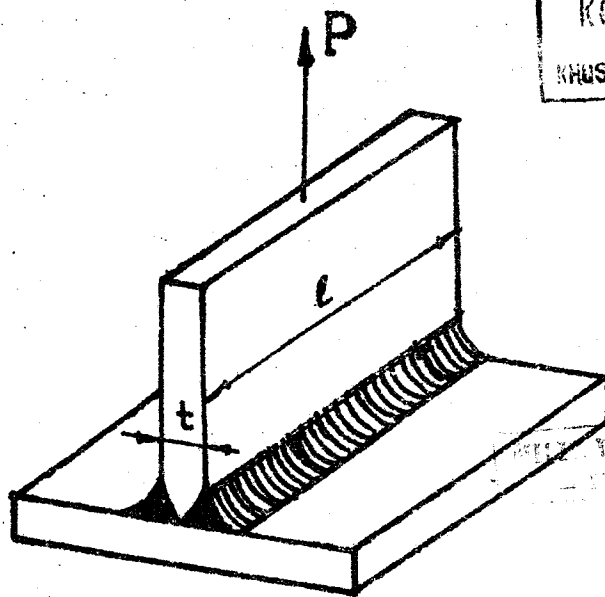


# DASAR-DASAR PERHITUNGAN SAMBUNGAN LAS



PERPUSTAKAAN IKIP PADANG  
KOLENG PADANG ILNU  
TIDAK DIPINJAMKAN  
KHUSUS DIPAKAI DALAM PERPUSTAKAAN

PERPUSTAKAAN  
IKIP PADANG

oleh  
**Drs. Adeng Achmad**

Jurusan Mesin

Fakultas Pendidikan Teknologi Dan Kejuruan  
Institut Keguruan Dan Ilmu Pendidikan

Padang

1986

## KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Kuasa, yang mana dengan Rahmat dan Hidayah Nya lah penulis berhasil menyusun buku ini.

Berdasarkan pengalaman penulis dalam melaksanakan praktek pengelasan, kekuatan sambungan las merupakan syarat yang penting dalam pembuatan suatu konstruksi atau benda kerja. Maka dari itu, dalam pengerjaan sambungan las, selain menggunakan prosedur pengelasan yang benar, juga kekuatannya harus diperhitungkan.

Berdasarkan seperti tersebut diatas, penulis membenarkan diri menyusun buku DASAR-DASAR PERHITUNGAN SAMBUNGAN LAS. Yang mana buku ini diharapkan dapat menunjang dan merupakan pedoman dalam melaksanakan praktek pengelasan.


Tentunya dalam buku ini masih banyak kekurangan-kekurangan pada berbagai segi. Karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran-saran dari pembaca demi kesempurnaan buku ini dimasa mendatang.

Akhirnya penulis mengucapkan banyak terima kasih ke pada rekan-rekan dan semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan buku ini, baik langsung atau tidak langsung.

MILIK PERPUSTAKAAN IKIP PADANG	
DITERIMA TEL	23 - 11 - 1986
SUMBER/HARSA	Harah
KOLEKSI	K1
NO. STAMP	15 / 112 / 87 - d11 (2)
NO. KASIH	671.52 Ach d11

Padang, September 1986

Penulis.



## DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR .....	i
DAFTAR ISI .....	ii
PENDAHULUAN .....	iv
BAB I. <u>SAMBUNGAN LAS</u> .....	1
A. Proses pengelasan .....	1
B. Tipe-tipe sambungan las .....	4
C. Macam bentuk dan simbol las.....	6
BAB II. <u>KEKUATAN SAMBUNGAN LAS</u> .....	12
A. Kekuatan sambungan .....	12
B. Kekuatan sambungan sudut .....	13
C. Kekuatan sambungan tumpul .....	15
BAB III. <u>TEGANGAN, PEMBEBANAN DAN MOMEN POLAIR ...</u>	18
<u>INERTIA PADA SAMBUNGAN LAS ;</u> .....	18
A. Tegangan .....	18
B. Konsentrasi tegangan .....	19
C. Beban aksial tidak simetris .....	20
D. Beban eksentrik .....	22
E. Momen polair inertia .....	29
BAB IV. <u>CONTOH-CONTOH PERHITUNGAN SAMBUNGAN LAS</u> ..	30
DAFTAR KEPUSTAKAAN .....	42

## PENDAHULUAN

Sambungan las adalah merupakan sambungan tetap dengan jalan pelumeran dari ujung dua bagian logam sehingga bersatu, dengan atau tanpa tekanan dan pengisian bahan tambah. Sebagai sumber panas untuk melumerkan kedua ujung logam tersebut, diperoleh dari pembakaran gas atau arus listrik. Dengan pemberian panas, pada kedua ujung logam akan mencair dan membentuk kawah las.

Metode mengelas ini didalam Fabrikasi, sama halnya seperti metode penuangan, penempaan dan pengelingan, yaitu memenuhi rongga pada sambungan.

Sambungan las juga dipergunakan untuk mempersatukan-kembali dari bagian-bagian kecil yang telah pecah dan memperbaiki bagian permukaan yang telah aus.

Pada kontruksi sambungan las, bahwa kekuatan kontruksi terletak pada kekuatan sambungan. Oleh karena itu dalam pembuatannya harus diperhitungkan dan direncanakan dengan baik, sehingga sambungan mempunyai efisiensi yang tinggi dan keamanan dalam pengoperasian dapat dijamin.

Buku ini membicarakan mengenai dasar-dasar perhitungan sambungan las, Pada bagian 1 meliputi proses pengelasan, bentuk-bentuk dan simbol sambungan las. Pada bagian 2 dibicarakan mengenai kekuatan sambungan las, kekuatan sambungan, kekuatan sambungan sudut dan kekuatan sambungan tumpul. Pada bagian 3 dibicarakan mengenai tegangan-tegangan, pembebanan dan momen inerti pada sambungan las. Sedang pada bagian terakhir, dibicarakan mengenai contoh contoh soal dan penyelesaiannya.

## B A B I

### SAMBUNGAN LAS.

#### A. Proses Pengelasan.

Proses pengelasan, pada dasarnya terbagi dua kelompok yaitu : las cair dan las kombinasi.

##### 1. Las cair.

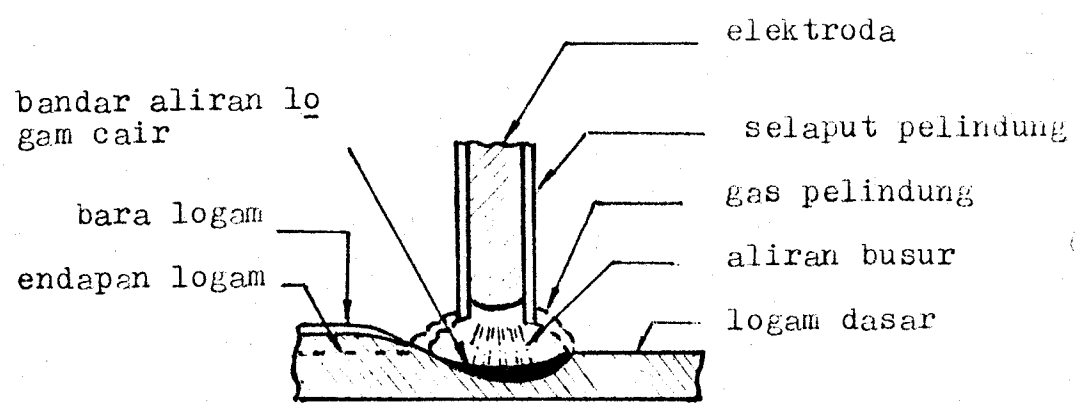
Pada las cair, prosesnya yaitu menggunakan panas saja, dimana sambungan dipanaskan sampai mencair dengan sumber panas dari busur listrik atau pembakaran gas. Las cair ini diantaranya adalah :

##### a. Las busur listrik.

Didalam las busur listrik, terjadinya pengisian logam atau bahan tambah diperoleh dari logam elektroda las. Didalam melaksanakan pengelasan ini, mata dan muka harus menggunakan pelindung. Sehingga terhindar dari percikan elektroda dan beda kerja, serta cahaya yang kuat yang dapat membahayakan mata. Logam dasar yang berada pada aliran busur, mencair dan membentuk sebuah kawah, yang mana cairan tersebut didorong oleh tekanan angin busur las. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 1. Suatu tekanan ringan, akan terbentuk didalam logam dasar dan logam cair guna melindungi seluruh permukaan pelekkan tersebut, yang mana hal semacam ini dinamakan kawah las. Terak, dibersihkan setelah cairan dingin. Las busur, tidak menghendaki pemanasan pendahuluan, karena temperatur busur segera naik sangat tinggi. Oleh karena itu pencairan logam berlangsung seketika. Las busur listrik, ada dua macam dilihat dari bentuk elektrodanya, yaitu:

1. Las busur tanpa selaput pelindung.
2. Las busur dengan selaput pelindung.

Jika elektroda besar atau batang pengisi dipakai untuk mengelas, ini disebut las busur tanpa gas pelindung. Dalam hal ini pengendapan cairan logam ketika mesin panas akan menyerap oksigen dan nitrogen dari udara bebas, hal ini akan mengurangi kekuatan, ketahanan dan mudah berkarat. Dalam las busur yang memakai pelindung gas, batang elektroda dibalut dengan bahan yang padat dan terpadu. Lihat gambar 1, perencanaan selaput pelindung dipokuskan pada pusaran busur cairan yang akan membuat riak-riak kecil dimana akan melindungi cairan dari udara dan mencegah penyerapan dalam jumlah yang banyak gas nitrogen dan oksigen, yang akan mengakibatkan kerugian.

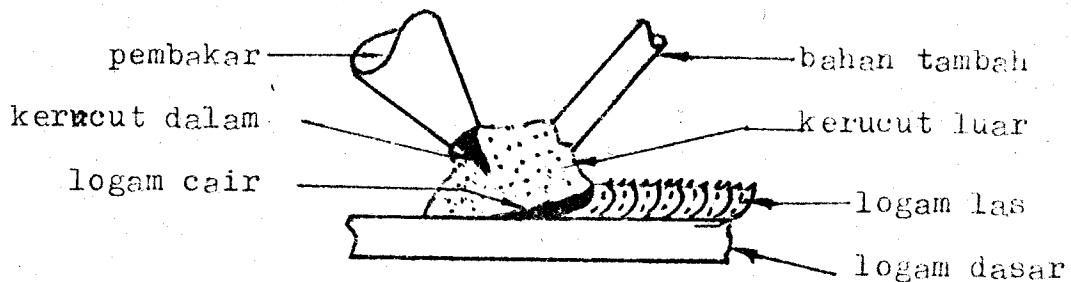


Gambar 1.  
Las listrik dengan selaput pelindung.

b. Las gas.

Las gas dibuat dari nyala api oksidasi asetilen dan gas oksigen pada suatu permukaan dari permukaan sambungan. Lidah yang berwarna putih dari nyala api akan memanaskan sebagian dari permukaan pelelehan, kawat las akan memberikan logam tambahan pada lasan. Selama pemanasan, perbandingan gas -

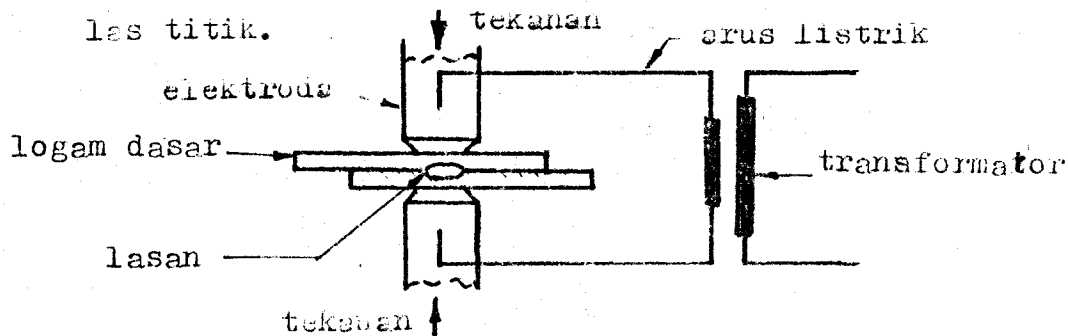
pengelasan turun, oleh karena itu bisa digunakan pada bahan yang lebih tipis. Proses pengelasan las - acetilen, dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2.  
Las acetilen.

## 2. Las kombinasi.

Didalam las kombinasi, bagian yang akan disambung, terlebih dahulu dipanaskan didalam tungku, kemudian ditempat atau dipukul. Metode tersebut pada saat ini sudah jarang digunakan. Las tekanan listrik adalah sebagai contoh dari las kombinasi. Dalam hal ini bagian yang akan disambung, ditekan kemudian arus listrik dialirkan pada satu bagian logam ke logam lainnya sampai bagian ini panas dan mencapai temperatur leleh, kemudian disatukan. Las ini memakai prinsip pemanasan dan penekanan. Prinsip penggunaannya yaitu dalam las titik, las proyeksi dan las roda. Gambar 3 adalah pengelasan las titik.



Gambar 3.  
Las titik.

## B. Tipe-tipe Sambungan las

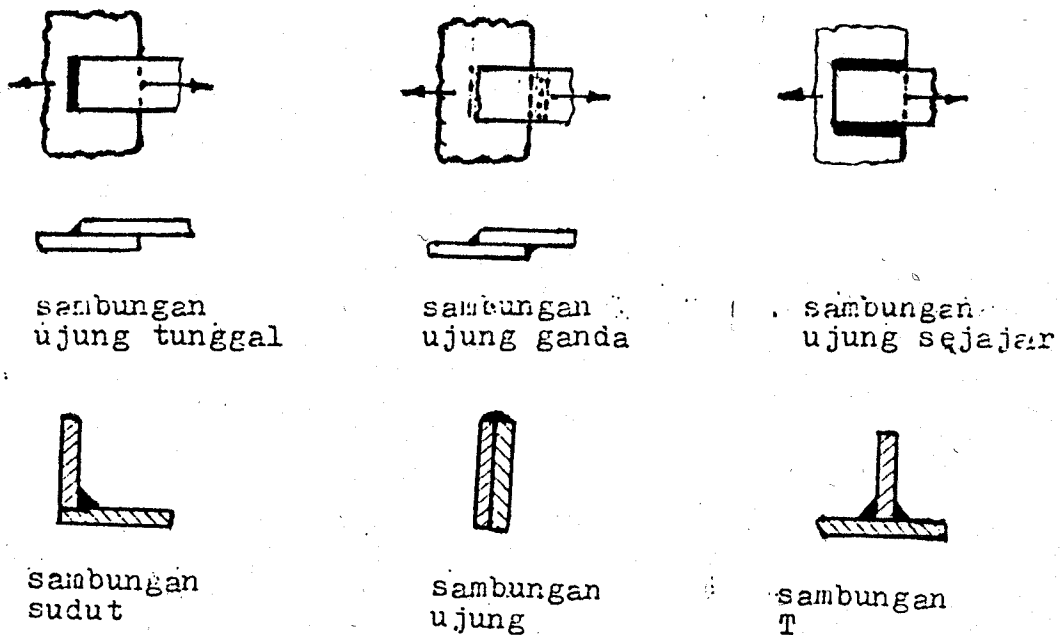
Ada beberapa macam sambungan las, tetapi menurut pengerjaannya ada dua macam tipe, yaitu: Sambungan sudut atau disebut juga sambungan ikat ujung ( fillet weld ) dan Sambungan tumpul ( butt weld ).

### 1. Sambungan sudut ( sambungan ikat ujung ).

Sambungan ini biasanya dibuat dengan tujuan untuk - memper oleh tonjolan-tonjolan pada plat. Jika dipotong arah melintang, akan membentuk segi tiga. Sambungan-sambungan tersebut ada beberapa macam, yaitu

- a. Sambungan ujung tunggal,
- b. Sambungan ujung ganda.
- c. Sambungan ujung sejajar.
- c. Sambungan sudut.

Untuk lebih jelasnya, sambungan sudut ( sambungan ikat ujung ) seperti tersebut diatas dapat dilihat - pada gambar 4



Gambar 4.

Sambungan sudut ( sambungan ikat ujung )

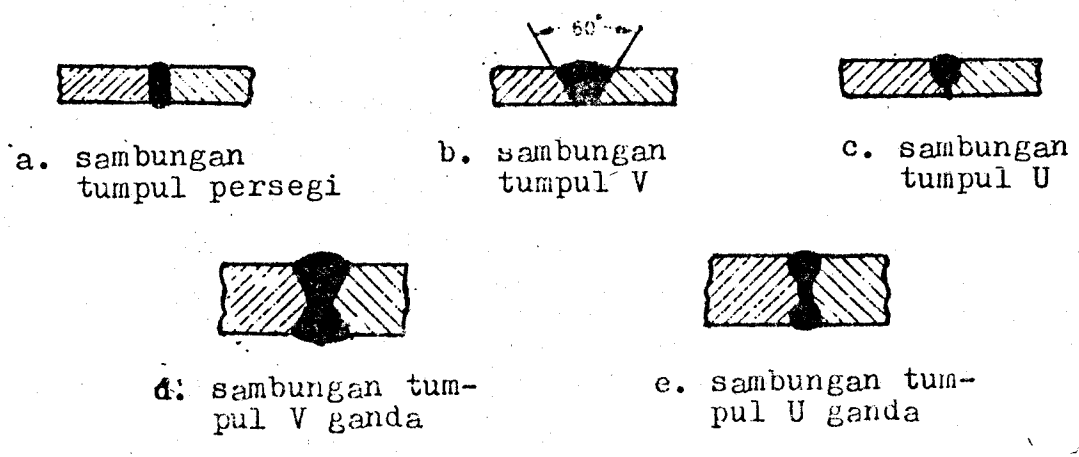


2. Sambungan tumpul.

Sambungan ini bertujuan untuk memper oleh penyambungan pinggiran plat dengan pinggiran plat lainnya. Jika tebal plat ukurannya dibawah 5 mm, ujung plat yang akan disambung tidak boleh datar. Jika ukuran-tebal plat 5 mm sampai dengan 12,5 mm, pinggir plat harus dibuat alur berbentuk U atau V pada salah satu sisinya. Dan jika tebal plat ukurannya lebih dari 12,5 mm, pinggiran plat harus dibuat alur berbentuk U atau V pada kedua sisinya. Maksud seperti tersebut diatas, agar sesuai antara ukuran lasan atau-pengisian bahan tambah dengan ukuran tebal plat, sehingga memenuhi persyaratan sambungan. Hal ini akan dijelaskan pada bab berikutnya. Ada beberapa macam-sambungan tumpul, yaitu:

- a. Sambungan tumpul persegi ( sambungan I ).
- b. Sambungan tumpul V
- c. Sambungan tumpul U
- d. Sambungan tumpul V ganda
- e. Sambungan tumpul U ganda.

Untuk lebih jelasnya, sambungan-sambungan tumpul seperti diatas, dapat dilihat pada gambar 5.









Gambar 5.  
Sambungan tumpul.









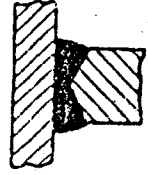

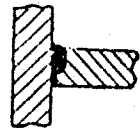

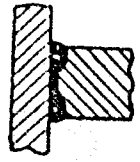

### 3. Macam bentuk dan simbol las.

Ada beberapa macam bentuk sambungan yang dapat dijumpai dalam sambungan las. Untuk menentukan macam dan bentuk sambungan tersebut, harus dilengkapi dengan tanda atau simbolnya. Hal ini merupakan syarat dalam pengelasan, yang mana sangat penting bagi mutu sambungan las. Oleh karena itu, syarat-syarat tersebut harus dapat disampaikan dengan jelas dan tepat. Tanda-tanda atau simbol-simbol ini ditempatkan pada gambar konstruksi. Dengan demikian akan memudahkan dalam pengerjaan, terutama bagi juru las. Untuk meyakinkan mutu las, kadang-kadang ditambahkan pula tanda gambar uji yang menjelaskan pengujian tak merusak. Macam-macam bentuk dan simbol las, dapat dilihat pada tabel 1.


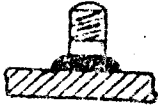


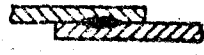
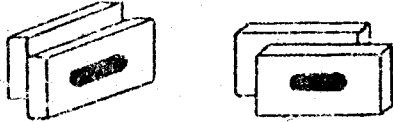
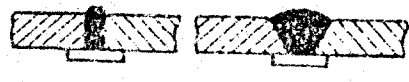
TABEL 1. MACAM BENTUK DAN SIMBOL LAS

No.S	Name las	Bentuk	Simbol
1	las sudut		
2	las tumpul I		
3	las tunggal V		

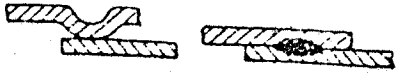
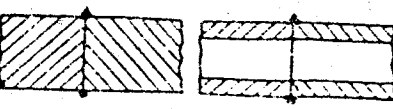

SAMBUNGAN TABEL 1

No.S	Nama las	Bentuk las	Simbøl
4	las ganda V		
5	las tunggal U		
6	las ganda U		
7	las tunggal miring		
8	las ganda miring		
9	las tunggal J		
10	las ganda J		

SAMBUNGAN TABEL 1

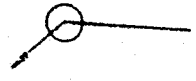

No. S	Nama las	Bentuk las	Simbol
11	las lipatan		D
12	las sudut ganda T		⊥
13	las tertutup		○
14	las titik		X
15	las tumpang		XXX
16	las sumbat		∩
17	las landasan pendukung		=

SAMBUNGAN TABEL 1

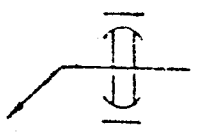




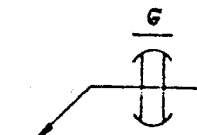
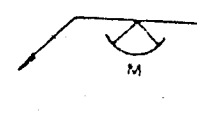
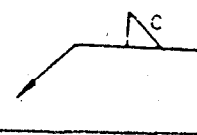
No. S	Nama las	Bentuk las	Simbol
18	las proyeksi		△
19	las sinar		∇
20	las tahanan/ tekanan/lan- tak		⊥

Dari simbol-simbol diatas, ada pula simbol las tam-  
bahan, yaitu dapat dilihat pada tabel 2

TABEL 2. SIMBOL LAS TAMBAHAN

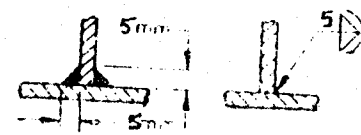
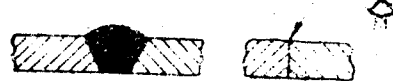

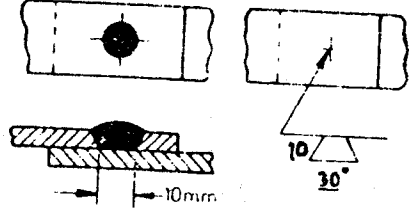
No.S	Nama las	Gambar	simbol
1	las keliling		○
2	las bidang		●

SAMBUNGAN TABEL 2

No. S	Nama las	Gambar	Simbol
3	kontur bilas (garis luar bilas)		—
4	kontur cembung (gari luar cembung)		
5	kontur cekung (garis luar cekung)		
6	penggerinaan akhir		G
7	penyelesaian mesin		M
8	pengikis akhir		C

Untuk menjelaskan macam, bentuk dan ukuran sambungan, yaitu ditunjukkan pada gambar. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 3.

TABEL 3. PENGELASAN DAN PENUNJUKAN PADA GAMBAR

Las yang sebenarnya	Penunjukan pada gambar
Las sudut pada masing-masing sisi dari permukaan cembung	
Las V tunggal penge-lasan mesin	
Las V ganda	
Las tirus dengan su-dut alur 30°	

## BAB II

### KEKUATAN SAMBUNGAN LAS

#### A. Kekuatan sambungan

Didalam sambungan las, selalu digunakan logam las atau logam tambah yang mempunyai kekuatan dan keuletan yang lebih baik, atau paling tidak harus sama dengan logam induk. Akan tetapi akibat dari proses pengelasan, kekuatan dan keuletan logam dapat berubah. Dalam hal ini, logam las tersebut sifatnya dipengaruhi oleh keadaan, cara dan prosedur pengelasan. Disamping itu juga tergantung kepada pengambilan batang uji.

Kekuatan sambungan las, dihitung berdasarkan tegangan boleh, dengan anggapan bahwa hubungan antara tegangan dengan regangan mengikuti hukum Hooke. Dimana dengan syarat bahwa tegangan terbesar yang terjadi tidak melebihi tegangan boleh yang telah ditentukan sebelumnya. Tegangan yang terjadi didalam las tumpul, tidak terlalu sukar untuk dihitung, tetapi didalam las sudut sangat sukar. Oleh karena itu, didalam hal ini tegangan yang terjadi dianggap sama dengan tegangan didalam leher las. Pada dasarnya kekuatan sambungan las tumpul sama dengan kekuatan logam induk, asal saja pemilihan bahan las dan metode pengelasanya baik. Pada pelaksanaannya, manik las dalam pengelasan las tumpul mempunyai ketebalan yang lebih dari pada tebal plat yang dilas. Besar konsentrasi tegangan dalam las sudut dapat mencapai antara 6 sampai 8 kali pada akar las dan 2 sampai 6 kali pada kaki las. Perbandingan kekuatan antara las sudut dan las tumpul dapat dilihat pada tabel 4.

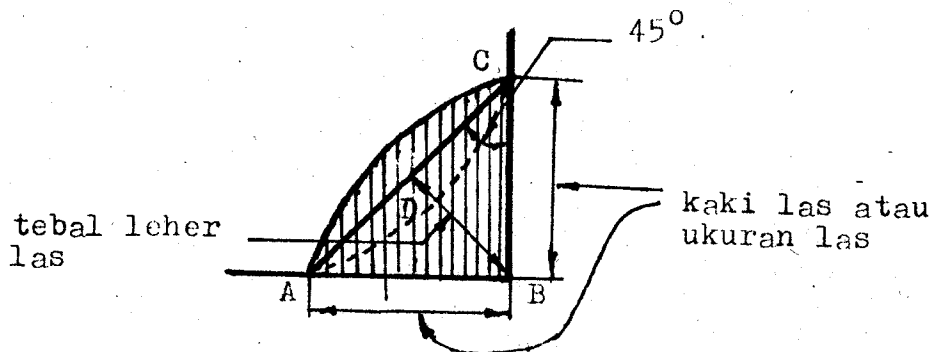


TABEL 4. KEKUATAN TARIK SAMBUNGAN LAS

Jenis lasan	Jenis sambungan	Kekuatan tarik <sub>2</sub> (kg/mm <sup>2</sup> )	Angka perbandingan kekuatan logam induk
alur	tumpul	sama dengan logam induk	1,0
sudut melintang	dengan penguat ganda	40-50	0,9-1,0
"	dengan penguat tunggal	30-40	0,7-0,8
"	tumpang (sudut ganda)	35-45	0,8-0,9
"	tumpang (sudut tunggal)	30-40	0,7-0,8
"	sambungan T	35-40	0,8
sudut sejajar	dengan penguat ganda	30-35	0,7

#### B. Kekuatan sambungan sudut.

Kekuatan pada sambungan las sudut, tergantung dari luas normal las atau ukuran kaki las. Gambar 6, adalah menunjukkan ukuran dari las.



Gambar 6.  
Ukuran las sudut.

Dalam susunan kekuatan sambungan las, ditunjukkan-  
 Pada bagian sudut kanan segi tiga ABC dimana AC membu-  
 at sudut yang sama dengan dua sisi yang lain, yaitu AB  
 dan BC. Besar sudut pada fillet seperti gambar 6, ya-  
 itu panjang masing-masing sisi diketahui sebagai kaki-  
 atau ukuran pada sudut dan tegak lurus dari hypotenusa.  
 Diantara kedua bagian kaki ( BD ) adalah sebagai te-  
 bal leher. Daerah minimum las dapat diper oleh dari te-  
 bal BD, yang mana diberikan dengan hasil tebal leher -  
 dan panjang las.

$t$  = tebal plat ( ukuran las )

$l$  = panjang las

dari segi geometriknya pada gambar 6, tebal leher

$$BD = \text{kaki} \cdot \sin 45^\circ = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

∴ Luas minimum las = tebal leher . panjang las

$$= \frac{t \cdot l}{\sqrt{2}}$$

Tegangan yang diizinkan pada las =  $f_t$

∴ Tegangan tarik yang diizinkan pada sambungan sudut tunggal

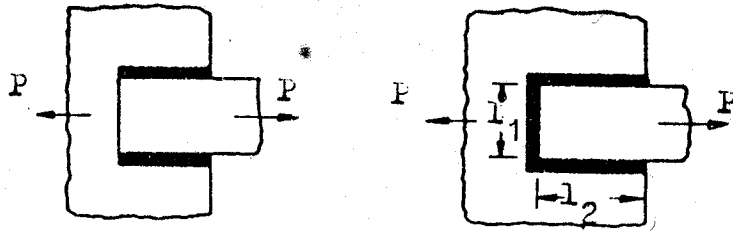
$$P = \frac{t \cdot l}{\sqrt{2}} \cdot f_t$$

Tegangan tarik yang diizinkan pada sambungan sudut gan-  
 da

$$P = \frac{2 \cdot t \cdot l}{\sqrt{2}} \cdot f_t$$

Pada sambungan las, kelemahan plat terjadi karena adanya terak dan lubang ( rongga-rongga ) Oleh karena itu, sambungan las memberikan kekuatan yang mana mungkin besarnya 10 % dari tebal plat.

Sambungan sudut sejajar, dibentuk untuk kekuatan geser. Perbandingan sudut sejajar, dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7

Sambungan sudut sejajar.

Seperti telah dibicarakan lebih dulu, bahwa luas daerah minimum untuk las atau leher las.

$$= \frac{t \cdot l}{V 2}$$

Tegangan geser bahan las =  $f_s$

∴ Kekuatan geser untuk sambungan sudut sejajar tunggal

$$P = \frac{t \cdot l}{V 2} \cdot f_s$$

Kekuatan geser untuk sambungan sudut sejajar ganda

$$P = \frac{t \cdot l \cdot 2}{V 2} \cdot f_s = V 2 \cdot t \cdot l \cdot f_s$$

### C. Kekuatan sambungan tumpul

Sambungan tumpul, direncanakan untuk beban tekan. Sambungan V tunggal dapat dilihat pada gambar 8. Dalam sambungan tumpul, panjang kaki atau ukuran las adalah sama dengan tebal plat ( $t$ ).

Tegangan tarik pada sambungan tumpul, ( $V$  tunggal dan  $V$  ganda) adalah  $f_t$ .

Panjang las pada sambungan tumpul, umumnya sama atau sebanding dengan lebar plat.

∴ Kekuatan tarik sambungan tumpul V tunggal

$$P = t \cdot l \cdot ft$$

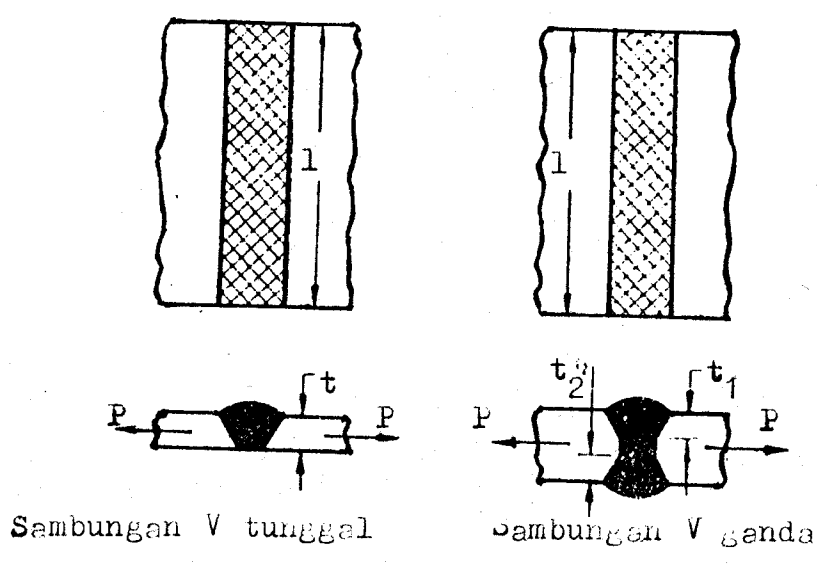
dimana l = panjang las

Kekuatan tarik sambungan tumpul V ganda

$$P = ( t_1 + t_2 ) \cdot l \cdot ft$$

dimana t<sub>1</sub> = tebal lengan pada bagian puncak.

t<sub>2</sub> = tebal lengan pada leher bawah.



Gambar 8.

Ukuran sambungan tumpul.

Dalam hal ini dapat ditulis, bahwa ukuran dari pada las harus lebih besar dari ketebalan plat, tetapi bisa juga sama dengan ketebalan plat tersebut.

Penjelasan ukuran las dari sambungan tumpul, dapat dilihat pada tabel 4

TABEL 4. UKURAN SAMBUNGAN TUMPUL

tebal plat (mm)	ukuran minimum las (mm)
3 - 5	3
6 - 8	5
10 - 16	6
18 - 24	10
26 - 50	14

671.52  
Ach  
d,

### BAB III

## TEGANGAN, PEMBEBANAN DAN MOMEN INERTIA PADA SAMBUNGAN LAS

### A. Tegangan pada sambungan las

Tegangan-tegangan pada sambungan las adalah sangat sulit untuk ditetapkan, hal ini karena pada variabel-variabelnya tidak terdapat parameter seperti pada logam. Dimana tegangan pada lasan, dipengaruhi oleh kecepatan pendinginan. Tegangan tersebut adalah sebagai berikut:

1. Tegangan terbagi rata pada seluruh panjang las atau bidang las.
2. Tegangan terbesar adalah merata pada seluruh potongan atau penampang yang efektif.

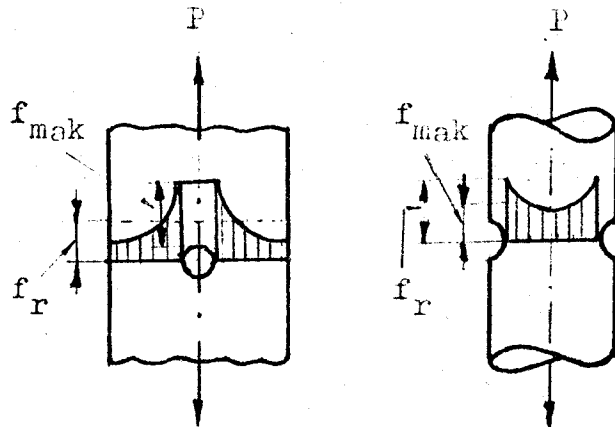
Tabel 5 menunjukkan tegangan-tegangan pada sambungan las dari logam fero dengan elektroda baja lunak.

TABEL 5. TEGANGAN PADA SAMBUNGAN LAS

bentuk / - macam las	elektroda terbuka		elektroda tertutup	
	beban- merata kg /cm <sup>2</sup>	beban tidak beraturan - kg /cm <sup>2</sup>	beban- merata kg /cm <sup>2</sup>	beban tidak beraturan - kg /cm <sup>2</sup>
Las sudut	790	210	210	350
Las tumpul				
Tegangan	900	350	1100	550
Tekanan	1000	350	1250	550
Geseran	550	210	700	350

### B. Konsentrasi tegangan.

Konsentrasi tegangan terjadi karena pembebanan tidak merata, sehingga pembagian tegangan tidak merata. Tegangan terkonsentrasi pada bagian tertentu dari penampang batang karena perubahan luas penampang yang mendadak. Gambar 9 menunjukkan tegangan terkonsentrasi pada bagian tertentu.



Gambar 9.  
Tegangan konsentrasi

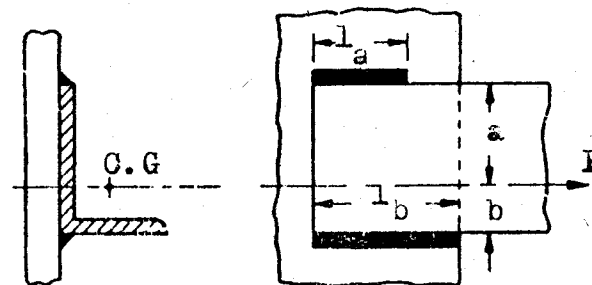
Konsentrasi tegangan terjadi pada sambungan dan logam dasar, yang mana dapat mengakibatkan patahnya suatu konstruksi sambungan las. Akan tetapi kemungkinan patah pada sambungan lebih besar dari pada logam dasar, hal ini dikarenakan proses pengelasan, yang mana dapat menurunkan ketangguhan dari suatu konstruksi las. Oleh karena itu pembuatan suatu konstruksi sambungan las harus melalui perencanaan yang baik dan menggunakan prosedur pengelasan yang tepat. Faktor konsentrasi tegangan dapat dilihat pada tabel 6.

TABEL 6. TEGANGAN KONSENTRASI.

Bentuk / macam sambungan	Faktor konsentrasi tegangan
1. penguatan las tumpul	1,2
2. las berimpit melintang atau miring	1,5
3. las berimpit sejajar	2,7
4. las tumpul T dengan garis sudut	2,0

### C. Beban aksial tidak simetris.

Kadang-kadang bagian-bagian yang tidak simetris - seperti besi siku, besi T dan lain-lain, di las pada tepi-tepi plens (lekukan) yang dibebani secara aksial seperti pada gambar 10.



Gambar 10.

### Beban aksial tidak simetris.

Dalam gambar 10, seolah-olah panjang pengelasan harus menurut ukuran tertentu, sehingga jumlah momen tekanan adalah nol. Perhatikan bagian yang siku pada gambar 10, apabila :



$l_a$  = panjang las bagian atas

$l_b$  = panjang las bagian bawah

$l$  = panjang las keseluruhan =  $l_a + l_b$

$P$  = beban aksial

$a$  = jarak las bagian atas dari gaya berat poros

$b$  = jarak las bagian bawah dari gaya berat poros

$s$  = tekanan yang ditentukan oleh panjang las per unit.

∴ Momen las atas sekitar gaya berat poros

$$= l_a \cdot s \cdot b$$

dan momen las bagian bawah sekitar gaya berat poros

$$= l_b \cdot s \cdot b$$

Karena momen ( jumlah ) seputar gaya berat poros harus nol, maka

$$l_a \cdot s \cdot a - l_b \cdot s \cdot b = 0$$

$$l_a \cdot a = l_b \cdot b \quad \dots\dots\dots (i)$$

Kita tahu bahwa

$$l = l_a + l_b \quad \dots\dots\dots (ii)$$

∴ Dari persamaan (i) dan (ii), kita dapat

$$l_a = \frac{l \cdot b}{a + b}$$

$$l_b = \frac{l \cdot a}{a + b}$$

#### D. Beban eksentrik.

Sebuah beban eksentrik dapat dibebankan pada sambungan las dalam berbagai cara. Tegangan yang disebabkan oleh sambungan dapat berbeda, tergantung dari asal bahan atau bahan yang sama. Penyebab tegangan adalah gabungan yang tertumpang diatas suatu tegangan asal. Jika tegangan besar dan tegangan bengkok bekerja secara serentak pada suatu sambungan las (lihat masalah 1) - kemudian tegangan maksimum adalah sebagai berikut :

Tegangan tarik maksimum

$$f_t (\text{mak}) = \frac{f_b}{2} + \frac{1}{2} \sqrt{f_b^2 + 4f_a^2}$$

Tegangan geser maksimum

$$f_g (\text{mak}) = \frac{1}{2} \sqrt{f_b^2 + f_g^2}$$

dimana :  $f_b$  = tegangan bengkok.

$f_g$  = tegangan geser.

Jika tegangan suatu bahan yang sama, mungkin gabungan vektor (lihat masalah 2). Sekarang kita akan membicarakan dua masalah beban eksentrik, yaitu :

##### Masalah 1.

Lihat sambungan T yang dibebani beban eksentrik P sejauh e, seperti pada gambar 11.

apabila : t = tebal las

L = panjang las

Sambungan yang akan menjadi dasar kepada tegangan geser dan tegangan bengkok yang bekerja pada momen bengkok P . e .

Luas las adalah

$$A = \frac{t \cdot l}{\sqrt{2}} \cdot 2 \quad (\text{untuk fillet ganda})$$

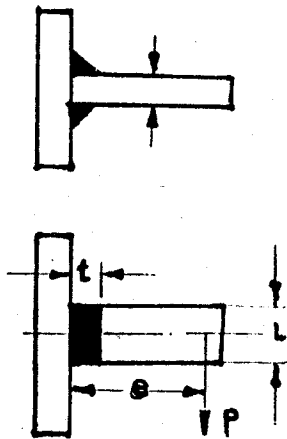
$$= \sqrt{2} \cdot t \cdot l$$

∴ Tegangan geser pada las

$$f_g = \frac{P}{A} = \frac{P}{\sqrt{2} \cdot t \cdot l}$$

Bagian modulus dari sambungan logam pada batang

$$\frac{t}{\sqrt{2}} \cdot \frac{l^2}{6} \cdot 2 = \frac{t \cdot l^2}{3 \sqrt{2}}$$



Gambar 11. Sambungan T dengan beban eksentrik

Tegangan bengkok,

$$f_b = \frac{M}{Z}$$

$$= \frac{P \cdot e \cdot \sqrt{2}}{t \cdot l^2}$$

Tegangan geser maksimum

$$f_g (\text{mak}) = \frac{1}{2} \sqrt{f_b^2 + 4 f_g^2}$$

## Masalah 2

Jika sambungan las mendapat beban eksentrik seperti pada gambar 12. Maka didalam hal ini, ada 2 macam - tegangan yang disebabkan oleh:

1. langsung disebabkan oleh tegangan geser utama
2. tegangan geser disebabkan oleh tegangan bengkok.

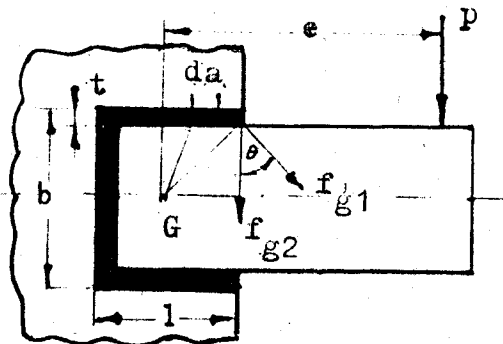
Apabila

$P$  = beban eksentrik.

$e$  = tegangan eksentrik i . e, jarak antara garis arah beban dan pusat gaya  $G$  pada bagian batang atau fillet.

$l$  = panjang las tunggal.

$t$  = ukuran atau kaki las.



Gambar 12

Pembebanan eksentrik

∴ Tegangan geser utama

$$\begin{aligned}
 f_{g1} &= \frac{\text{beban}}{\text{luas batang}} = \frac{P}{A} \\
 &= \frac{P}{2 \cdot \frac{t \cdot l}{\sqrt{2}}} = \frac{P}{\sqrt{2} \cdot t \cdot l}
 \end{aligned}$$

Luas batang untuk fillet tunggal (sambungan sudut tunggal).

$$= \frac{t \cdot l}{\sqrt{2}}$$

Karena tegangan geser yang dihasilkan oleh momen bengkok ( $M = Pe$ ) pada bagian lain yang tergantung dari jarak  $G$ , oleh karena itu tegangan pada  $P$ . e dititik  $A$  adalah sebanding dengan  $AG$  ( $r$ ) dan searah dengan sudut dihadapannya ( $AG$ ). Dengan kata lain :

$$\frac{f_{g2}}{r^2} = \frac{f_g}{r} = \text{Constan} \dots\dots\dots (i)$$

dimana  $f_{g2}$  adalah tegangan geser maksimum pada jarak maksimum dan  $f_g$  tegangan geser pada jarak lain  $r$ .

Selanjutnya bagian kecil las  $dA$  pada jarak  $r$  dari  $G$

.°. Gaya geser pada bagian kecil ini

$$= f_g \cdot dA$$

dan momen gaya geser di  $G$

$$dM = f_g \cdot dA \cdot r$$

$$= \frac{f_{g2}}{r^2} \cdot dA \cdot r \dots\dots(\text{dari persamaan i})$$

.°. Jumlah momen tahanan bagian atas dari semua luas las

$$M = Pe = \int \frac{f_{g2}}{r^2} dA r^2$$

$$= \int \frac{f_{g2}}{r^2} dA r^2$$

$$= \frac{f_{g2}}{r^2} \cdot IG \dots\dots\dots (IG = \int dA r^2)$$

dimana  $IG$  = momen kelembaman pada daerah batang di  $G$ .

∴ Tegangan geser pada momen bengkok  $i . e$   
tegangan geser sekunder

$$f_{g2} = \frac{M \cdot r_2}{I_G} = \frac{P \cdot e \cdot r_2}{I_G}$$

Untuk mendapatkan tegangan resultan, tegangan pokok (primer) dan tegangan geser sekunder adalah gabungan dari arah vektor.

∴ Tegangan resultan di A

$$f_{gA} = \sqrt{f_{g1}^2 + f_{g2}^2 + 2 \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot \cos \theta}$$

$\theta$  = sudut antara  $f_{g1}$  dan  $f_{g2}$

$$\cos \theta = \frac{r_1}{r_2}$$

Catatan :

Momen polair kelembaman pada luas batang A di G -  
dihasilkan oleh sumbu paralel rumus  $i . e$

$$= 2 ( I_{Gx} \cdot A_x^2 ) \text{ (luas fillet ganda)}$$

$$= 2 \left( \frac{A_1^2}{12} + A_x^2 \right)$$

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

dimana :

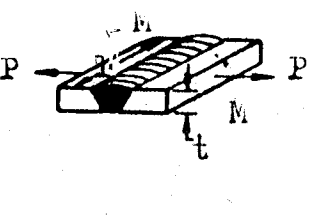
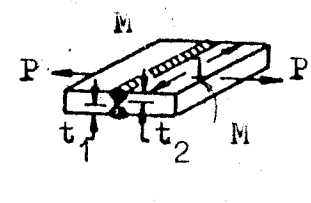
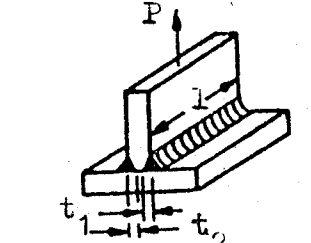
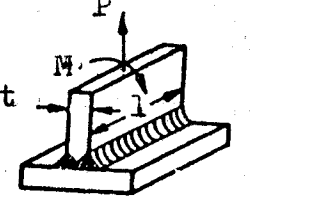
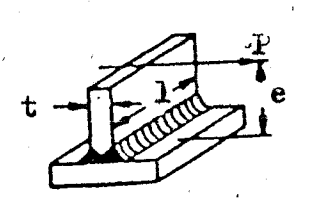
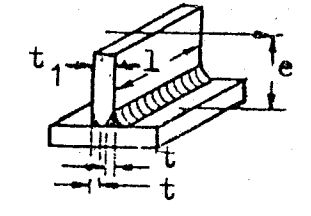
$$A = \text{luas batang} = \frac{t \cdot l}{\sqrt{2}}$$

$l$  = panjang las

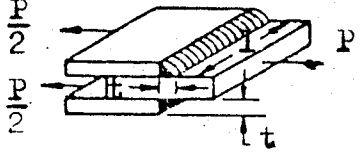
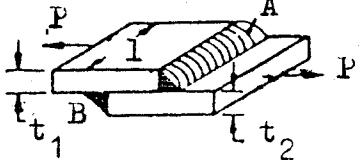
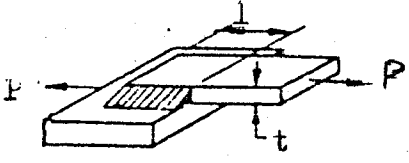
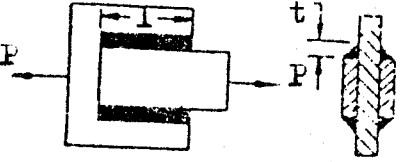
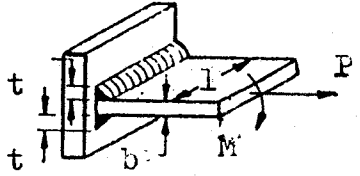
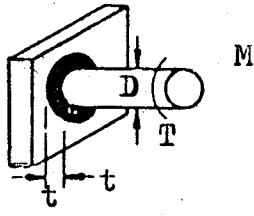
$x$  = jarak tegak lurus dari dua sumbu -  
paralel.

Selanjutnya tabel berikut diperlihatkan macam -  
macam aplikasi pembebanan dan resultante tegangan -  
tegangan pada sambungan las.

TABEL 7. TEGANGAN\*TEGANGAN PADA SAMBUNGAN LAS

NO	Type pembebanan	Tegangan las
1		$f_t = f_b = \frac{P}{t \cdot l}$ $= \frac{6M}{lt^2}$
2		$f_t = f_b = \frac{P}{(t_1+t_2)l}$ $= \frac{3t_1 \cdot M}{lt(3t_1^2 - 6t_1l + 4t^2)}$
3		$f_t = f_b = \frac{P}{(t_1+t_2)l}$ $= \frac{3t_1 \cdot M}{lt(3t_1^2 - 6t_1l + 4t^2)}$
4		$f_t = f_b = \frac{P}{t \cdot l}$ $= \frac{6M}{lt^2}$
5		$f_t = \frac{6Pe}{lt^2}$ $f_b = \frac{P}{t \cdot l}$
6		$f_t = \frac{3t_1Pe}{lt(3t_1^2 - 6t_1t + 4t^2)}$ $f_b = \frac{P}{2tl}$

SAMBUNGAN TABEL 7.

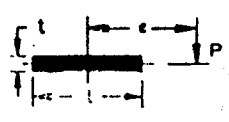
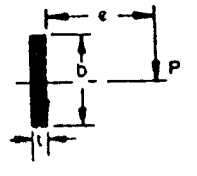
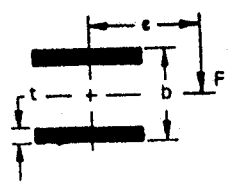
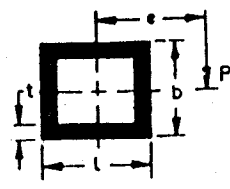
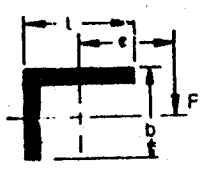
No	Tipe pembebanan	Tegangan las
		$f_t = \frac{P}{\sqrt{2} \cdot t \cdot l}$
		$f_{tA} = f_{tB}$ $= \frac{P}{\sqrt{2} \cdot t \cdot l}$
		$f_t = \frac{P}{\sqrt{2} \cdot t \cdot l}$
		$f_t = \frac{0,354P}{t \cdot l}$
		$f_t = \frac{\sqrt{2} \cdot M}{t \cdot l \cdot (b + t)}$ $f_t = \frac{P}{\sqrt{2} \cdot t \cdot l}$
		$f_t = \frac{5,66 M}{t D^2}$ $f_b = \frac{2,83 T}{t D^2}$



E. Momen polar inertia pada sambungan las.

Akibat adanya pembebanan eksentrik, maka pada sambungan las terjadi momen polar inertia. Selanjutnya - tabel 8 memperlihatkan nilai momen polar inertia dari beberapa tipe sambungan las.

TABEL 8. NILAI MOMEN POLAIR INERTIA PADA SAMBUNGAN LAS.

No.S	Type las	Momen polar inertia ( $I_G$ )
1		$\frac{t l^3}{12}$
2		$\frac{t \cdot b^3}{12}$
3		$\frac{t l (3b^2 + l^2)}{6}$
4		$\frac{t (b + l)^2}{6}$
5		$t \frac{(b + l)^4 - 6 b^2 l^2}{12 (l + b)}$

## B A B IV

### CONTOH-CONTOH PERHITUNGAN SAMBUNGAN LAS.

Didalam bab ini akan dibicarakan mengenai contoh-contoh soal dan penyelesaiannya dari pada perhitungan-perhitungan sambungan las.

Contoh 1.

Dua buah plat baja, disambung dengan las sudut (berimpit). Lebar = 10 cm, tebal = 1,25 cm, tegangan tarik-maksimum tidak boleh melebihi  $700 \text{ kg/cm}^2$ . Tentukan panjang sambungan untuk beban statis dan beban dinamis.

Penyelesaian:

$$b = 10 \text{ cm}$$

$$t = 1,25 \text{ cm}$$

$$f_t = 700 \text{ kg/cm}$$

Beban maksimum yang dapat dipikul plat

$$P = \text{luas} \cdot \text{tekanan}$$

$$= b \cdot t \cdot f_t$$

$$= 10 \cdot 1,25 \cdot 700 = 8750 \text{ kg}$$

Panjang las untuk beban statis

$$l = \text{panjang las}$$

$$t = \text{ukuran las} = \text{tebal plat}$$

Menurut ketentuan:

$$P = \sqrt{2} \cdot t \cdot l \cdot f_t$$

$$8750 = \sqrt{2} \cdot 1,25 \cdot l \cdot 700$$

$$\therefore l = \frac{8750}{\sqrt{2} \cdot 1,25 \cdot 700} = 7,07 \text{ cm}$$

Untuk permulaan dan akhiran pengelasan, panjang las ditambah 1,25 cm.

$$\therefore l = 7,07 + 1,25 \text{ cm} = 8,32 \text{ cm.}$$

Panjang las untuk beban dinamis

Dari tabel 6, faktor konsentrasi tegangan untuk las berimpit adalah 1,5.

\therefore Tegangan tarik yang diizinkan

$$f_t = \frac{700}{1,5} = 465 \text{ kg/cm}^2$$

gunakan lagi persamaan

$$P = \sqrt{2} \cdot t \cdot l \cdot f_t$$

$$P = \sqrt{2} \cdot 1,25 \cdot l \cdot 465$$

$$\therefore l = \frac{8750}{\sqrt{2} \cdot 1,25 \cdot 465} = 10,6 \text{ cm}$$

Penambahan untuk awalan dan akhiran pengelasan = 1,25

$$\therefore l = 10,6 + 1,25 = 11,85 \text{ cm.}$$

Contoh 2.

Sebuah plat, lebar = 100 mm, tebal = 12,5 mm, disambung dengan plat lain berimpit sejajar. Plat tersebut merupakan tumpuan beban sebesar 50 KN. Tentukan panjang las bila tegangan maksimum tidak melampaui 56 N / mm<sup>2</sup>. Dianggap sambungan pertama menahan beban statis. Dan selanjutnya beban kelelahan.

Penyelesaian:

$$b = 100 \text{ mm}$$

$$t = 12,5 \text{ mm}$$

$$P = 50 \text{ KN} = 50 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$f_g = 56 \text{ N/mm}^2$$

Panjang sambungan untuk beban statis:

$$t = \text{ukuran las} = \text{tebal plat} = 12,5 \text{ mm}$$

$$l = \text{panjang las}$$

Menurut ketentuan:

$$P = \sqrt{2} \cdot t \cdot l \cdot f_g$$

$$l = \frac{P}{\sqrt{2} \cdot t \cdot f_g} = \frac{50 \cdot 10^3}{\sqrt{2} \cdot 12,5 \cdot 56}$$

$$= 50,5 \text{ mm}$$

Ditambah 12,5 mm untuk awal dan akhir pengelasan

$$\therefore l = 50,5 + 12,5 = 63 \text{ mm}$$

Panjang sambungan untuk beban jenuh (kelelahan);

Menurut tabel 6, faktor konsentrasi tegangan adalah 2,7

\therefore Tegangan tarik yang diizinkan

$$f_t = \frac{56}{2,7} = 20,74 \text{ N/mm}^2$$

Menurut ketentuan:

$$l = \frac{P}{\sqrt{2} \cdot f_t} = \frac{50 \cdot 10^3}{\sqrt{2} \cdot 12,5 \cdot 20,74}$$

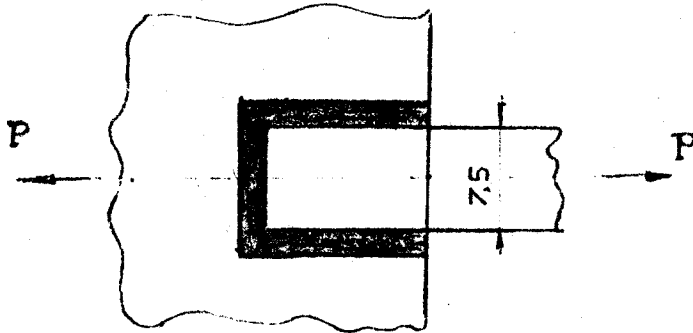
$$= 136,4 \text{ mm}$$

penambahan untuk awal dan akhir pengelasan 12,5 mm

$$\therefore l = 136,4 + 12,5 = 148,9 \text{ mm}$$

## Contoh 3.

Sebuah plat, lebar = 7,5 cm, tebal = 1,25 cm, disambung dengan plat lain berimpit tunggal dan berimpit ganda sejajar. Tegangan tarik dan tegangan geser maksimum adalah  $560 \text{ kg/cm}^2$ . Tentukan panjang pengisian las jika hubungan keduanya dalam keadaan bebas statis dan beban kelelahan. Apabila tegangan tarik ( $f_t = 700 \text{ kg/cm}^2$ ).



Gambar 13.

Penyelesaian:

$$b = 7,5 \text{ cm}$$

$$t = 1,25 \text{ cm}$$

$$f_t = 700 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_g = 560 \text{ kg/cm}^2$$

Panjang pengelasan untuk fillet sejajar beban statis:

Panjang pengisian :

$$l_1 = 7,5 - 1,25 = 6,25 \text{ cm}$$

$$l_2 = \text{panjang setiap fillet sejajar.}$$

Beban maksimum yang dapat dipikul oleh plat:

$$\begin{aligned} P &= b \cdot t \cdot f_t \\ &= 7,5 \cdot 1,25 \cdot 700 \text{ kg} = 6562,5 \text{ kg} \end{aligned}$$

Beban yang diterima oleh las tunggal

$$\begin{aligned}
 P_1 &= \frac{t \cdot l_1}{\sqrt{2}} \cdot f_t \\
 &= \frac{1,25 \cdot 6,25}{\sqrt{2}} \cdot 700 = 3867,5 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Beban yang diterima oleh las ganda

$$\begin{aligned}
 P_2 &= \sqrt{2} \cdot t \cdot l_2 \cdot f_g \\
 &= \sqrt{2} \cdot 1,25 \cdot l_2 \cdot 560 = 989 l_2 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

∴ Beban yang diterima oleh sambungan

$$\begin{aligned}
 P &= P_1 + P_2 \\
 6562,5 &= 3867,5 + 989 l_2 \\
 l_2 &= \frac{6562,5 - 3867,5}{989} = 2,73 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Dengan penambahan 1,25 cm, maka

$$l_2 = 2,73 + 1,25 = 3,98 \text{ atau } 4 \text{ cm}$$

Panjang fillet sejajar untuk beban kelelahan, pada tabel 6, faktor konsentrasi tegangan untuk pengelasan melintang adalah 1,6 dan sejajar adalah 2,7.

Tegangan tarik yang diizinkan

$$f_t = \frac{700}{1,5} = 466,7 \text{ kg/cm}^2$$

Beban yang diterima las tunggal melintang

$$\begin{aligned}
 P_1 &= \frac{t \cdot l_1}{\sqrt{2}} \cdot f_t \\
 &= \frac{1,25 \cdot 6,25}{\sqrt{2}} \cdot 466,7 = 2578 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Beban yang diterima oleh las ganda sejajar

$$P_2 = V_2 \cdot t \cdot l \cdot f_g$$

$$= V_2 \cdot 1,25 l_2 \cdot 207,4 = 366,6 \text{ kg}$$

∴ Beban yang diterima oleh sambungan

$$P = P_1 + P_2$$

$$6562,5 = 2578,6 + 366,65 l_a$$

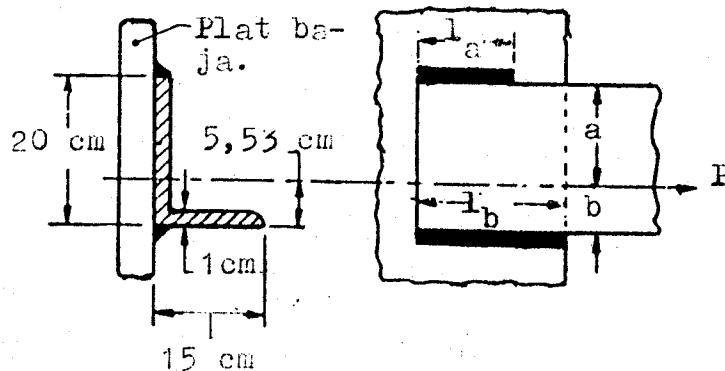
$$l_2 = \frac{6562,5 - 2578,6}{366,65} = 10,88 \text{ cm}$$

dengan penambahan 1,25 cm didapat

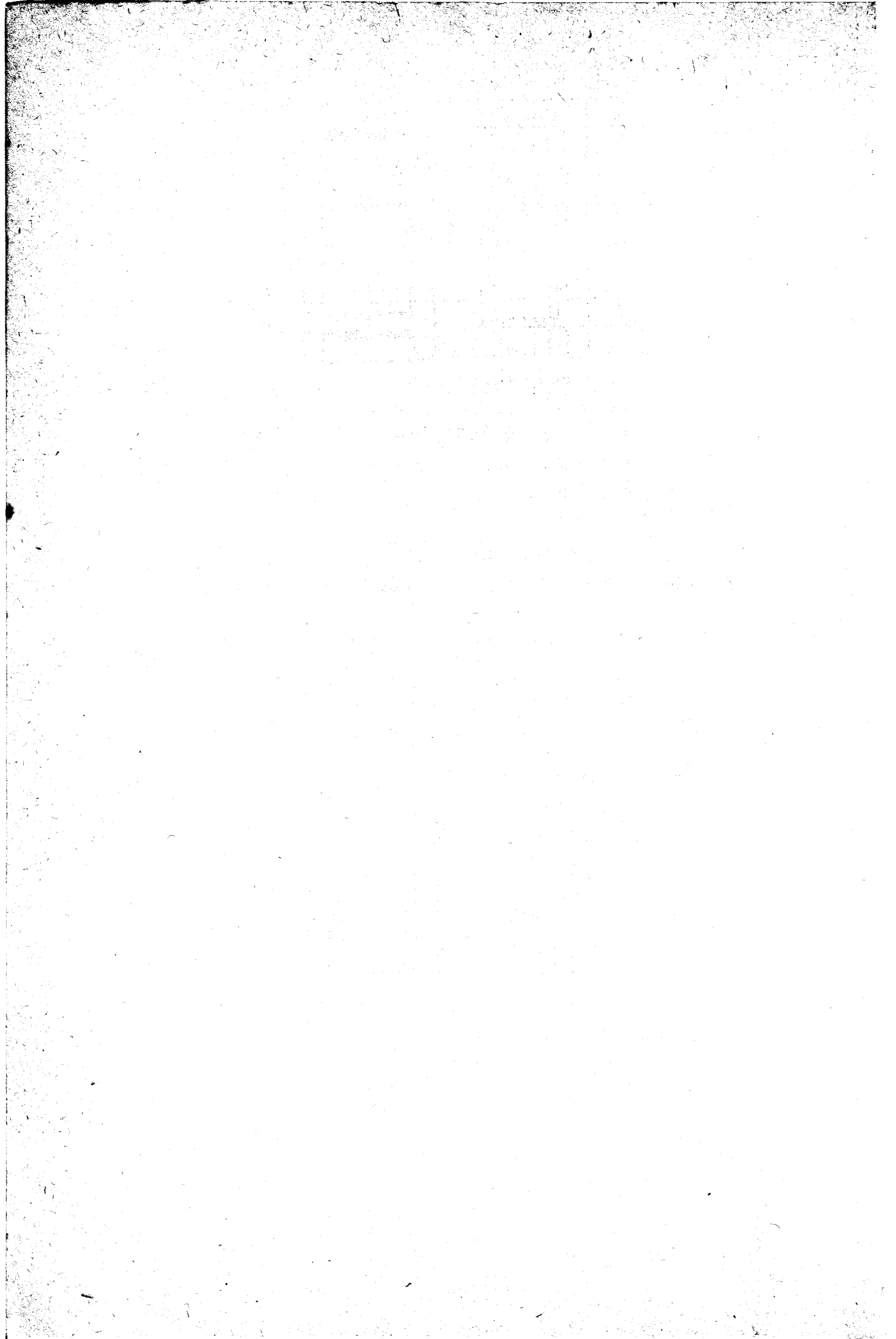
$$l_2 = 10,88 + 1,25 = 12,13 \text{ cm.}$$

Contoh 4.

Plat baja, berukuran 20 . 15 . 1. Disambung dengan sambungan sudut berimpit seperti pada gambar 14. Jika sudut itu adalah merupakan pangkal dari beban statik yaitu sebesar 20 ton. Tentukan panjang las pada bagian atas dan bagian bawah. Apabila tegangan geser untuk beban statik yang diizinkan =  $750 \text{ kg/cm}^2$ .



Gambar 14





Penyelesaian :

Tebal besi siku atau ukuran las

$$t = 1 \text{ cm}$$

$$P = 20 \text{ Ton} = 20.000 \text{ kg}$$

Tegangan geser yang diizinkan

$$f_g = 750 \text{ kg/cm}^2$$

Panjang las pada bagian atas dan bagian bawah

apabila:

$$l_a = \text{panjang las pada bagian atas}$$

$$l_b = \text{panjang las pada bagian bawah}$$

$$l = \text{jumlah seluruh pengelasan} = l_a + l_b$$

Kita tahu bahwa untuk sambungan tunggal fillet sejajar

$$P = \frac{t \cdot l}{\sqrt{2}} \cdot f_g$$

$$l = \frac{\sqrt{2} \cdot P}{t \cdot f_g}$$

$$= \frac{\sqrt{2} \cdot 20.000}{1 \cdot 750} = 37,7 \text{ cm}$$

$$l_a + l_b = 37,7 \text{ cm}$$

Sekarang kita cari kedudukan titik pusat dari poros

apabila

$$b = \text{Jarak titik pusat poros dari bagian bawah besi siku.}$$

$$b = \frac{(20 - 1) \cdot 1 \cdot 9,5 + 15 \cdot 1 \cdot 0,5}{19 + 15}$$

$$= 5,53 \text{ cm}$$

$$a = 20 - 5,53 = 14,47 \text{ cm}$$

Sekarang gunakan hubungan

$$l_a = \frac{1 \cdot b}{a + b}$$

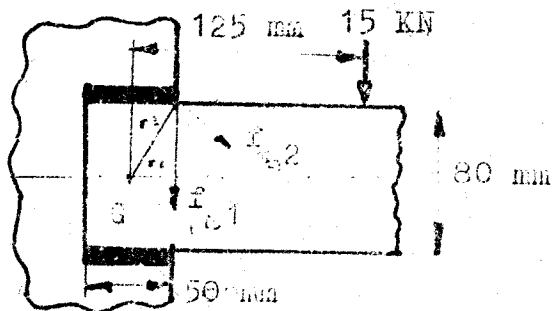
$$= \frac{37,7 \cdot 5,53}{20} = 10,42 \text{ cm}$$

$$l_b = l - l_a$$

$$= 37,7 - 10,42 = 27,28 \text{ cm.}$$

Contoh 5.

Sebuah siku-siku diberi beban sebesar 15 kN, yang dilas seperti pada gambar 15. Penggunaan sambungan las dapat dilaksanakan apabila tegangan geser yang diizinkan tidak melebihi  $80 \text{ N/mm}^2$ .



Gambar 15

Penyelesaian :

pembebanan  $P = 15 \text{ kN} = 15.000 \text{ N}$

tegangan geser yang diizinkan  $f_g = 80 \text{ N/mm}^2$

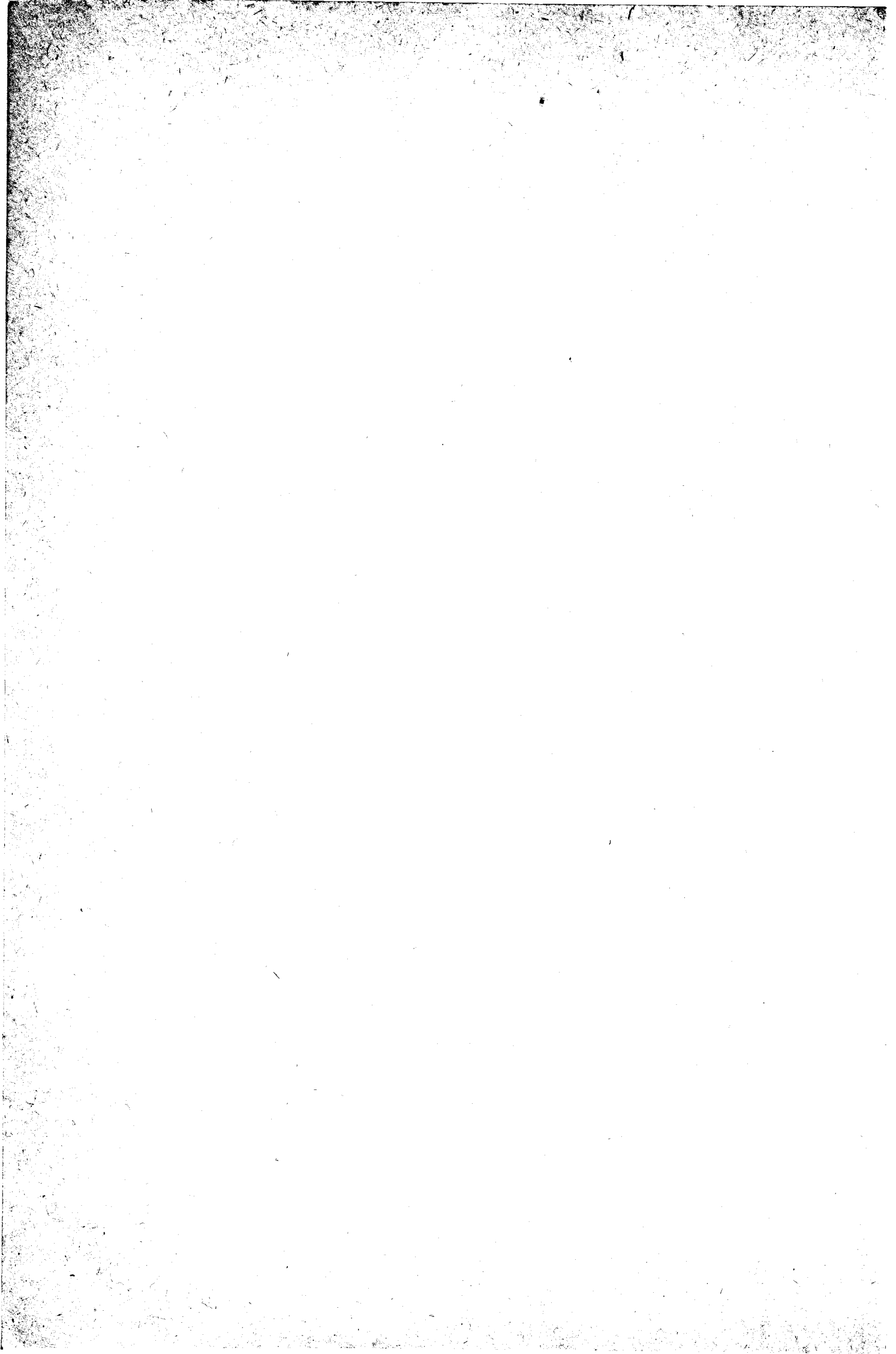
panjang sambungan  $l = 50 \text{ mm}$

eccentricity  $e = 125 \text{ mm}$

pengambilan  $t =$  ukuran sambungan (dalam mm)

berdasarkan petunjuk atau tegangan geser

$$f_{g1} = \frac{P}{A} = \frac{P}{2 \cdot \frac{t \cdot l}{\sqrt{2}}}$$



$$= \frac{P}{V \cdot 2 \cdot t \cdot l} = \frac{15000}{V \cdot 2 \cdot t \cdot 60} = \frac{212}{t} \text{ N/mm}^2$$

Dari tabel 8, untuk hal yang demikian maka momen inertiya dari sambungan las adalah G

$$\begin{aligned} I_G &= \frac{t \cdot l (3b^2 + l^2)}{6} && (b = 80 \text{ mm}) \\ &= \frac{t \cdot 50 (3 \cdot 80^2 + 30^2)}{6} = 181\,000 \text{ t mm}^4 \end{aligned}$$

Radius maksimum las

$$\begin{aligned} r_2 &= \sqrt{\left(\frac{80}{2}\right)^2 + \left(\frac{50}{2}\right)^2} \\ &= \sqrt{1600 + 625} = 47 \text{ mm} \end{aligned}$$

∴ Tegangan geser yang diberikan pada momen bengkok i.e. Tegangan geser kedua (skundair).

$$\begin{aligned} f_{g2} &= \frac{F \cdot e \cdot r_2}{I_G} \\ &= \frac{15000 \cdot 125 \cdot 47}{181\,000 \text{ t}} = \frac{486}{t} \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\cos \theta = \frac{r_1}{r_2} = \frac{25}{47} = 0,532$$

Sekarang kita gunakan persamaan

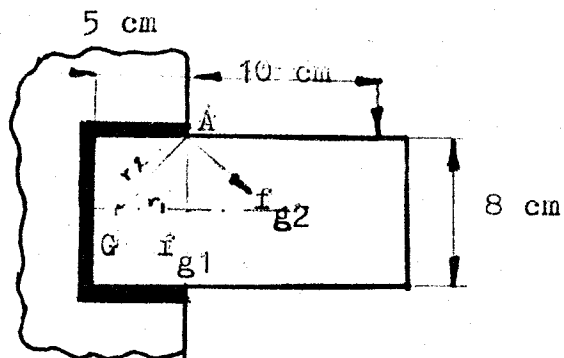
$$\begin{aligned} f_g &= \sqrt{f_{g1}^2 + f_{g2}^2 + 2 \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cos \theta} \\ 80^2 &= \left(\frac{212}{t}\right)^2 + \left(\frac{486}{t}\right)^2 + 2 \cdot \frac{212}{t} \cdot \frac{486}{t} \cdot 0,532 \end{aligned}$$

$$6.400 = \frac{390.000}{t_2} \quad \text{---} \quad t^2 = \frac{390.000}{6.400} = 61$$

$$\therefore t = \sqrt{61} = 7,8 \text{ mm}$$

#### Contoh 6

Sebuah siku-siku, menerima beban 2000 kg di las seperti pada gambar 16.



Gambar 16

Hitung ukuran las jika tegangan geser yang bekerja tidak melebihi  $800 \text{ kg/cm}^2$ .

Penyelesaian:

$$P = 2000 \text{ kg}$$

$$f_g = 800 \text{ kg/cm}^2$$

$$t = \text{ukuran las}$$

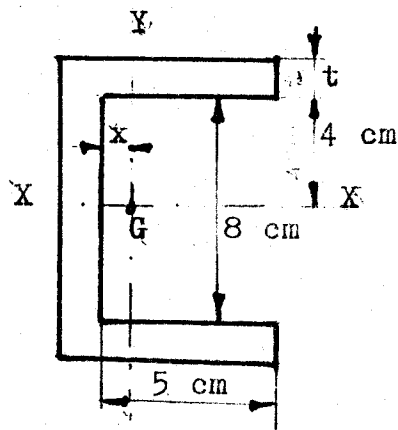
Terlebih dulu kita tentukan titik berat G, seperti gambar 17.

Dengan pengambilan momen disebelah ujung kiri, kita mendapat:

$$x = \frac{5t \cdot 2 \cdot 2,5 + 8t \cdot 0}{5t \cdot 2 + 8t} = \frac{25t}{18t} = 1,39 \text{ cm}$$

$\therefore$  Eksentrisitas

$$e = 10 + 5 - 1,39 = 13,61 \text{ cm}$$



Gambar 17

Sekarang momen inertiya pada sumbu x

$$I_{xx} = \frac{1}{12} \cdot t \cdot 8^3 + 2 \cdot 5t \cdot 4^2 = 203t \text{ cm}^4$$

Momen inertiya pada sumbu y

$$I_{yy} = 2 \cdot \frac{t \cdot 5}{12} + 2 \cdot 5t (2,5 - 1,39)^2 + 8t \cdot 1,39 = 49 t \text{ cm}^4$$

Momen peler inertiya pada las disekitar G

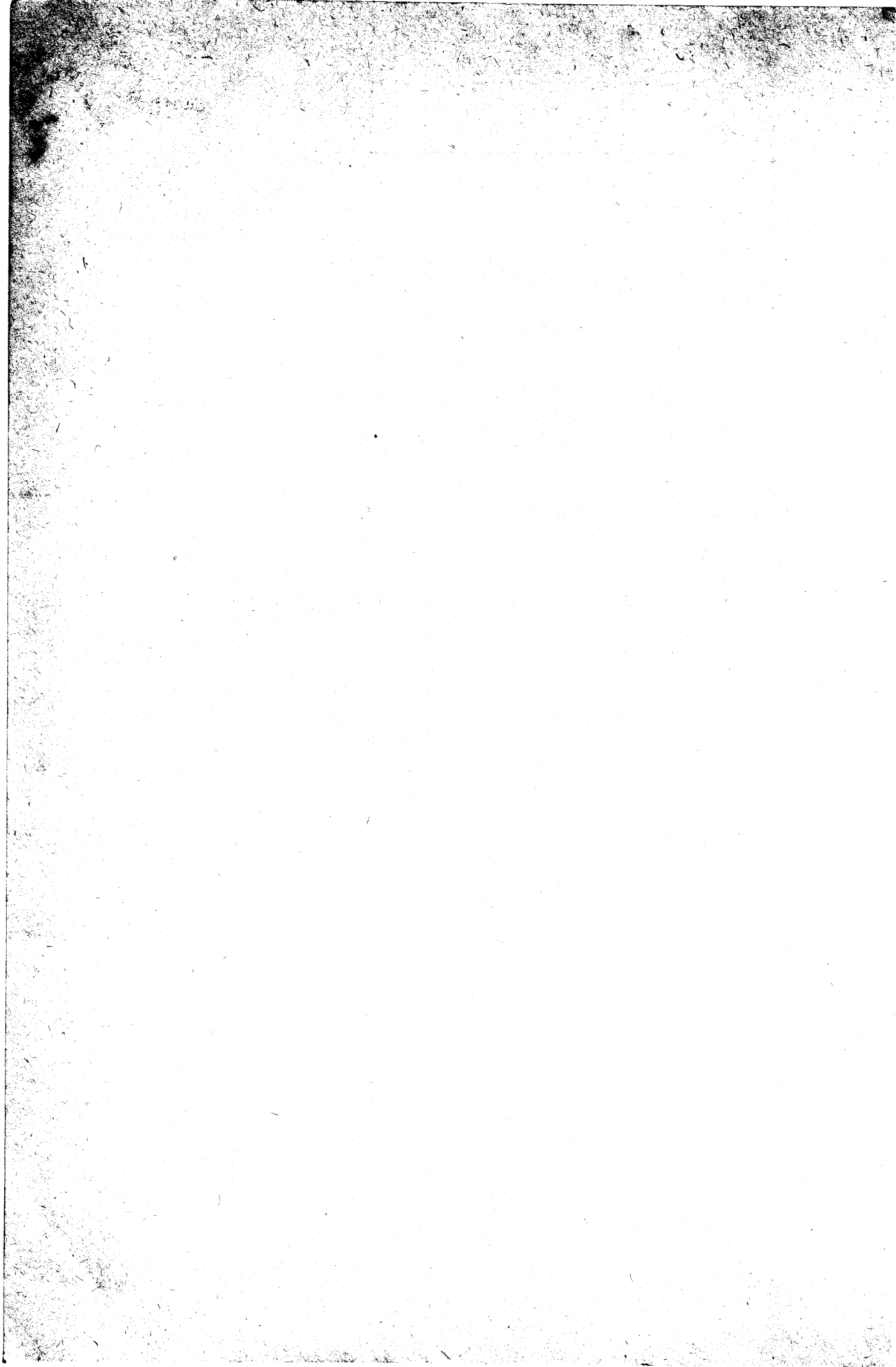
$$I_G = I_{xx} + I_{yy} \\ = 203t + 49t = 252 t \text{ cm}^4$$

Jari-jari maksimum las

$$r_2 = \sqrt{4^2 + (5 - 1,39)^2} \\ = 5,38 \text{ cm}$$

$$\therefore \cos \theta = \frac{r_1}{r_2} = \frac{5 - 1,39}{5,38} = 0,67$$

Tegangan geser pertama atau tegangan geser kedua yaitu:



$$f_{g1} = \frac{P}{A} = \frac{P}{2 \cdot \frac{t_1}{t_2} + 8t} = \frac{P}{V 2t \cdot 5 + 8t}$$

$$= \frac{2.000}{V 2t \cdot 5 + 8t} = \frac{585}{t} \text{ kg/cm}^2$$

Sekarang kita gunakan hubungan

$$f_g = \sqrt{f_{g1}^2 + f_{g2}^2 + 2f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot \cos \theta}$$

$$(800)^2 = \frac{132,6}{t}^2 + \frac{585}{t}^2 + 2 \cdot \frac{132,6}{t} \cdot \frac{585}{t} \cdot 0,67$$

$$640.000 = \frac{464.600}{t^2} + \frac{464.000}{t^2} = \frac{928.600}{t^2}$$

$$= 0,725$$

$$\therefore t = 0,85 \text{ cm} = 8,5 \text{ mm}$$



DAFTAR KEBUSTAKAAN

1. Harsono Wiryo Sumarto dkk, Teknologi Pengelasan Logam, Association for International Technical Promotion, Tokyo, 1979.
2. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Teknologi Mekanik II, Jakarta, 1978.
3. Richard.L.Little, Welding and welding Teknology, Mc. Graw Hill Book Company, New Delhi, 1973.
4. Richard.L.Little, Metal working Teknology, Mc.Graw Hill Book Company, New York, 1977.
5. W.A.Bowditch, Modern Welding, The good heard Wilcox Co Inc, 1972.
6. V.K.Chavan, Struktural welding, Published by Ic Kapoor for Dhampat, Rai&Sons, New Delhi, 1976.
7. R.S.Khurmi, I.K.Gupta, A Tex book of Machine Design, - Eurasia Publishing House Ltd, New Delhi, 1980.