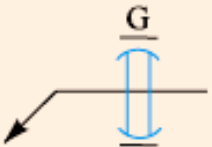

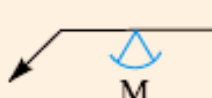

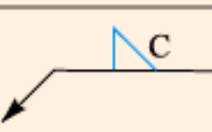

4. Simbol Dasar Pengelasan

S. No.	Form of weld	Sectional representation	Symbol
9.	Single-J butt		
10.	Double-J butt		
11.	Bead (edge or seal)		
12.	Stud		
13.	Sealing run		
14.	Spot		
15.	Seam		
16.	Mashed seam		

4. Simbol Dasar Pengelasan

<i>S. No.</i>	<i>Form of weld</i>	<i>Sectional representation</i>	<i>Symbol</i>
17.	Plug		
18.	Backing strip		
19.	Stitch		
20.	Projection		
21.	Flash		
22.	Butt resistance or pressure (upset)		

5. Simbol Penyajian Gambar Sambungan Las

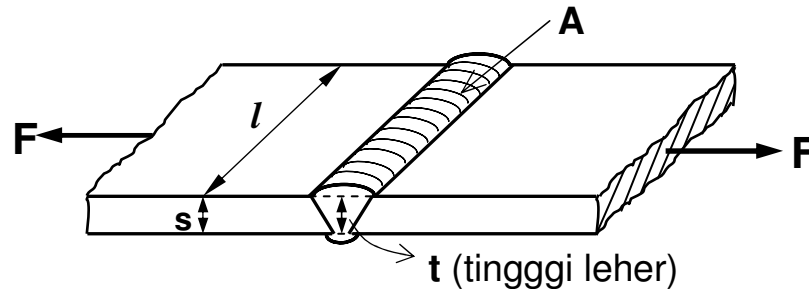
<i>S. No.</i>	<i>Particulars</i>	<i>Drawing representation</i>	<i>Symbol</i>
1.	Weld all round		
2.	Field weld		
3.	Flush contour		
4.	Convex contour		
5.	Concave contour		
6.	Grinding finish		
7.	Machining finish		
8.	Chipping finish		

6. Kekuatan Sambungan Las

Ketentuan-ketentuan umum untuk menghitung/merencanakan kekuatan sambungan las:

- a) Beban dianggap terbagi merata pada seluruh kampuh.
- b) Tegangan yang timbul dianggap juga merata pada penampang kampuh, yang paling bahaya yakni pada penampang yang terkecil.
- c) Pada umumnya las listrik yang dipergunakan untuk menerima/memindahkan beban, juga untuk sambungan yang harus kuat dan rapat air. Sambungan las otogin kurang meyakinkan sebab suhu yang sukar dikontrol hingga penetrasi pada logam induk kurang merata dan juga struktur kampuh lasnya kurang homogen.
- d) Selalu diusahakan agar bahan untuk logam pengisi mempunyai kekuatan yang seimbang/sama dengan kekuatan logam induknya/bendanya.
- e) Dihindarkan berkumpulnya rigi-rigi las.
- f) Dihindarkan adanya perubahan mendadak dari potongan.
- g) Pengelasan dalam kedudukan yang sulit agar dihindarkan.
- h) Mengambil ukuran dari bagian-bagian yang hendak disambungkan sebesar mungkin, agar pengelasan menjadi sekecil mungkin.

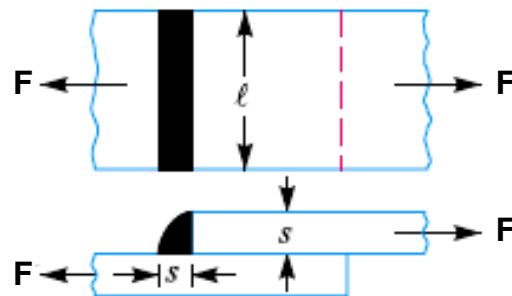
a. Sambungan Las Tumpul (Butt joint)



Tegangan tarik yang terjadi pada kampuh las:

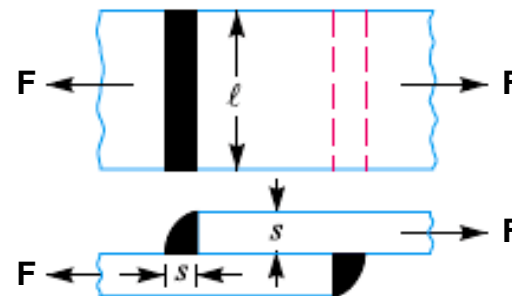
$$\sigma_t = \frac{F}{A} = \frac{F}{l \times t} = \frac{F}{l \times s}$$

b. Sambungan las tumpang (Lap Joint) / Transverse fillet welded joint



(a) Single transverse fillet weld.

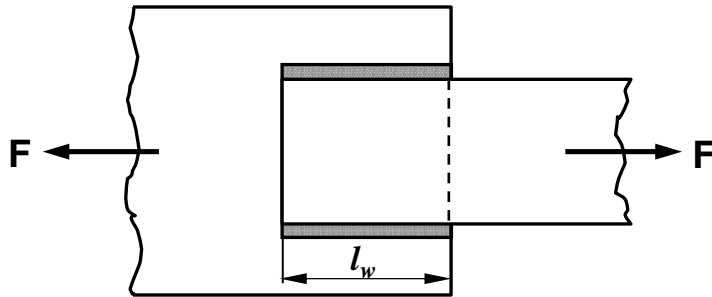
$$\sigma_t = \frac{F}{A} = \frac{F}{l \times t} = \frac{F}{l \times 0,707.s}$$



(b) Double transverse fillet weld.

$$\sigma_t = \frac{F}{2A} = \frac{F}{2(l \times t)} = \frac{F}{1,414(l \times s)}$$

c. Sambungan Las Sudut samping (Parallel fillet welded joints)

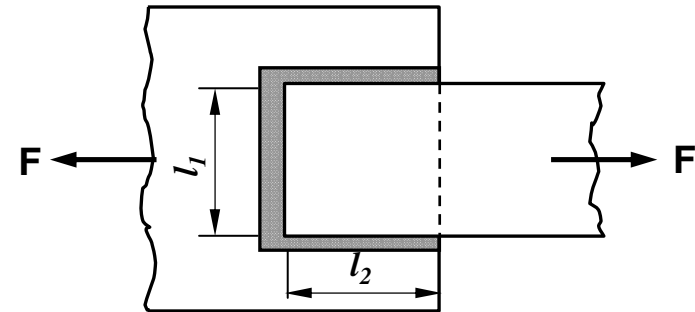


(a) Double parallel fillet welds

$$F = 2 \times 0,707 s \times l_w \times \tau_g$$

$$F = 1,414 s \times l_w \times \tau_g$$

$$l_w = \frac{0,707F}{s \times \tau_g} \Rightarrow \tau_g = \frac{0,707F}{s \times l_w}$$

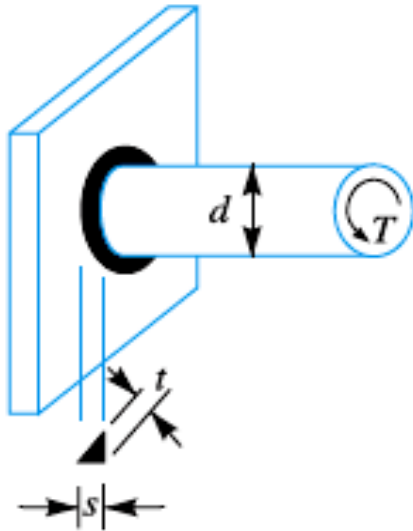


(b) Combination of transverse and parallel fillet welds

$$F = 2 \times 0,707 s \times l_2 \times \tau_g + 0,707 s \times l_1 \times \sigma_t$$

$$F = 1,414 s \times l_2 \times \tau_g + 0,707 s \times l_1 \times \sigma_t$$

d. Las Sudut keliling dengan beban torsi



d = diameter batang (silinder)

r = radius batang

T = torsi yang bekerja pada silinder

s = lebar kampuh

t = tebal/tinggi kampuh

I = inersia polar pada kampuh las

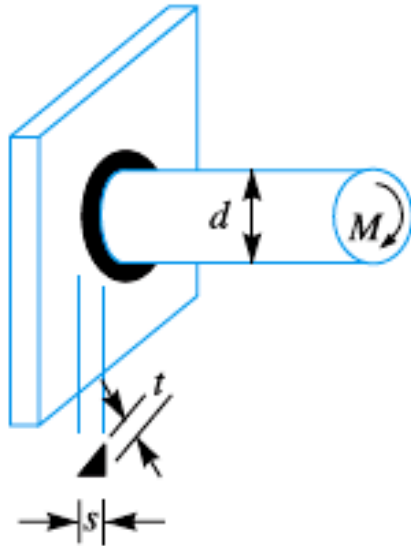
$$I = \frac{\pi \cdot t \cdot d^3}{4}$$

Tegangan puntir yang terjadi pada kampuh las:

$$\tau_s = \frac{T \times r}{I} = \frac{T \times d/2}{\frac{\pi \times t \times d^3}{4}} = \frac{2T}{\pi \cdot t \cdot d^2} \quad \longrightarrow \quad t = s \times \sin 45^\circ = 0,707s$$

$$\tau_{s \max} = \frac{2T}{\pi \times 0,707 s \times d^2} = \frac{2,83 T}{\pi \cdot s \cdot d^2}$$

e. Las Sudut keliling dengan beban momen bengkok



d = diameter batang (silinder)

M = momen bengkok bekerja pada silinder

s = lebar kampuh

t = tebal/tinggi kampuh

Z = momen tahanan penampang kampuh las

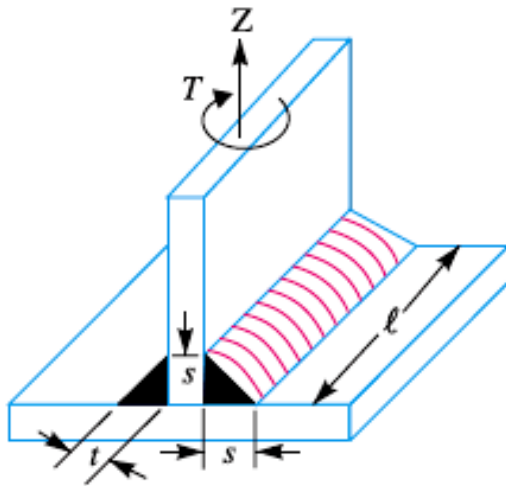
$$Z = \frac{\pi \cdot t \cdot d^2}{4}$$

Tegangan bengkok yang terjadi pada kampuh las:

$$\sigma_b = \frac{M}{Z} = \frac{M}{\frac{\pi \times t \times d^2}{4}} = \frac{4M}{\pi \times t \times d^2} \quad \Rightarrow \quad t = s \times \sin 45^\circ = 0,707s$$

$$\sigma_b = \frac{4M}{\pi \times 0,707 s \times d^2} = \frac{5,66 M}{\pi \cdot s \cdot d^2}$$

f. Kampuh T menerima beban torsi



$$I = 2 \times \frac{t \times l^3}{12}$$

Tegangan geser pada kampuh las:

$$\tau_g = \frac{T \times l/2}{\frac{t \times l^3}{6}} = \frac{3T}{t \times l^2}$$

$$\tau_{g_{\max}} = \frac{3T}{0,707 s \times l^2} = \frac{4,242 T}{s \times l^2}$$

g. Faktor konsentrasi tegangan pada sambungan las

Type of joint	Stress concentration factor
1. Reinforced butt welds	1.2
2. Toe of transverse fillet welds	1.5
3. End of parallel fillet weld	2.7
4. T-butt joint with sharp corner	2.0

Contoh-contoh perhitungan kekuatan sambungan las

1. Sebuah poros pejal dengan diameter 50 mm dilas pada bagian ujung bawah dengan lebar kampuh 10 mm. Hitung torsi maksimum yang terjadi pada kampuh las jika tegangan geser maksimum pada kampuh adalah 80 MPa.

Penyelesaian:

$$d = 50 \text{ mm}$$

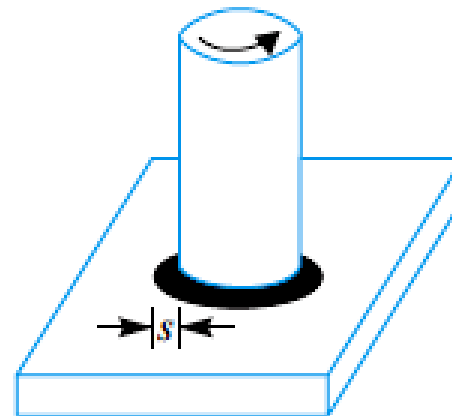
$$s = 10 \text{ mm}$$

$$\tau_g = 80 \text{ MPa} = 80 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{s\max} = \frac{2,83T}{\pi \cdot s \cdot d^2}$$

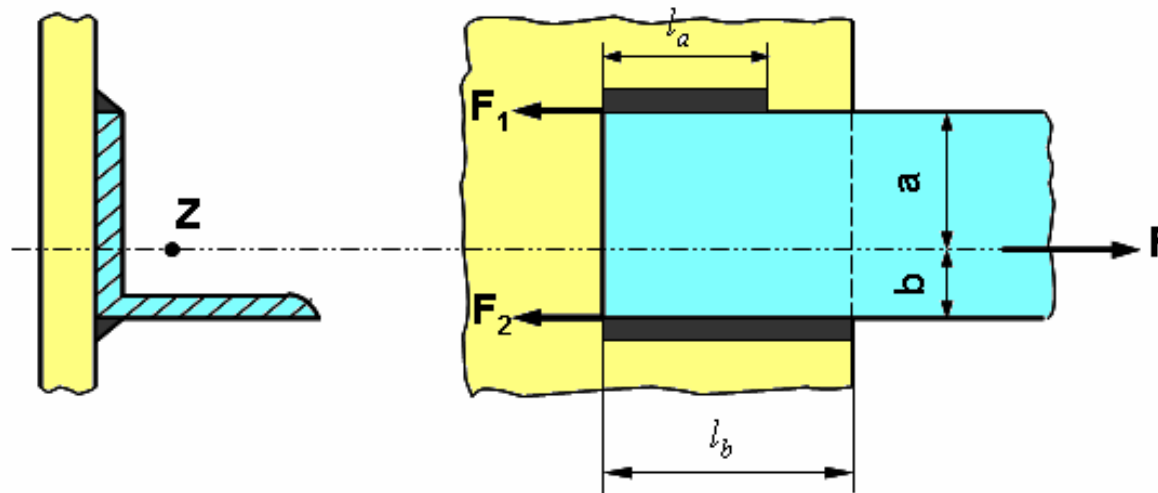
$$80 = \frac{2,83 \times T}{\pi \times 10 \times 50^2}$$

$$T = \frac{\pi \times 10 \times 50^2 \times 80}{2,83} = 2220206,8 = 2,22 \times 10^6 \text{ N.mm}$$



2. Sebuah pelat dengan panjang 1 m dan tebal 60 mm, dilas sudut dengan lebar kampuh 15 mm, seperti gambar. Hitung torsi maksimum yang terjadi pada kampuh las jika tegangan geser maksimum pada kampuh adalah 80 MPa.
3. Sebuah pelat dengan lebar 100 mm dan tebal 12,5 mm, dilas dengan bentuk parallel fillet welds. Pelat tersebut diberikan beban 50 kN. Hitung panjang kampuh jika tegangan geser maksimum yang diijinkan 56 MPa. Hitung juga panjang kampuh untuk beban fatigue.
4. Sebuah pelat dengan lebar 75 mm dan tebal 12,5 mm, dilas dengan bentuk transverse welds dan double parallel fillet weld, seperti gambar. Tegangan tarik dan geser maksimum adalah 70 MPa dan 56 MPa. Hitung panjang kampuh, jika kampuh diberikan beban statis dan beban fatiq.

g. Kampuh las yang tidak simetris menerima beban aksial



Panjang kampuh las-an dapat dihitung dengan persamaan:

Terhadap titik berat (Z), maka

$$l_a \times a = l_b \times b$$

$$l_w = l_a + l_b$$

Dari persamaan tersebut, maka diperoleh:

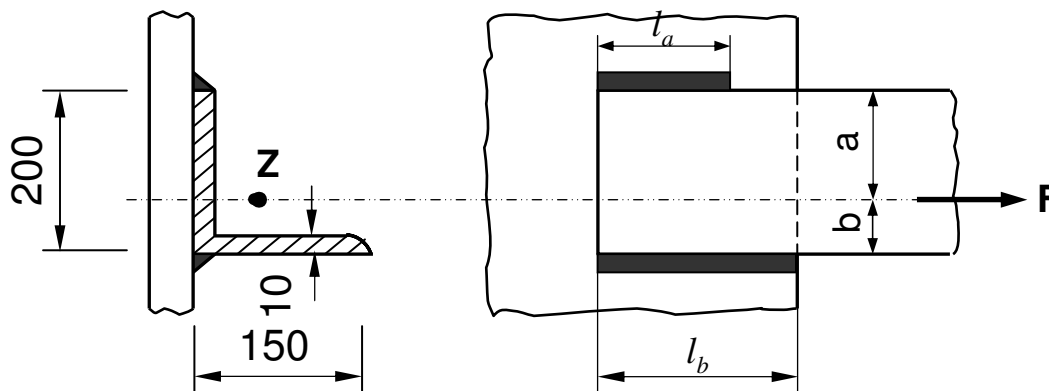
$$l_a = \frac{l_w \times b}{a + b}$$

dan

$$l_b = \frac{l_w \times a}{a + b}$$

5. Sebuah pelat siku dengan ukuran 200 X 150 X 10 mm dilas sudut pada sebuah pelat baja, seperti gambar. Jika pelat tersebut diberikan beban 200 kN, hitung panjang kampuh pada atas dan bawah, tegangan geser yang diijinkan 75 Mpa.

Penyelesaian:



$$\begin{aligned} s &= 10 \text{ mm} \\ F &= 200 \text{ kN} \\ \tau_g &= 75 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$F = 0,707s \times l_w \times \bar{\tau}_g$$



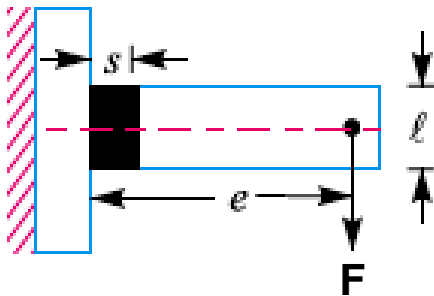
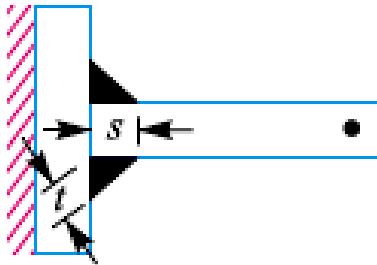
$$l_w = \frac{200000}{0,707 \times 10 \times 75} = 377,18 \text{ mm}$$

$$200000 = 0,707 \times 10 \times l_w \times 75$$

$$b = \frac{(200 - 10) \times 10 \times 95 + 150 \times 10 \times 5}{190 \times 10 + 150 \times 10} = 55,3 \text{ mm} \Rightarrow a = 200 - 55,3 = 144,7 \text{ mm}$$

$$l_a = \frac{l_w \times b}{a + b} = \frac{377,18 \times 55,3}{200} = 104,3 \text{ mm} \Rightarrow l_b = 377,18 - 104,3 = 272,88 \text{ mm}$$

h. Kampuh las dengan beban eksentrik



Konstruksi seperti gambar, mendapatkan beban eksentrik, maka tegangan maksimum adalah:

Tegangan normal maksimum:

$$\sigma_{t_{\max}} = \frac{\sigma_b}{2} + \frac{1}{2} \sqrt{(\sigma_b)^2 + 4 \cdot (\tau_g)^2}$$

Tegangan normal maksimum:

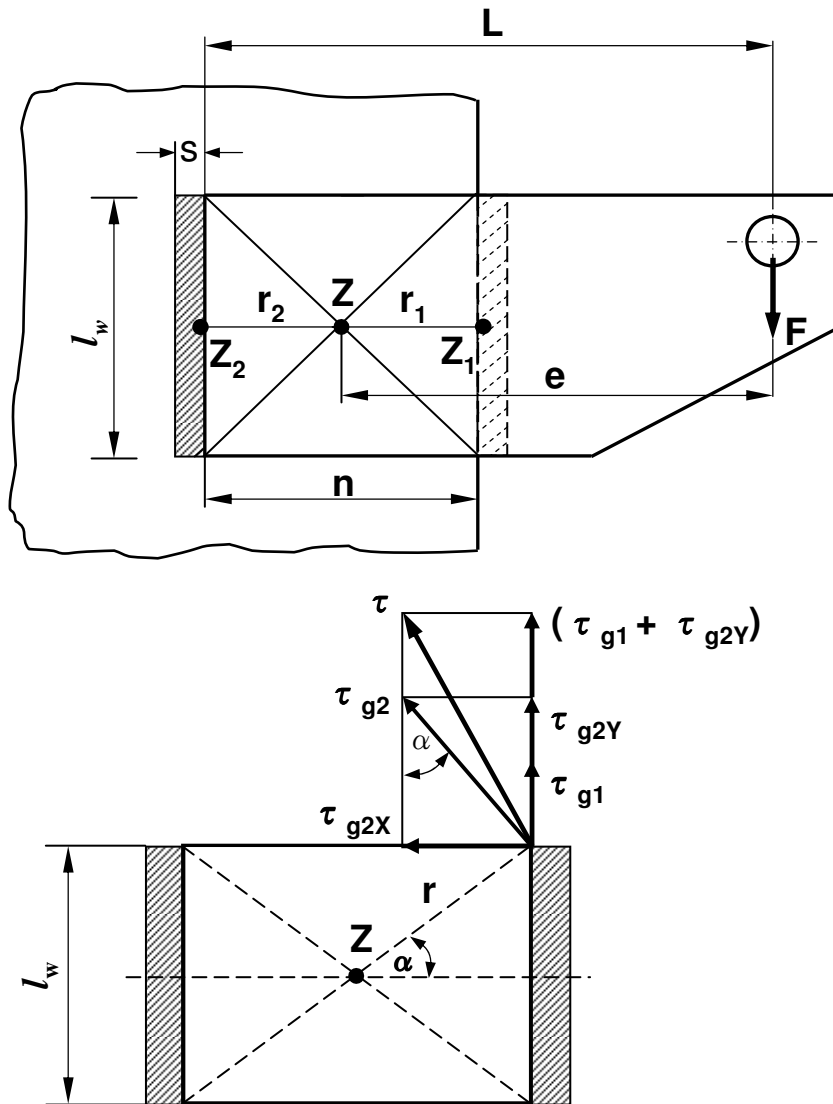
$$\tau_{g_{\max}} = \frac{1}{2} \sqrt{(\sigma_b)^2 + 4 \cdot (\tau_g)^2}$$

$$\tau_g = \frac{F}{A} = \frac{F}{1,414 s \times \ell}$$

$$Z = \frac{t \times \ell^2}{6} \times 2 = \frac{0,707 s \times \ell^2}{3}$$

$$\sigma_b = \frac{M}{Z} = \frac{F \times e}{\frac{0,707 s \times \ell^2}{3}} = \frac{3F \times e}{0,707 s \times \ell^2} = \frac{4,243 F \times e}{s \times \ell^2}$$

h. Kampuh las dengan beban eksentrik



Tegangan geser langsung:

$$\tau_{g1} = \frac{F}{A} = \frac{F}{1,414s \times l_w}$$

Tegangan akibat momen:

$$\tau_{g2} = \frac{T.r}{I} \Rightarrow I = I_x + A.r_1^2$$

$$I_x = \frac{1}{12} \cdot t \cdot (l_w)^3 = \frac{1}{12} \cdot A \cdot (l_w)^2$$

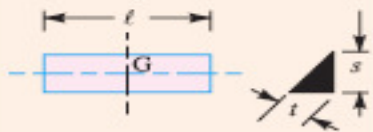
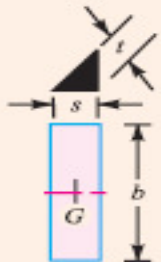
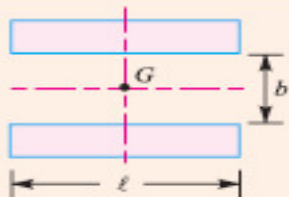
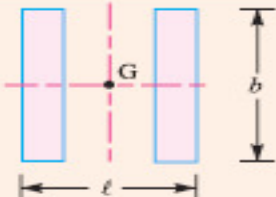
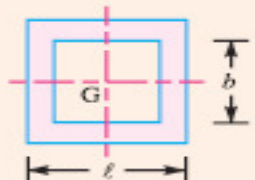
$$I = A \left(\frac{(l_w)^2}{12} + r_1^2 \right)$$

$$\tau_{g2} = \frac{F \times e \times r}{2 \times A \left(\frac{(l_w)^2}{12} + r_1^2 \right)}$$

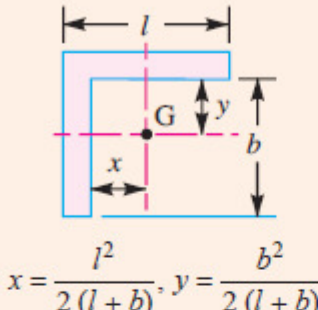
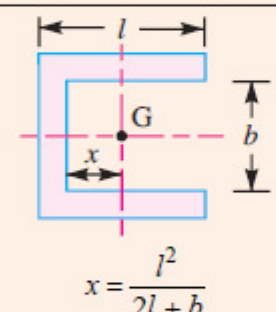
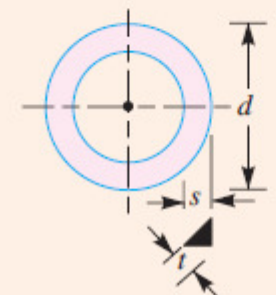
Tegangan geser maksimum:

$$\tau = \sqrt{(\tau_{g2X})^2 + (\tau_{g2Y} + \tau_{g1})^2}$$

7. Tabel Momen Inersia dan Momen Tahanan

S.No	Type of weld	Polar moment of inertia (J)	Section modulus (Z)
1.		$\frac{t l^3}{12}$	—
2.		$\frac{t b^3}{12}$	$\frac{t b^2}{6}$
3.		$\frac{t l (3 b^2 + l^2)}{6}$	$t b l$
4.		$\frac{t b (b^2 + 3 l^2)}{6}$	$\frac{t b^2}{3}$
5.		$\frac{t (b + l)^3}{6}$	$t \left(b l + \frac{b^2}{3} \right)$

7. Tabel Momen Inersia dan Momen Tahanan

S.No	Type of weld	Polar moment of inertia (J)	Section modulus (Z)
6.	 $x = \frac{l^2}{2(l+b)}, y = \frac{b^2}{2(l+b)}$	$t \left[\frac{(b+l)^4 - 6b^2l^2}{12(l+b)} \right]$	$t \left(\frac{4lb + b^2}{6} \right) \text{ (Top)}$ $t \left[\frac{b^2 (4lb + b)}{6(2l + b)} \right] \text{ (Bottom)}$
7.	 $x = \frac{l^2}{2l + b}$	$t \left[\frac{(b+2l)^3}{12} - \frac{l^2(b+l)^2}{b+2l} \right]$	$t \left(lb + \frac{b^2}{6} \right)$
8.		$\frac{\pi t d^3}{4}$	$\frac{\pi t d^2}{4}$

5. Sambungan las menerima beban eksentrik 2 kN seperti gambar. Hitung ukuran kampuh las, jika tegangan geser maksimum yang diijinkan 25 MPa.

Penyelesaian:

$$F = 2 \text{ kN} = 2000 \text{ N} ; e = 120 \text{ mm}$$

$$l_w = 40 \text{ mm} ; \tau_{g\max} = 25 \text{ N/mm}^2$$

Tegangan geser langsung:

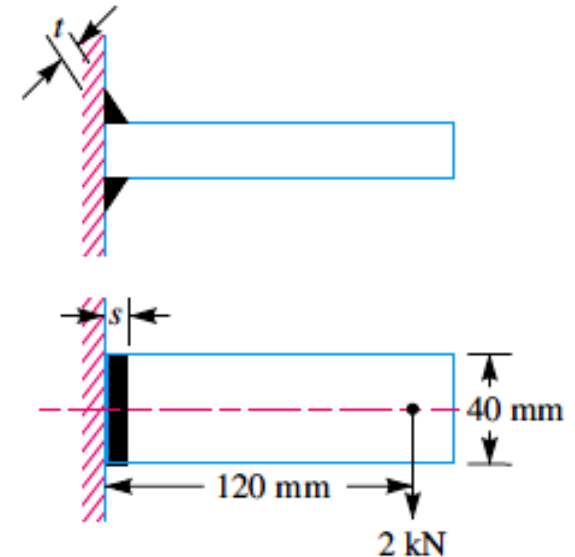
$$\tau_g = \frac{F}{A} = \frac{2000}{1,414 s \times 40} = \frac{35,36}{s} \text{ N/mm}^2$$

Tegangan bengkok:

$$\sigma_b = \frac{M}{Z} = \frac{4,243 F \times e}{s \times l^2}$$

$$\sigma_b = \frac{4,243 \times 2000 \times 120}{s \times 40^2}$$

$$\sigma_b = \frac{636,45}{s} \text{ N/mm}^2$$



$$\tau_{g\max} = \frac{1}{2} \sqrt{(\sigma_b)^2 + 4 \cdot (\tau_g)^2}$$

$$25 = \frac{1}{2} \sqrt{\left(\frac{636,45}{s}\right)^2 + 4 \cdot \left(\frac{35,36}{s}\right)^2} = \frac{320,18}{s}$$

$$s = \frac{320,18}{25} = 12,8 \text{ mm}$$

$$t = 0,707 \times 12,8 = 9,1 \text{ mm}$$

6. Sebuah poros dengan diameter 50 mm dilas pada sebuah pelat datar, dengan lebar kampuh 15 mm. Hitung tegangan normal dan tegangan geser maksimum.
7. Sebuah bracket diberikan beban 15 kN dan dilas pada bagian ujung seperti gambar. Hitung ukuran kampuh jika tegangan geser yang diijinkan 80 N/mm^2 .
8. Sebuah pelat baja persegi panjang dilas seperti kantilever pada suatu batang vertikal dan menerima beban 60 kN. Hitung ukuran kampuh jika tegangan geser yang diijinkan 140 N/mm^2 .