

PERPUSTAKAAN FTSP III

HADJAH/DELI

TGL. TERIMA : 10 September 2005

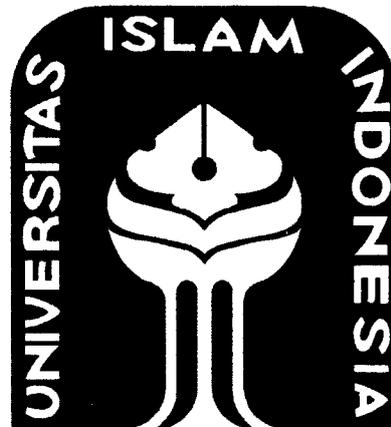
NO. JUDEL : 001676

NO. INV. : 520001676001

NO. INDUK : _____

TUGAS AKHIR

STUDI EKSPERIMENTAL SAMBUNGAN LAS PADA ELEMEN TARIK STRUKTUR BAJA



Disusun Oleh :

Nama : Sardan Afghani

No. Mhs : 90310012

Nama : Mohamad Bagir

No. Mhs : 91310020

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2005**

**STUDI EKSPERIMENTAL
SAMBUNGAN LAS PADA
ELEMEN TARIK STRUKTUR BAJA**

Tugas Akhir

Disusun dan diajukan untuk memenuhi syarat ujian akhir

Guna memperoleh gelar sarjana jenjang strata I Jurusan Teknik Sipil pada

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Universitas Islam Indonesia

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2005**

Lembar Pengesahan

TUGAS AKHIR

STUDI EKSPERIMENTAL SAMBUNGAN LAS PADA ELEMEN TARIK STRUKTUR BAJA

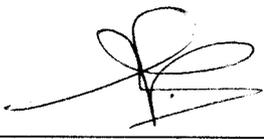
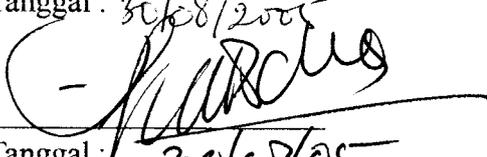
Disusun Oleh :

Nama : Sardan Afghani
No. Mhs : 90310012
Nama : Mohamad Bagir
No. Mhs : 91310020

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Ir.H.Sarwidi,MSCE,Ph.D
Dosen Pembimbing I

Ir.H.Suharyatmo,MT
Dosen Pembimbing II


Tanggal : 30/08/2005

Tanggal : 20/08/05

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum

Puji syukur penyusun panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan ridhonya kepada kita semua, khususnya kepada penyusun sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan.

Tugas Akhir yang berjudul “ **STUDI EKSPERIMENTAL SAMBUNGAN LAS PADA ELEMEN TARIK STRUKTUR BAJA** ” ini penyusun ajukan sebagai syarat guna memperoleh derajat strata satu(S1) pada jurusan Teknik sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak yaitu berupa tenaga, sumbangan pikiran, motivasi dan lain sebagainya sehingga penyelesaian Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan lancar. Oleh sebab itu penyusun mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Prof.Ir.H.Widodo, MSCE, PhD, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia
2. Bapak Ir.H. Sarwidi, MSCE, PhD, selaku Dosen Pembimbing I
3. Bapak Ir.H. Suharyatmo, MT,selaku Dosen Pembimbing II
4. Seluruh staf pengajar yang telah banyak membimbing kami dari awal hingga akhir perkuliahan
5. Bapak dan Ibu tercinta serta kakak dan adikku yang telah banyak memberikan dorongan moril dalam penyusunan Tugas Akhir ini

6. Segenap karyawan Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik di Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia
7. Segenap karyawan bagian pengajaran dan tata usaha di Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini terdiri dari enam bab, dengan penyusunan sistematis sebagai berikut.

- BAB I PENDAHULUAN
- BAB II TINJAUAN PUSTAKA
- BAB III LANDASAN TEORI
- BAB IV METODOLOGI PENELITIAN
- BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN
- BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Penyusun menerima kritikan dan saran yang bersifat konstruktif dalam pengembangan dimasa depan. Penyusun berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi mereka yang memerlukan.

Akhir kata semoga Allah SWT melimpahkan rahmat kepada kita, sehingga kita dapat mensyukuri nikmat yang telah diberikan oleh-Nya dan kita dapat selalu berkreasi untuk mencapai hal yang lebih baik dari apa yang telah kita peroleh sekarang.

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	i
Halaman Pengesahan	ii
Kata Pengantar	iii
Daftar Isi.....	v
Daftar Gambar.....	x
Daftar Tabel.....	xiv
Abstraksi	xvi
BAB. I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar belakang masalah.....	1
1.2. Batasan masalah	2
1.3. Rumusan masalah	2
1.4. Tujuan penelitian.....	3
1.5. Manfaat penelitian	3
BAB. II KAJIAN PUSTAKA	4
BAB III. LANDASAN TEORI.....	6
3.1. Pendahuluan	6
3.1.1. Proses dasar pengelasan	6
3.1.2. Jenis sambungan	7

3.1.3. Jenis las	10
3.1.4. Simbol pengelasan	15
3.2. Pemilihan penggunaan sambungan las	16
3.2.1. Bahan las tersedia di pasaran umum	17
3.2.2. Mudah pengerjaannya	21
3.2.3. Kekuatan yang dihasilkan cukup tinggi	33
3.3. Hipotesis	36
3.4. Metode penelitian	37
3.4.1. Cara penelitian	37
3.4.2. Teknik pengumpulan data.....	38
3.4.3. Pembuatan benda uji.....	38
3.4.2.1. Benda uji pendahuluan.....	38
3.4.2.2. Benda uji sambungan las.....	39
3.4.4. Lingkup penelitian	39
3.4.5. Alat yang dipakai	39
3.4.6. Cara pengujian	39
3.4.6.1. Pengujian kuat tarik plat 500.50.5.....	39
3.4.6.2. Pengujian sambungan las.....	40
3.4.6.3. Analisa data	40
3.5. Jadwal penelitian.....	41
BAB IV. PELAKSANAAN PENELITIAN.....	42
4.1. Tinjauan umum	42

4.2.	Persiapan alat dan bahan	43
4.3.	Pengujian profil.....	48
4.3.1.	Persiapan pengujian	48
4.3.2.	Pra pengujian.....	49
4.4.	Pengujian kekuatan las	51
4.4.1.	Persiapan pengujian	51
4.4.2.	Proses pengujian kuat tarik las.....	52
4.4.3.	Sampel sambungan las	53
4.4.3.1.	Sampel pertama sambungan las (sampel <i>A</i>)....	53
4.4.3.2.	Sampel kedua sambungan las (sampel <i>B</i>).....	54
4.4.3.3.	Sampel ketiga sambungan las (sampel <i>C</i>).....	56
4.4.3.4.	Sampel keempat sambungan las (sampel <i>D</i>)...	57
4.4.3.5.	Sampel kelima sambungan las (sampel <i>E</i>).....	59
4.4.3.6.	Sampel keenam sambungan las (sampel <i>G</i>)....	60
4.4.3.7.	Sampel ketujuh sambungan las (sampel <i>H</i>)....	62
4.4.3.8.	Sampel kedelapan sambungan las (sampel <i>I</i>) .	63
BAB V.	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	65
5.1.	Hasil penelitian di laboratorium	65
5.1.1.	Hasil pengujian dan perhitungan profil.....	66
5.1.2.	Hasil pengujian sambungan las.....	69
5.1.2.1.	Sampel <i>A</i>	69
5.1.2.2.	Sampel <i>B</i>	71

5.1.2.3. Sampel <i>C</i>	72
5.1.2.4. Sampel <i>D</i>	74
5.1.2.5. Sampel <i>F</i>	76
5.1.2.6. Sampel <i>G</i>	78
5.1.2.7. Sampel <i>H</i>	79
5.1.2.8. Sampel <i>I</i>	81
5.1.3. Perhitungan kuat tarik las menurut hasil uji laboratorium	83
5.1.3.1 Perhitungan kuat tarik las sampel <i>A</i>	83
5.1.3.2 Perhitungan kuat tarik las sampel <i>B</i>	88
5.1.3.3. Perhitungan kuat tarik las sampel <i>C</i>	89
5.1.3.4. Perhitungan kuat tarik las sampel <i>D</i>	90
5.1.3.5. Perhitungan kuat tarik las sampel <i>F</i>	92
5.1.3.6. Perhitungan kuat tarik las sampel <i>G</i>	93
5.1.3.7. Perhitungan kuat tarik las sampel <i>H</i>	94
5.1.3.8. Perhitungan kuat tarik las sampel <i>I</i>	95
5.1.4. Perhitungan kuat tarik las berdasarkan teori	96
5.1.4.1. Perhitungan kuat tarik las sampel <i>A</i>	97
5.1.4.2. Perhitungan kuat tarik las sampel <i>B</i>	98
5.1.4.3. Perhitungan kuat tarik las sampel <i>C</i>	99
5.1.4.4. Perhitungan kuat tarik las sampel <i>D</i>	99
5.1.4.5. Perhitungan kuat tarik las sampel <i>F</i>	100
5.1.4.6. Perhitungan kuat tarik las sampel <i>G</i>	100

5.1.4.7.	Perhitungan kuat tarik las sampel <i>H</i>	100
5.1.4.8.	Perhitungan kuat tarik las sampel <i>I</i>	101
5.1.5.	Perbandingan kuat tarik las berdasar hasil di laboratorium dan hasil perhitungan teori.....	101
5.1.5.1.	Sampel <i>A</i>	101
5.1.5.2.	Sampel <i>B</i>	102
5.1.5.3.	Sampel <i>C</i>	103
5.1.5.4.	Sampel <i>D</i>	103
5.1.5.5.	Sampel <i>F</i>	104
5.1.5.6.	Sampel <i>G</i>	104
5.1.5.7.	Sampel <i>H</i>	105
5.1.5.8.	Sampel <i>I</i>	106
5.1.6.	Pembahasan hasil uji sambungan las	106
BAB.VI	KESIMPULAN DAN SARAN	118
6.1.	Kesimpulan	118
6.2.	Saran.....	119
DAFTAR PUSTAKA	xvii
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 3.1 Sambungan sebidang.....	7
Gambar 3.2 Sambungan lewatan	8
Gambar 3.3 Sambungan tegak	9
Gambar 3.4 Sambungan sudut	10
Gambar 3.5 Sambungan sisi	10
Gambar 3.6 Las sudut	11
Gambar 3.7 Pemakaian las yang umum	11
Gambar 3.8 Las tumpul.....	12
Gambar 3.9 Jenis las tumpul	13
Gambar 3.10 Pemakaian las tumpul pada sambungan tegak	13
Gambar 3.11 Las pasak.....	14
Gambar 3.12 Las baji.....	14
Gambar 3.13 Simbol pengelasan standar	15
Gambar 3.14 Simbol pengelasan standar.....	16
Gambar 3.15 Elektroda las	18
Gambar 3.16 Bentuk rigi-rigi las	23
Gambar 3.17 Cara menyalakan busur listrik pada mesin AC dan DC	24
Gambar 3.18 Cara mematikan busur nyala elektroda.....	25
Gambar 3.19 Berbagai bentuk gerak ayunan elektroda	27
Gambar 3.20 Las titik pada benda	27

Gambar 3.21 Posisi pengelasan di bawah tangan	28
Gambar 3.22 Posisi pengelasan mendatar.....	29
Gambar 3.23 Posisi pengelasan tegak.....	30
Gambar 3.24 Posisi pengelasan di atas kepala.....	31
Gambar 3.25 Benda uji pendahuluan terbuat dari plat 500.50.5.....	38
Gambar 3.26 Las sudut yang khas	41
Gambar 4.1 Contoh mesin las arus AC.....	44
Gambar 4.2 Pemegang elektroda	45
Gambar 4.3 Tang massa.....	45
Gambar 4.4 Palu terak.....	46
Gambar 4.5 Sikat kawat.....	47
Gambar 4.6 Bentuk benda uji profil.....	49
Gambar 4.7 Proses pengujian profil.....	51
Gambar 4.8 Sampel <i>A</i>	53
Gambar 4.9 Kondisi sampel <i>A</i> sebelum pengujian	54
Gambar 4.10 Sampel <i>B</i>	54
Gambar 4.11 Kondisi sampel <i>B</i> sebelum pengujian.....	55
Gambar 4.12 Sampel <i>C</i>	56
Gambar 4.13 Kondisi sampel <i>C</i> sebelum pengujian.....	57
Gambar 4.14 Sampel <i>D</i>	57
Gambar 4.15 Kondisi sampel <i>D</i> sebelum pengujian.....	58
Gambar 4.16 Sampel <i>F</i>	59
Gambar 4.17 Kondisi sampel <i>F</i> sebelum pengujian	60

Gambar 4.18 Sampel <i>G</i>	60
Gambar 4.19 Kondisi sampel <i>G</i> sebelum pengujian	61
Gambar 4.20 Sampel <i>H</i>	62
Gambar 4.21 Kondisi sampel <i>H</i> sebelum pengujian.....	63
Gambar 4.22 Sampel <i>I</i>	63
Gambar 4.23 Kondisi sampel <i>I</i> sebelum pengujian.....	64
Gambar 5.1 Diagram tegangan-regangan baja struktural	65
Gambar 5.2 Dimensi benda uji profil.....	66
Gambar 5.3 Kondisi sampel <i>A</i> setelah pengujian	70
Gambar 5.4 Kondisi sampel <i>B</i> setelah pengujian	72
Gambar 5.5 Kondisi sampel <i>C</i> setelah pengujian	73
Gambar 5.6 Kondisi sampel <i>D</i> setelah pengujian	75
Gambar 5.7 Kondisi sampel <i>F</i> setelah pengujian	77
Gambar 5.8 Kondisi sampel <i>G</i> setelah pengujian	79
Gambar 5.9 Kondisi sampel <i>H</i> setelah pengujian	80
Gambar 5.10 Kondisi sampel <i>I</i> setelah pengujian	82
Gambar 5.11 Sampel <i>A</i>	83
Gambar 5.12 Sampel <i>B</i>	88
Gambar 5.13 Sampel <i>C</i>	89
Gambar 5.14 Sampel <i>D</i>	90
Gambar 5.15 Sampel <i>F</i>	92
Gambar 5.16 Sampel <i>G</i>	93

Gambar 5.17 Sampel H	94
Gambar 5.18 Sampel I	95
Gambar 5.19 Grafik tegangan-regangan sampel A_1, A_2 , dan A_3	109
Gambar 5.20 Grafik tegangan-regangan sampel B_1, B_2 , dan B_3	110
Gambar 5.21 Grafik tegangan-regangan sampel C_1, C_2 , dan C_3	111
Gambar 5.22 Grafik tegangan-regangan sampel D_1, D_2 , dan D_3	112
Gambar 5.23 Grafik tegangan-regangan sampel F_1, F_2 , dan F_3	113
Gambar 5.24 Grafik tegangan-regangan sampel G_1, G_2 , dan G_3	114
Gambar 5.25 Grafik tegangan-regangan sampel H_1, H_2 , dan H_3	115
Gambar 5.26 Grafik tegangan-regangan sampel I_1, I_2 , dan I_3	116
Gambar 5.27 Grafik rata-rata tegangan-regangan semua sampel.....	117

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 4.1 Dimensi profil uji.....	50
Tabel 4.2 Dimensi sampel <i>A</i>	54
Tabel 4.3 Dimensi sampel <i>B</i>	55
Tabel 4.4 Dimensi sampel <i>C</i>	56
Tabel 4.5 Dimensi sampel <i>D</i>	58
Tabel 4.6 Dimensi sampel <i>E</i>	59
Tabel 4.7 Dimensi sampel <i>G</i>	61
Tabel 4.8 Dimensi sampel <i>H</i>	62
Tabel 4.9 Dimensi sampel <i>I</i>	64
Tabel 5.1 Dimensi profil uji.....	66
Tabel 5.2 Hasil pengujian profil	67
Tabel 5.3 Harga tegangan dasar.....	69
Tabel 5.4. Dimensi sampel <i>A</i>	70
Tabel 5.5 Hasil pengujian sampel <i>A</i>	71
Tabel 5.6. Dimensi sampel <i>B</i>	71
Tabel 5.7 Hasil pengujian sampel <i>B</i>	72
Tabel 5.8. Dimensi sampel <i>C</i>	73
Tabel 5.9 Hasil pengujian sampel <i>C</i>	74
Tabel 5.10. Dimensi sampel <i>D</i>	75
Tabel 5.11 Hasil pengujian sampel <i>D</i>	76

Tabel 5.12.	Dimensi sampel F	76
Tabel 5.13	Hasil pengujian sampel F	77
Tabel 5.14.	Dimensi sampel G	78
Tabel 5.15	Hasil pengujian sampel G	79
Tabel 5.16.	Dimensi sampel H	80
Tabel 5.17	Hasil pengujian sampel H	81
Tabel 5.18.	Dimensi sampel I	82
Tabel 5.19	Hasil pengujian sampel I	83
Tabel 5.20	Hasil pengujian kuat tarik las sampel A (percobaan).....	87
Tabel 5.21	Hasil pengujian kuat tarik las sampel B (percobaan).....	89
Tabel 5.22	Hasil pengujian kuat tarik las sampel C (percobaan).....	90
Tabel 5.23	Hasil pengujian kuat tarik las sampel D (percobaan).....	91
Tabel 5.24	Hasil pengujian kuat tarik las sampel F (percobaan).....	92
Tabel 5.25	Hasil pengujian kuat tarik las sampel G (percobaan).....	93
Tabel 5.26	Hasil pengujian kuat tarik las sampel H (percobaan).....	95
Tabel 5.27	Hasil pengujian kuat tarik las sampel I (percobaan).....	96
Tabel 5.28	Hasil pengujian kuat tarik las sampel A (teori).....	98
Tabel 5.29	Hasil pengujian kuat tarik las sampel B (teori).....	99
Tabel 5.30	Hasil pengujian kuat tarik las sampel C (teori).....	99
Tabel 5.31	Hasil pengujian kuat tarik las sampel D (teori).....	99
Tabel 5.32	Hasil pengujian kuat tarik las sampel F (teori).....	100
Tabel 5.33	Hasil pengujian kuat tarik las sampel G (teori).....	100
Tabel 5.34	Hasil pengujian kuat tarik las sampel H (teori).....	101

Tabel 5.35	Hasil pengujian kuat tarik las sampel / (teori).....	101
Tabel 5.36	Perbandingan kuat tarik las teori dan laboratorium	107

ABSTRAKSI

Pengelasan adalah proses menyatukan dua logam dengan memanaskannya sehingga membentuk satu kesatuan yang dalam pengelasan struktural diikuti dengan penambahan logam pengisi dari elektroda. Sambungan las cukup banyak digunakan untuk pekerjaan konstruksi, tetapi ada kesulitan dalam mengontrol hasil dari kekuatan sambungan las. Bertitik tolak dari hal tersebut, maka diadakan penelitian sambungan las di laboratorium. Hal tersebut untuk mengetahui kekuatan las dan kerusakan yang terjadi pada sambungan las atau pada profil.

Tujuan penelitian uji sambungan las pada struktur rangka baja ini adalah untuk mengetahui pengaruh panjang las dan posisi bidang pengelasan terhadap kekuatan sambungan las dan mengamati sampai sejauh mana kerusakan yang terjadi pada sambungan las ataupun pada plat. Manfaat dari hasil penelitian ini adalah untuk memberikan masukan atau informasi kepada semua pihak yang berkepentingan, khususnya pada praktisi konstruksi.

Penelitian ini dilakukan dengan memakai 8 buah sampel yang berbeda, baik panjang pengelasan maupun posisi sambungan bidang las. Masing-masing sampel terdiri dari 3 buah benda uji yang kemudian akan dilakukan uji tarik sambungan las di laboratorium. Sebelumnya juga dilakukan pengujian terhadap 3 buah profil baja. Dari pengujian tersebut hasilnya dicatat dalam tabel.

Berdasarkan hasil pengamatan dan analisa pada pengujian tarik ini didapatkan kesimpulan-kesimpulan, yaitu kekuatan las yang dihasilkan tergantung pada panjang las dan posisi bidang las, las yang tegak lurus gaya lebih kuat menahan gaya yang bekerja dan pada pengelasan yang baik, patah terjadi pada plat bukan pada bidang sambung las. Untuk itu sebaiknya mempergunakan prosedur pengelasan dan pengawasan yang baik.

BAB I

PENDAHULUAN

Pendahuluan menjelaskan tentang latar belakang masalah dilakukannya penelitian ini, batasan masalah agar permasalahan tidak melebar, rumusan masalah serta tujuan penelitian. Untuk keterangan selengkapnya dapat dilihat pada penjelasan berikut ini.

1.1. Latar Belakang Masalah

Struktur rangka baja yang sering dipakai pada pelaksanaan konstruksi memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan yang biasa dijadikan pertimbangan pada saat menentukan keputusan struktur apa yang akan dipakai.

Dari berbagai struktur rangka baja, baik itu yang berupa kuda-kuda, kolom dan balok ataupun struktur baja lainnya, pastilah dipergunakan sambungan, baik yang berupa sambungan baut, sambungan paku keling maupun sambungan las.

Sambungan las cukup banyak digunakan, tetapi ada kesulitan dalam mengontrol hasil dari kekuatan sambungan las pada struktur rangka baja. Bertitik tolak dari hal ini peneliti bermaksud mengadakan penelitian mengenai sambungan las pada struktur rangka baja, yang mungkin hasil dari penelitian ini nantinya dapat memberikan masukan yang positif bagi kegiatan konstruksi.

1.2. Batasan Masalah

Mengingat luasnya permasalahan, keterbatasan waktu yang tersedia serta banyaknya faktor yang terkait dengan penelitian ini, maka masalah yang ditinjau dan dilaksanakan perlu dibatasi. Batasan permasalahan dalam penelitian ini meliputi :

1. material struktur rangka baja yang dipakai berupa plat dan elektroda las,
 - a. plat yang dipakai sebagai elemen uji adalah plat dengan ukuran tebal 5 mm, lebar 50 mm dan dengan 2 macam panjang yang berbeda yaitu 250 mm dan 500 mm, dan
 - b. elektroda las yang dipakai adalah E6013 merek LASE KS-R diameter 3,2 mm dan merek RD 260 diameter 3,2 mm,
2. pengujian yang dilakukan adalah pengujian kekuatan tarik las sudut,
3. panjang pengelasan dibuat 2 macam yaitu yang sejajar arah gaya dibuat 2,5 cm dan 5 cm, sedangkan panjang pengelasan yang tegak lurus arah gaya dibuat 3 cm dan 5 cm, dan
4. ketebalan las disesuaikan dengan tebal plat yang dipakai.

1.3. Rumusan Masalah

Penelitian yang akan dilakukan didasarkan pada rumusan-rumusan berikut ini.

1. Sejauh mana pengaruh panjang las dan posisi bidang las terhadap kekuatan sambungan las ?
2. Bagaimana pola kerusakan yang terjadi pada sambungan las atau pada plat ?

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian uji sambungan las pada struktur rangka baja ini adalah untuk mengetahui sejauh mana pengaruh panjang las dan posisi bidang las terhadap kekuatan sambungan las dan mengamati pola kerusakan yang terjadi pada sambungan las ataupun pada plat.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari hasil penelitian ini adalah untuk memberikan masukan atau informasi kepada semua pihak yang berkepentingan, khususnya pada praktisi konstruksi sehingga dapat dipergunakan sebagai salah satu acuan dalam melaksanakan kegiatan struktur rangka baja, khususnya kegiatan konstruksi yang menggunakan sambungan las.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

Kajian pustaka berisi informasi yang didapat dari pustaka yang berkaitan dengan masalah yang akan diteliti, dan selanjutnya disajikan secara sistematis. Pustaka ini mengambil dari buku-buku maupun dari penelitian-penelitian sebelumnya yang ada kaitannya dengan penelitian ini.

Buku-buku yang berisi tentang teori las memang tidak begitu banyak diterbitkan, sehingga sulit untuk mendapatkan teori yang dapat dibandingkan antara satu dengan yang lainnya. Sedangkan penelitian sambungan las juga jarang dilakukan, sehingga dengan keterbatasan tersebut, peneliti mencoba melakukan penelitian semaksimal mungkin dengan data dan teori yang ada.

Dalam PPBBI 1984 disebutkan bahwa sambungan-sambungan las secara umum baik las tumpul maupun las sudut, hal 73 sampai dengan 77, penjelasan halaman 141, 142. Pada suatu pelaksanaan yang baik, dimana penampang las sesuai dengan penampang batang, tegangan pada las sama dengan tegangan pada batang, sehingga apabila batang itu telah cukup kuat, maka las itu tidak perlu dihitung lagi .

Tipe sambungan tergantung dari berbagai faktor seperti ukuran dan bentuk batang yang akan membentuk sambungan, tipe pembebanan, besarnya luas

BAB III

LANDASAN TEORI

Bab ini berisi tentang pendahuluan, pemilihan penggunaan sambungan las, hipotesis, metode penelitian dan jadwal penelitian.

3.1. Pendahuluan

Pengelasan adalah proses menyatukan dua logam dengan memanaskannya sehingga membentuk satu kesatuan, yang dalam pengelasan struktural diikuti dengan penambahan logam pengisi dari elektroda. Menurut daftar pustaka, proses pengelasan adalah proses penyambungan bahan yang menghasilkan peleburan bahan dengan memanaskannya hingga suhu yang tepat dengan atau tanpa pemberian tekanan dan atau tanpa pemakaian bahan pengisi.

3.1.1. Proses dasar pengelasan

Proses dasar pengelasan ada dua macam yaitu pengelasan oksasi-asetilen dan pengelasan listrik.

1. Pengelasan oksasi-asetilen, yaitu proses pengelasan secara manual dengan pemanasan permukaan logam yang akan dilas atau disambung sampai mencair oleh nyala gas asetilen melalui pembakaran C_2H_2 dengan gas O_2 dengan atau tanpa logam pengisi.

2. Pengelasan listrik, yaitu pengelasan yang menggunakan energi listrik sebagai sumber panas untuk mencairkan logam dasar dan bahan pengisi agar terjadi aliran bahan atau terjadi peleburan .

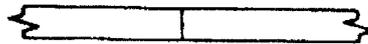
3.1.2. Jenis sambungan

Jenis sambungan tergantung pada faktor-faktor seperti ukuran dan profil batang yang bertemu di sambungan, jenis pembebanan, besarnya luas sambungan yang tersedia untuk pengelasan, dan biaya relatif dari berbagai jenis las. Sambungan las terdiri dari lima jenis sambungan dasar yaitu sambungan sebidang, sambungan lewatan, sambungan tegak, sambungan sudut dan sambungan sisi.

1. Sambungan sebidang

Sambungan ini dipakai terutama untuk menyambung ujung-ujung plat datar dengan ketebalan yang sama atau hampir sama.

Keuntungan sambungan ini adalah menghilangkan eksentrisitas yang timbul pada sambungan lewatan tunggal. Sedangkan kerugiannya adalah ujung yang akan disambung biasanya harus disiapkan secara khusus yaitu diratakan atau dimiringkan dan dipertemukan secara hati-hati sebelum dilas. Contoh sambungan jenis ini dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Sambungan sebidang
(Salmon dan Johnson, 1990 : 185)

2. Sambungan lewatan

Sambungan ini merupakan jenis sambungan las yang paling umum. Sambungan ini mempunyai dua keuntungan utama yaitu, mudah disesuaikan dan mudah disambung.

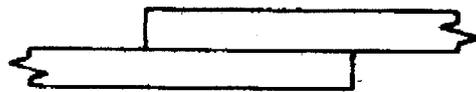
a. Mudah disesuaikan

Potongan yang akan disambung tidak memerlukan ketepatan dalam pembuatannya bila dibandingkan dengan jenis sambungan lain.

b. Mudah disambung

Tepi potongan yang akan disambung tidak memerlukan persiapan yang khusus dan biasanya dipotong dengan nyala (api) atau dengan geseran. Potongan yang akan disambung dalam banyak hal hanya dijepit (klem) tanpa menggunakan alat khusus.

Keuntungan lain dari sambungan ini adalah mudah digunakan untuk menyambung plat yang tebalnya berlainan. Contoh dari sambungan lewatan ini dapat dilihat pada Gambar 3.2.

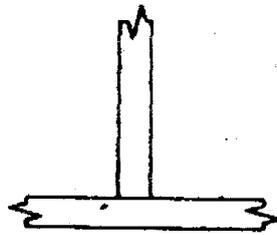


Gambar 3.2. Sambungan lewatan
(Salmon dan Johnson, 1990 : 185)

3. Sambungan tegak

Jenis sambungan ini dipakai untuk membuat penampang bentukan (*built-up*) seperti profil T, profil I, gelagar plat (*plate girder*), pengaku tumpuan/penguat samping (*bearing stiffener*), penggantung, dan konsol (*bracket*). Umumnya potongan yang disambung membentuk sudut tegak lurus.

Sambungan tegak terutama bermanfaat dalam pembuatan penampang yang dibentuk dari plat datar yang disambung dengan las sudut maupun las tumpul. Contoh dari sambungan lewatan ini dapat dilihat pada Gambar 3.3.

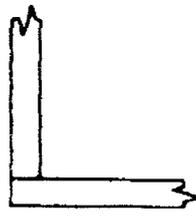


Gambar 3.3. Sambungan tegak

(Salmon dan Johnson, 1990 : 185)

4. Sambungan sudut

Sambungan ini dipakai terutama untuk membuat penampang berbentuk boks segi empat seperti yang digunakan untuk kolom dan balok yang memikul momen puntir yang besar. Contoh dari sambungan sudut ini dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4. Sambungan sudut
(Salmon dan Johnson, 1990 : 185)

5. Sambungan sisi

Sambungan ini umumnya tidak struktural tetapi paling sering dipakai untuk menjaga agar dua atau lebih plat tetap pada bidang tertentu atau untuk mempertahankan kesejajaran (*alignment*) awal. Contoh dari sambungan sisi ini dapat dilihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5. Sambungan sisi
(Salmon dan Johnson, 1990 : 185)

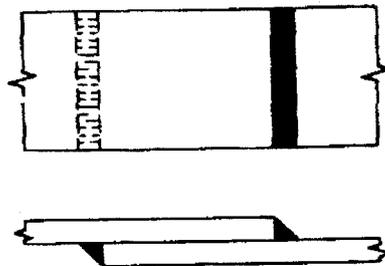
3.1.3. Jenis las

Jenis pengelasan ada empat macam yaitu las sudut, las tumpul, las pasak, dan las baji.

1. Las sudut (*fillet weld*)

Las jenis ini bersifat ekonomis secara keseluruhan, mudah dibuat, dan mampu beradaptasi, serta merupakan jenis las yang banyak dipakai dibandingkan jenis las dasar yang lain. Las ini memerlukan lebih sedikit

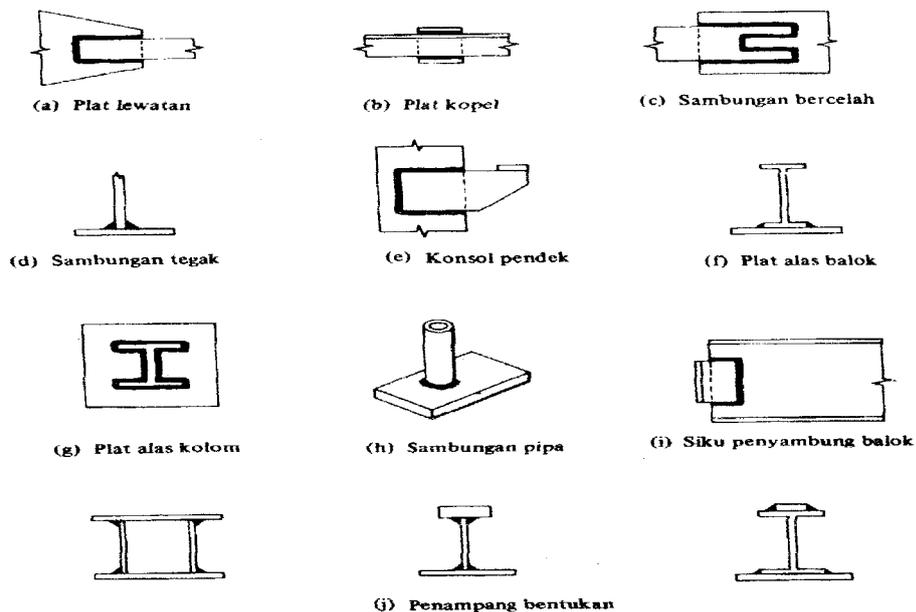
presisi dalam pemasangan karena potongannya saling bertumpang (*overlap*). Las ini menguntungkan untuk pengelasan dilapangan. Selain itu, tepi potongan yang akan disambung jarang memerlukan penyiapan khusus, seperti pemiringan (*beveling*) atau penegakan, karena kondisi tepi dari proses pemotongan nyala (*flame cutting*) atau pemotongan geser umumnya memadai. Contoh gambar las sudut dapat dilihat pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6. Las sudut

(Salmon dan Johnson, 1990 : 187

Beberapa pemakaian las sudut yang umum dapat dilihat pada Gambar 3.7.

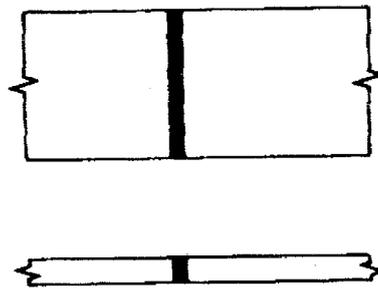


Gambar 3.7. Pemakaian las yang umum

(Salmon, dan Johnson, 1990 : 189)

2. Las tumpul (*groove weld*)

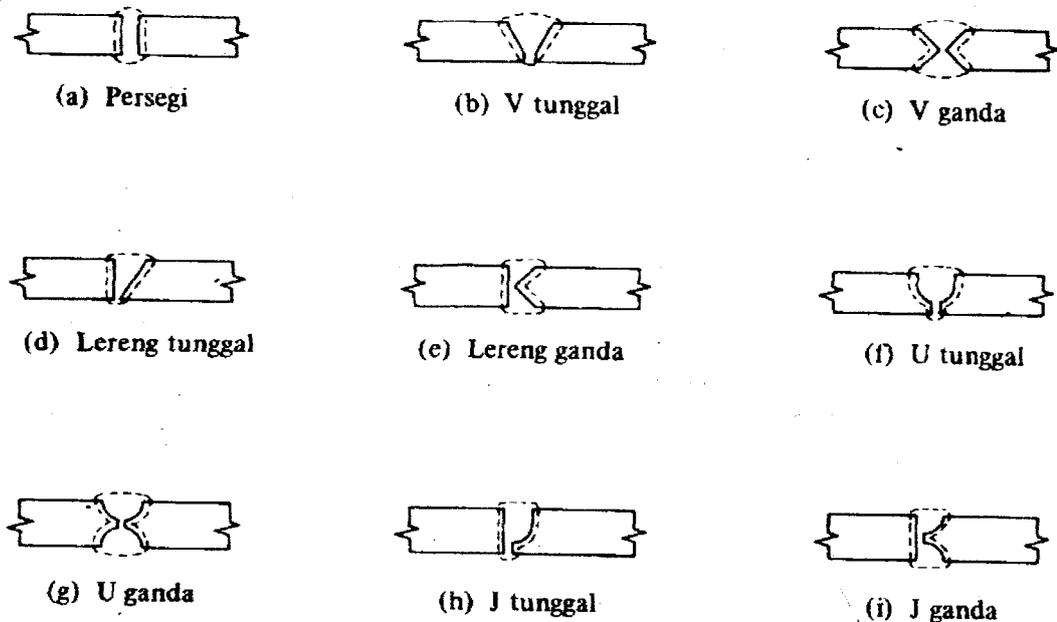
Las ini terutama dipakai untuk menyambung batang struktural yang bertemu dalam satu bidang. Las ini biasanya ditujukan untuk menyalurkan semua beban batang yang disambungnya, sehingga las ini harus mempunyai kekuatan yang sama seperti potongan yang disambungnya. Las ini memerlukan penyiapan tepi tertentu. Pemilihan las ini tergantung pada proses pengelasan yang digunakan, biaya penyiapan tepi, dan biaya pembuatan las. Gambar 3.8. menunjukkan contoh gambar las tumpul.



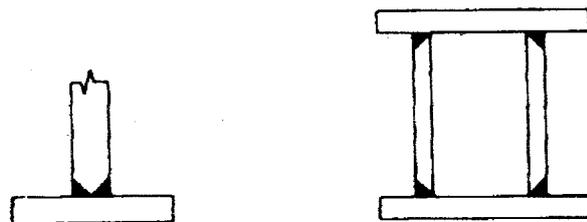
Gambar 3.8. Las tumpul
(Salmon dan Johnson, 1990 : 187)

Banyak variasi las tumpul dapat dibuat dan masing-masing dibedakan menurut bentuknya, dan disebut menurut jenis penyiapan yang dilakukan. Gambar 3.9 memperlihatkan jenis las tumpul yang umum dan menunjukkan penyiapan alur (*groove*) yang diperlukan.

Salah satu pemakaian las tumpul adalah pada sambungan tegak seperti diperlihatkan pada Gambar 3.10.



Gambar 3.9. Jenis las tumpul
(Salmon dan Johnson, 1990 : 188)

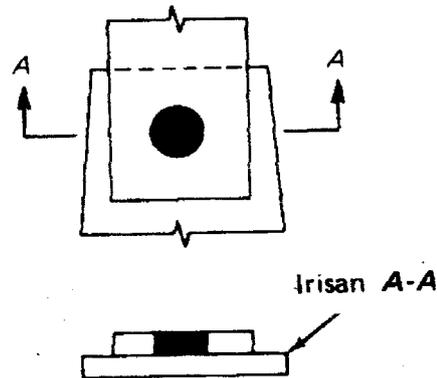


Gambar 3.10. Pemakaian las tumpul pada sambungan tegak
(Salmon dan Johnson, 1990 : 189)

3. Las pasak (*plug weld*)

Las ini dapat dipakai secara tersendiri atau dipakai secara bersama-sama dengan las sudut. Manfaat utama las ini adalah menyalurkan gaya geser pada sambungan lewatan bila ukuran sambungan membatasi panjang yang tersedia untuk las sudut atau las sisi lainnya. Las ini juga berguna untuk mencegah

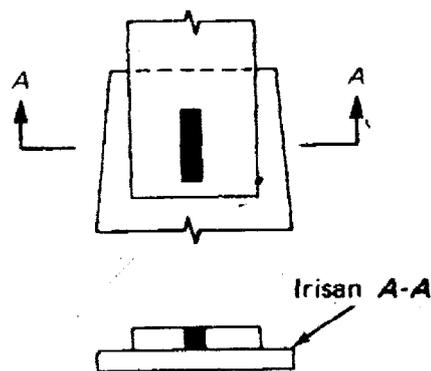
terjadinya tekuk pada bagian yang saling bertumpang. Contoh gambar las pasak dapat dilihat pada Gambar 3.11.



Gambar 3.11. Las pasak
(Salmon dan Johnson, 1990 : 187)

4. Las baji (*slot weld*)

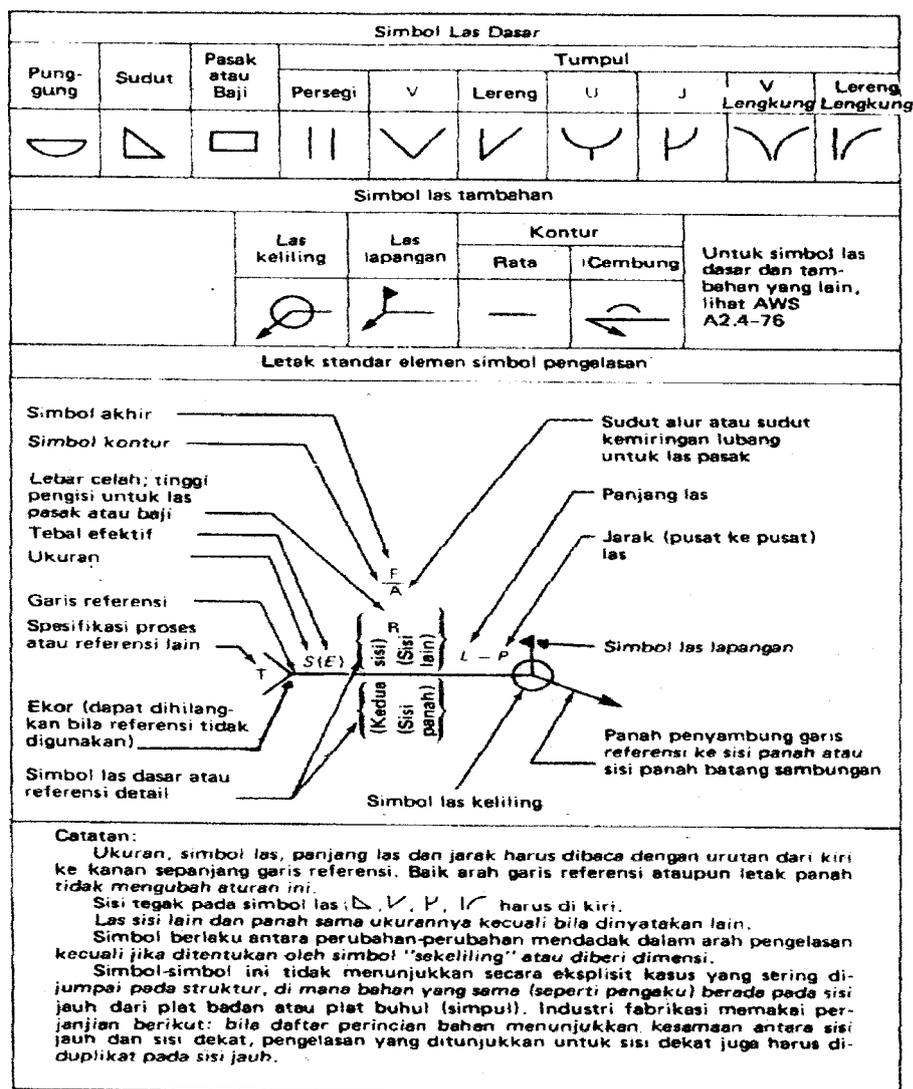
Las ini sama seperti las pasak, yaitu dapat dipakai secara tersendiri ataupun bersama-sama dengan las sudut. Juga bermanfaat untuk menyalurkan gaya geser pada sambungan lewatan dan untuk mencegah terjadinya tekuk pada bagian yang saling bertumpang. Las jenis ini dapat dilihat pada Gambar 3.12.



Gambar 3.12. Las baji
(Salmon dan Johnson, 1990 : 187)

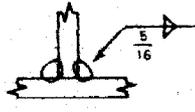
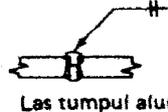
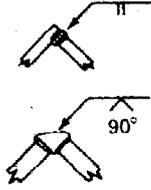
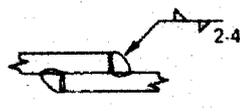
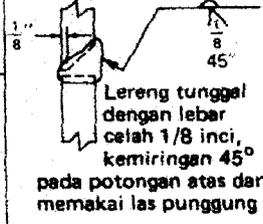
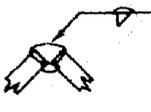
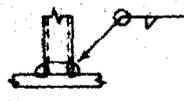
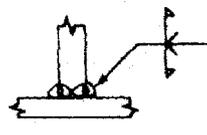
3.1.4. Simbol pengelasan

Simbol pengelasan ini dipakai untuk membedakan jenis dan ukuran las, dengan memakai simbol standar *American Welding Society*. Simbol ini dipakai sebagai alat komunikasi antara perencana dan fabrikator untuk membedakan jenis, ukuran, panjang dan letak las, serta instruksi khusus lainnya. Simbol pengelasan ini dapat dilihat pada Gambar 3.13.



Gambar 3.13. Simbol pengelasan standar
(Salmon dan Johnson, 1990 : 191)

Sambungan yang sering dibuat umumnya tidak memerlukan instruksi khusus dan sudah tertentu seperti diperlihatkan pada Gambar 3.14.

Las sudut	Las tumpul	Las tumpul khusus
 <p>Pecahan penunjuk hanya diberikan pada salah satu las bila kedua sisinya sama</p>	 <p>Las tumpul alur persegi yang dilas dari kedua sisi</p>	 <p>Las disudut untuk beban yang ringan</p>
 <p>Menunjukkan las yang terputus-putus dan berseling dengan panjang 2 inci dan jarak pusat ke pusat 4 inci</p>	 <p>Lereng tunggal dengan lebar celah 1/8 inci, kemiringan 45° pada potongan atas dan memakai las punggung</p>	 <p>Las di sudut dengan las titik pada sisi dalam untuk memperkuat</p>
 <p>Las sekeliling</p>	 <p>V tunggal yang dilas dari satu sisi dengan sisi miring 60° dan lebar celah 3/32 inci.</p>	 <p>Sambungan tegak penetrasi sempurna. Gabungan las sudut dan tumpul. Dipakai untuk sambungan kejut dan leleh.</p>

Gambar 3.14. Simbol pengelasan standar
(Salmon dan Johnson, 1990 : 192)

3.2. Pemilihan penggunaan sambungan las

Pemilihan penggunaan sambungan las pada struktur rangka baja dikarenakan adanya beberapa pertimbangan, antara lain adalah bahan las tersedia di pasaran umum, mudah pengerjaannya dan kekuatan yang dihasilkannya cukup tinggi.

3.2.1. Bahan las tersedia di pasaran umum.

Membuat sambungan las pada struktur rangka baja sudah tentu membutuhkan elektroda sebagai bahan penyambung dan mesin las listrik sebagai alat utamanya, sedangkan tenaga listriknya didapatkan dari Genset yang berbahan bakar solar.

Elektroda las dapat dibeli di hampir setiap toko besi, sehingga apabila suatu struktur rangka baja diputuskan untuk mempergunakan las sebagai penyambungannya tidaklah sulit untuk mendapatkan bahan las tersebut.

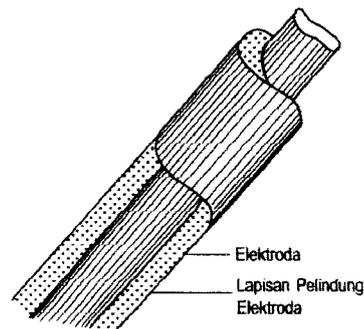
Karena bagian yang sangat penting dalam las busur listrik adalah elektroda, maka sangatlah penting untuk mengetahui jenis dan sifat-sifat masing-masing elektroda sebagai dasar pemilihan penggunaan elektroda yang tepat. Ada lima hal yang harus kita pertimbangkan dalam memilih elektroda, yaitu :

- a. jenis logam yang akan dilas,
- b. tebal bahan yang akan dilas,
- c. kekuatan mekanis yang diharapkan dari hasil pengelasan,
- d. posisi pengelasan, dan
- e. bentuk kampuh benda kerja.

Berdasarkan selaput pelindungnya elektroda dibedakan menjadi dua macam, yaitu:

1. elektroda polos, dan
2. elektroda berselaput.

Elektroda berselaput ini terdiri dari bagian inti dan zat pelindung atau *fluks*. Dimana bahan pelapis elektroda ini adalah campuran seperti lempung yang terdiri dari pengikat silikat dan bahan bubuk, seperti senyawa flour, karbonat, oksida, paduan logam, dan selulosa. Selaput pada elektroda ini jika terbakar akan menghasilkan gas CO₂ yang berfungsi melindungi cairan las, busur listrik, dan sebagian benda kerja dari udara luar yang mengandung gas O₂ yang dapat mengakibatkan bahan las mengalami oksidasi sehingga dapat mempengaruhi sifat mekanis dari logam yang dilas. Oleh karena itu elektroda ini banyak dipakai pada pengelasan benda-benda yang butuh kekuatan mekanis, misalnya tangki, konstruksi jembatan, dan konstruksi rumah. Gambar 3.15 menunjukkan gambar elektroda las.



Gambar 3.15. Elektroda las
(Bintoro, 2000 : 53)

Selaput elektroda mempunyai fungsi-fungsi antara lain :

1. mencegah terbentuknya oksida-oksida dan nitrida logam sewaktu proses pengelasan berlangsung,

2. membuat torak pelindung sehingga dapat mengurangi kecepatan pendinginan yang bertujuan agar las-lasan yang terjadi tidak getas dan rapuh,
3. memberikan sifat-sifat khusus terhadap hasil las-lasan dengan cara menambah zat-zat tertentu yang terkandung dalam selaput,
4. menstabilkan terjadinya busur api dan mengarahkan nyala busur api sehingga mudah dikontrol,
5. membantu mengontrol ukuran dan frekuensi tetesan logam cair, dan
6. memungkinkan dilakukannya posisi pengelasan yang berbeda-beda.

Suatu elektroda memakai kode berupa huruf dan angka yang mempunyai arti khusus untuk pemilihan elektroda. Kode tersebut sudah distandarisi oleh badan standarisasi kode elektroda yaitu AWS (*American Welding Society*) dan ASTM (*American For Testing Material*). Kode atau simbol ini berupa satu huruf E yang diikuti empat atau lima angka dibelakangnya, contoh E6010.

Elektroda dengan kode E6010, untuk setiap huruf dan angka mempunyai arti masing-masing, yaitu :

E : elektroda untuk las busur listrik,

60 : menyatakan nilai tegangan tarik minimum hasil pengelasan dikalikan dengan 1000 psi, jadi 60.000 psi, dan

1 : menyatakan posisi pengelasan, angka 1 berarti dapat digunakan untuk pengelasan semua posisi.

Angka nomer 3 pada kode elektroda menyatakan posisi pengelasan, yaitu :

- 1 : untuk pengelasan semua posisi,
- 2 : untuk pengelasan posisi horizontal dan di bawah tangan, dan
- 3 : untuk pengelasan pada posisi di bawah tangan.

Sedangkan angka terakhir pada simbol elektroda mempunyai arti :

- 0 : elektroda dengan penembusan dalam. Bahan dari selaput selulosa soda.

Bentuk rigi-rigi cembung atau rata,

- 1: elektroda dengan penembusan dalam. Bahan dari selaput selulosa potasium.

Bentuk rigi-rigi cembung atau rata,

- 2 : elektroda dengan penembusan sedang. Bahan dari selaput titania sodium.

Bentuk rigi-rigi cekung,

- 3 : elektroda dengan penembusan dangkal. Bahan dari selaput titania(rutil).

Bentuk rigi-rigi cekung,

- 4 : elektroda dengan penembusan sedang. Bahan dari selaput titania serbuk besi. Penembusan sedang dan cepat membeku,

- 5 : elektroda dengan penembusan sedang. Bahan dari selaput soda hidrogen rendah. Penembusan sedang, bentuk rigi-rigi cekung, digunakan untuk mengelas logam yang kadar belerangnya tinggi,

- 6 : elektroda dengan penembusan sedang. Bahan dari selaput soda hidrogen rendah. Penembusan sedang, bentuk rigi-rigi cekung, digunakan untuk mengelas logam yang kadar belerangnya tinggi,
- 7 : elektroda dengan penembusan menengah. Bahan dari selaput oksida besi. Bentuk rigi-rigi datar dan cepat membeku,
- 8 : elektroda dengan penembusan dangkal dan menengah. Bahan dari selaput serbuk besi hidrogen rendah. Penembusan dangkal dan menengah. Bentuk rigi-rigi cekung.

3.2.2. Mudah pengerjaannya

Dalam mengerjakan sambungan las tidak perlu banyak melibatkan tenaga kerja dengan kata lain hanya dengan beberapa tenaga trampil saja dapat menghasilkan volume pekerjaan yang cukup memadai.

Selain hal tersebut diatas bahwa penyambungan mempergunakan las tidaklah memerlukan tenaga ahli dengan tingkat pendidikan yang tinggi tetapi cukup dengan tenaga trampil yang memiliki kemampuan yang cukup baik.

Seorang operator sebaiknya dibekali dengan teknik-teknik atau prosedur pengelasan yang benar agar dapat melakukan pengelasan secara optimum, juga tidak kalah penting yaitu keterampilan operator dalam pelaksanaan pengelasan. Dengan teknik dan keterampilan yang baik, operator dapat langsung bekerja dengan baik.

Empat hal yang perlu diketahui tentang teknik-teknik pengelasan yaitu, menentukan besar arus dan tegangan listrik, menyalakan dan mematikan elektroda, gerakan elektroda dan las titik atau *tack weld*.

1. Menentukan besar arus dan tegangan listrik

Besar arus dan tegangan listrik yang digunakan dalam pengelasan harus diatur sesuai dengan kebutuhan. Tidak ada aturan yang pasti berapa besar tegangan listrik pada mesin las yang digunakan, tetapi tegangan tersebut hanya diperkenankan sekitar 55 volt sampai 85 volt. Hal ini karena tubuh manusia tidak akan mampu menahan arus listrik dengan tegangan yang tinggi, yang disebut dengan tegangan pembakaran. Bila nyala busur listrik sudah terjadi maka tegangannya akan turun menjadi 20 volt sampai 40 volt, yang disebut tegangan kerja, yang besarnya tergantung dari besar kecilnya diameter elektroda.

Sebaiknya arus yang digunakan berada dalam batasan yang direkomendasikan, karena kelebihan ataupun kekurangan arus akan berakibat pada hasil pengelasan.

Pengelasan dengan arus yang terlalu kecil akan berakibat :

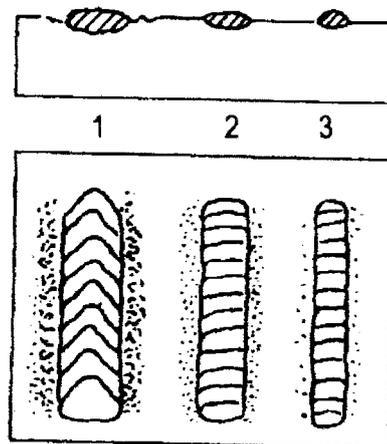
- a. lelehan logam las kental, sehingga tidak terjadi percikan cairan logam di sekitar rigi-rigi las,
- b. membentuk kawah yang dangkal dan kecil, karena panas yang ditimbulkan nyala busur listrik lemah, dan

- c. bentuk rigi-rigi las yang terjadi kurang baik, yaitu berbentuk tinggi dan sempit dengan tepi yang tegak.

Sedangkan pengelasan dengan arus yang terlalu besar mengakibatkan :

- lelehan logam las encer, sehingga percikan logam yang berbentuk bola-bola di sekitar rigi-rigi las sangat banyak,
- membentuk kawah yang lebar dan berbentuk segitiga, karena panas yang ditimbulkan nyala busur listrik kuat, dan
- bentuk rigi-rigi las yang terjadi kurang baik yaitu berbentuk segitiga.

Bentuk rigi-rigi las tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.16.



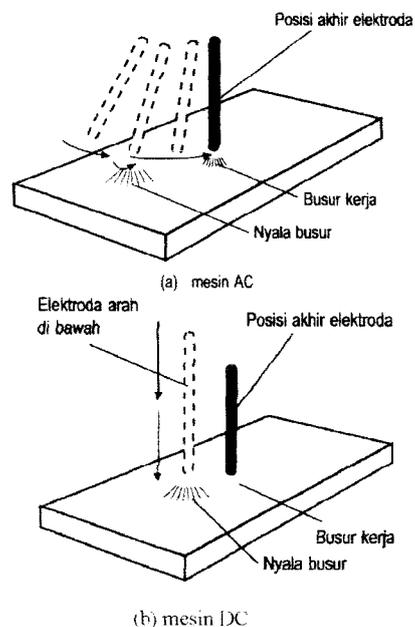
Gambar 3.16. Bentuk rigi-rigi las

- dengan arus listrik yang besar,
- dengan arus listrik yang tepat, dan
- dengan arus listrik yang kecil.

(Bintoro, 2000 : 60)

2. Menyalakan dan mematikan elektoda

Cara menyalakan nyala busur listrik tergantung mesin las yang dipakai. Jika mesin las arus bolak-balik (mesin las AC) maka cara menyalakan elektrodanya adalah dengan menggosokkan elektroda yang sudah dijepit penjepit elektroda ke benda kerja yang sudah terhubung dengan kabel massa dengan bentuk busur atau seperti cara menggosokkan korek api. Sedangkan bila memakai mesin las arus searah (mesin las DC) caranya dengan menggosokkan dengan arah naik turun. Elektroda digerakkan lurus ke bawah sampai menyentuh benda kerja lalu diangkat setinggi diameter elektroda. Setelah nyala busur listrik terjadi maka posisi elektroda harus dijaga agar berada pada jarak tertentu dari benda kerja supaya dapat menyala secara kontinu. Cara menyalakan busur listrik dapat dilihat pada Gambar 3.17.



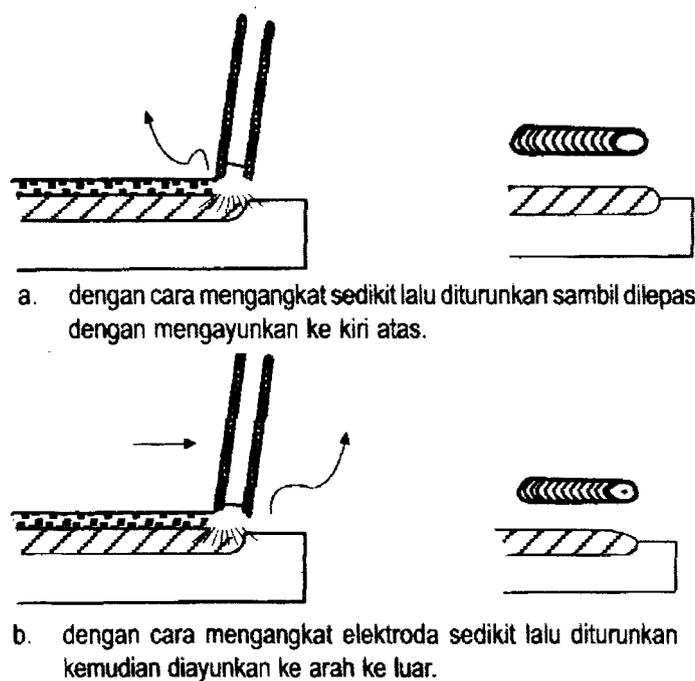
Gambar 3.17. Cara menyalakan busur listrik pada mesin AC dan DC
(Bintoro, 2000 : 61)

Setelah satu bagian pengelasan selesai maka nyala busur listrik harus dimatikan. Cara mematikan nyala busur harus hati-hati agar ujung akhir pengelasan tidak keropos dan terlalu tinggi atau rendah.

Ada dua cara mematikan nyala busur yaitu :

- a. dengan cara mengangkat sedikit lalu diturunkan sambil dilepas dengan mengayunkan ke kiri atas, dan
- b. dengan cara mengangkat elektroda sedikit lalu diturunkan kemudian diayunkan ke arah luar.

Cara mematikan busur elektroda dapat dilihat pada Gambar 3.18.



Gambar 3.18. Cara mematikan busur nyala elektroda
(Bintoro, 2000 : 61)

3. Gerakan elektroda

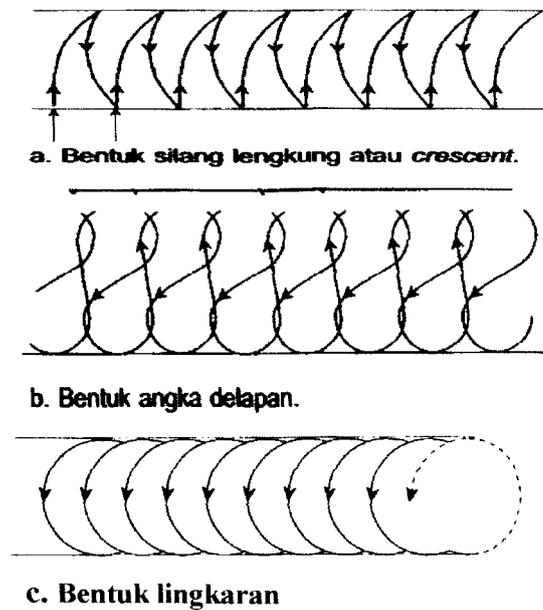
Baik buruknya permukaan hasil pengelasan sangat ditentukan oleh gerakan elektroda pada saat pengelasan. Ada tiga macam gerakan elektroda yaitu :

- a. gerakan turun sepanjang sumbu elektroda, dilakukan untuk mengatur jarak elektroda dan benda kerja agar nyala busur listrik tetap,
- b. gerakan ayunan elektroda, diperlukan untuk mengatur lebar alur las yang dikehendaki, dan
- c. gerakan ayunan ke atas menghasilkan alur las yang kecil, sedangkan ayunan ke bawah menghasilkan jalur las yang lebar. Penembusan las pada ayunan ke atas lebih dangkal daripada ayunan ke bawah.

Ada tiga gerakan ayunan elektroda untuk membuat lebar jalur las, yaitu:

- a. bentuk silang lengkung atau *crescent*,
- b. bentuk angka delapan, dan
- c. bentuk lingkaran.

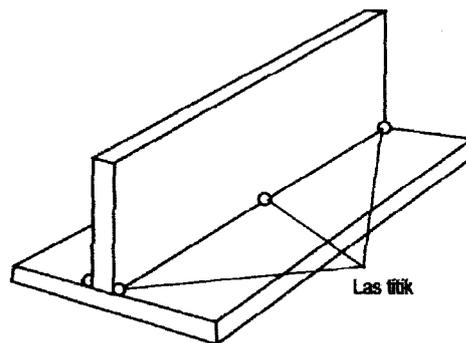
Tiga macam bentuk gerak ayunan elektroda dapat dilihat pada Gambar 3.19.



Gambar 3.19. Berbagai bentuk gerak ayunan elektroda
(Bintoro, 2000 : 62)

4. Las titik atau *tack weld*

Las ini dipakai untuk mengunci benda kerja agar tidak mengalami pergeseran setelah diset. Las titik biasanya dilakukan pada ujung-ujung benda kerja dan pada setiap jarak tertentu tergantung dari panjang maupun ketebalan benda kerja. Gambar 3.20 menunjukkan gambar las titik pada benda.



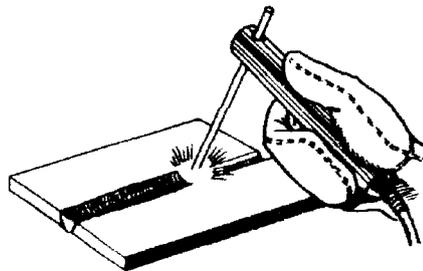
Gambar 3.20. Las titik pada benda
(Bintoro, 2000 : 62)

Seorang operator las dalam melakukan pengelasan mengatur posisi pengelasannya. Hal ini dilakukan biasanya karena tergantung dari letak kampuh-kampuh atau celah-celah benda kerja yang akan dilas.

Ada empat macam posisi pengelasan, posisi pengelasan di bawah tangan, posisi pengelasan mendatar, posisi pengelasan tegak, dan posisi pengelasan di atas kepala.

a. Posisi pengelasan di bawah tangan

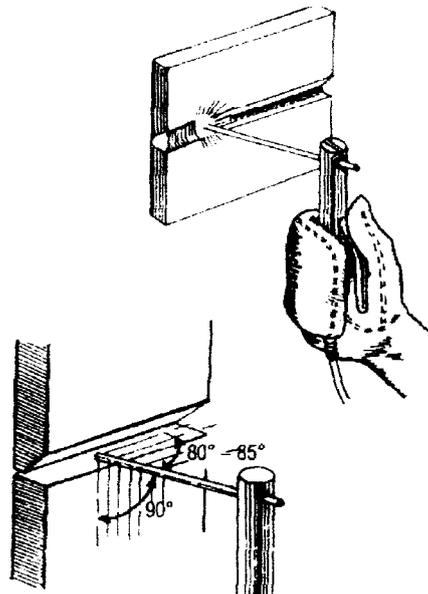
Posisi ini adalah yang paling mudah maka operator cenderung memilihnya. Posisi ini dilakukan untuk pengelasan pada permukaan datar atau permukaan yang agak miring, yaitu letak elektroda berada diatas benda kerja. Posisi ini sering dilakukan pada pengelasan umum, misalnya penyambungan komponen-komponen, pengelasan benda-benda yang dapat dilepas dan diatur posisinya. Gambar 3.21. menunjukkan posisi pengelasan di bawah tangan.



Gambar 3.21. Posisi pengelasan di bawah tangan
(Bintoro, 2000 : 64)

b. Posisi pengelasan mendatar (horizontal)

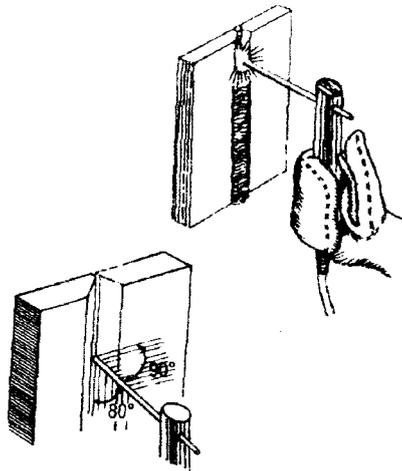
Merupakan pengelasan yang arahnya mengikuti arah garis mendatar/horizontal. Pada posisi ini kemiringan dan arah ayunan elektroda juga harus diperhatikan karena akan mempengaruhi hasil pengelasan. Posisi benda kerja berdiri tegak atau agak miring sedikit dari arah gerak elektroda las. Pengelasan ini digunakan pada pengelasan benda-benda yang berdiri tegak. Posisi ini diperlihatkan pada Gambar 3.22.



Gambar 3.22. Posisi pengelasan mendatar
(Bintoro, 2000 : 64)

c. Posisi pengelasan tegak (vertikal)

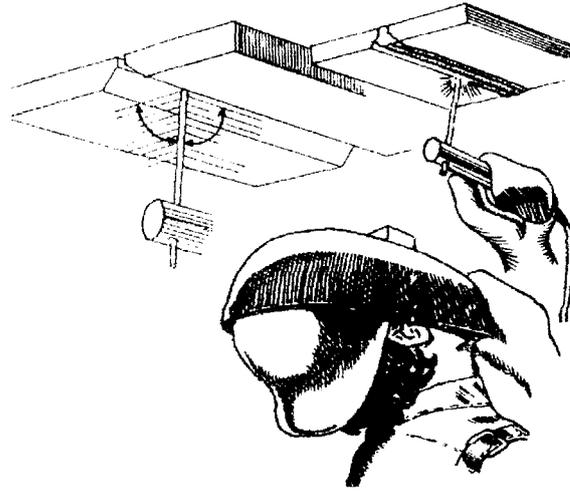
Merupakan pengelasan yang arahnya mengikuti arah garis vertikal. Posisi benda kerja berdiri tegak atau agak miring sedikit searah dengan gerak elektroda las yaitu naik turun. Sering digunakan pada pengelasan benda-benda yang berdiri tegak. Posisi ini diperlihatkan pada Gambar 3.23.



Gambar 3.23. Posisi pengelasan tegak
(Bintoro, 2000 : 64)

d. Posisi pengelasan di atas kepala

Merupakan posisi pengelasan yang lebih sulit dibanding posisi lain karena benda kerja ada di atas kepala operator, sehingga pengelasan dilakukan di atas kepala operator. Posisi ini dilakukan untuk pengelasan pada permukaan datar atau permukaan yang agak miring tetapi posisinya berada di atas kepala, jadi letak elektroda berada di bawah benda kerja. Posisi ini diperlihatkan pada Gambar 3.24.



Gambar 3.24. Posisi pengelasan di atas kepala

(Bintoro, 2000 : 65)

Suatu pekerjaan las pasti membutuhkan adanya panas, oleh karena itu gangguan (*distorsi*) akibat pemuaian dan kontraksi akan timbul. Hal ini disebabkan karena las itu menjadi dingin dan mengerut, begitu pula logam sekitarnya. Besarnya distorsi ini tergantung pula pada tebalnya plat yang dilas dan dari caranya melas. Ada enam petunjuk untuk mengurangi *distorsi*, yaitu :

1. las jangan terlalu besar,
2. pakailah kecepatan mengelas yang lebih besar agar hanya sebagian kecil dari bahan dasar yang dipengaruhi oleh panas,
3. usahakan agar melas pada garis netral dari batang yang akan dilas atau sedekat mungkin padanya,
4. letak las harus diatur,

5. plat dijepit atau dapat juga dipres, dan
6. dilakukan pemanasan terlebih dahulu pada plat.

Walaupun pekerjaan las merupakan pekerjaan yang relatif mudah, akan tetapi apabila pengerjaannya tidak benar maka akan timbul cacat-cacat pada las yaitu *under cutting*, *lack of fusion*, *incomplete penetration*, *slack inclusion*, dan *gas pocket*.

1. Logam yang meleleh tidak terisi penuh oleh las (*under cutting*), hal ini disebabkan karena sifat-sifat elektroda, posisi pengelasan yang tidak tepat, dan terlalu besarnya arus atau terlalu panjangnya busur listrik. Memperbaikinya adalah dengan mengisi lagi tempat tersebut dengan las setelah permukaannya dibersihkan.
2. Logam dasar tidak meleleh (*lack of fusion*), disebabkan karena adanya bahan lain yang merintang di tempat itu. Oleh karena itu sebelum dilas permukaannya harus dibersihkan terlebih dahulu.
3. Penetrasi yang tidak sempurna (*incomplete penetration*), disebabkan karena celah terlalu kecil, elektroda terlalu besar, dan terlalu cepat mengelas atau arus listrik terlalu kecil. Hal ini akan menimbulkan adanya konsentrasi tegangan dan mungkin menjadi asal mulanya retak.
4. Terdapat benda lain pada las (*slack inclusion*), timbul karena reaksi kimia antara logam, udara dan coating dari elektroda. Oleh karena itu hendaknya dipilih komposisi kimia dari elektroda dan coatingnya yang tidak akan memberikan reaksi dengan elemen yang ada pada logam dasar.

5. Adanya gas yang terkurung dalam las (*gas pocket*), disebabkan oleh karena arus listrik yang terlalu besar atau busurnya terlalu panjang.

3.2.3. Kekuatan yang dihasilkan cukup tinggi

Syarat suatu sambungan struktur rangka baja adalah bahwa alat sambung yang dipergunakan harus lebih kuat dari material konstruksinya dengan tujuan apabila terjadi kegagalan struktur tidak terjadi pada bagian sambungannya namun diperkirakan terjadi pada rangka batangnya. Sehingga minimal kekuatan sambungan las adalah sama dengan kekuatan dari profil baja yang disambung.

Oleh karena las harus menyalurkan semua beban dari satu batang ke batang lainnya, las harus diberi ukuran yang sesuai dan dibuat dengan bahan elektroda yang tepat. Bahan elektroda yang dipakai dalam las sebaiknya memiliki sifat-sifat yang sama seperti bahan dasar. Logam las yang mirip sifatnya seperti bahan dasar disebut logam las sepadan.

Sebagai kriteria keamanan, sambungan las direncanakan dengan menggunakan tegangan nominal pada las. Sama seperti pada sambungan baut dan paku keling, tegangan nominal untuk las didasarkan pada anggapan bahwa las bersifat elastis sedangkan plat pembentuk sambungan bersifat kaku. Bila sambungan las dibebani gaya geser, tekanan atau tarikan, tegangan di sepanjang las dianggap konstan. Bila las hanya dibebani momen atau torsi, tegangannya dianggap bervariasi secara linear yang tergantung pada letak garis vertikal. Bila dua atau lebih jenis pembebanan di atas terjadi secara serentak, resultante tegangannya dianggap merupakan jumlah vektor. Pada las sudut yang

menyambung batang tarik, penyaluran beban dengan las akan berupa penyaluran gaya geser (ke bahan dasar) bila las sudut sejajar dengan arah beban.

Akan tetapi, distribusi tegangan yang sesungguhnya pada sambungan las sangat rumit walaupun pada sambungan yang sangat sederhana. Las dan potongan yang disambung harus berubah bentuk secara bersama-sama. Jika tidak, pemisahan akan terjadi. Selain itu, tegangan sebenarnya berubah dengan adanya tegangan residu (sisa) akibat pendinginan las, tegangan puntiran ke arah luar bidang (*warping*) akibat prosedur las yang buruk, dan pengurangan tegangan pada potongan yang disambung.

Tugas utama dalam merencanakan las penyambung batang tarik atau batang tekan ialah memberikan las yang minimal sama kuatnya seperti batang yang disambung. Selain itu sambungan harus tidak menimbulkan eksentrisitas pembebanan yang besar.

Agar diperoleh sambungan las yang baik dan kuat, maka harus diperhatikan mutu dari pengelasan itu sendiri. Mutu dari suatu las tergantung pada teknik pengelasan, metalurgi, dan pengaruh panas.

a. Teknik pengelasan.

Dalam melakukan pengelasan beberapa detail yang perlu diperhatikan, yaitu : posisi las, macam sambungan yang akan dibuat, macam dan ukuran elektroda, macam dan besarnya arus listrik, panjangnya busur listrik (*voltage*) , kecepatan pengelasan dan testing bahan las serta sambungan-sambungan.

Disamping itu pekerjaan pendahuluan pada bagian-bagian yang akan dilas juga harus diperhatikan, misalnya pembuatan celah pada plat yang akan dilas. Jika celah terlalu kecil, melelehnya logam dasar lebih sukar dan diperlukan elektroda yang lebih kecil maka dengan sendirinya pekerjaan menjadi lebih lambat. Dan jika celahnya terlalu besar, maka lebih banyak diperlukan bahan las sehingga ongkos menjadi lebih mahal.

b. Metalurgi.

Sifat baja yang harus mendapat perhatian yaitu *ductile*, *brittle* dan *porous*.

1. Apabila baja dipanaskan sampai meleleh dan kemudian didinginkan perlahan-lahan, maka ia akan menjadi bahan yang kenyal (*ductile*). Tapi bila ia didinginkan dengan cepat, maka ia akan jadi getas (*brittle*). Disamping cara pendinginan itu, komposisi kimia dari baja, terutama kadar carbon juga mempengaruhi.
2. Baja yang meleleh pada temperatur yang tinggi dapat mengandung gas yang lebih banyak daripada yang meleleh pada temperatur yang lebih rendah. Oleh karena itu sewaktu pengelasan, baja yang meleleh tersebut hendaknya dilindungi agar tidak mengabsorbir gas-gas tertentu dari udara, karena gas-gas tersebut apabila telah dingin akan keluar sehingga las akan berlubang-lubang (*porous*). Untuk menjaga hal ini terjadi antara lain elektroda diberi lapisan *coating*.

c. Pengaruh panas.

Ada dua macam pengaruh panas pada waktu pengelasan.

1. *Expansi* dan kontraksi dari logam karena pengaruh temperatur. Hal ini menyebabkan timbulnya tegangan-tegangan sekunder.
2. Cepat atau lambatnya bagian yang dilas menjadi dingin. Plat yang lebih tebal akan lebih cepat mendingin daripada plat yang tipis, hal ini karena pada plat yang lebih tebal panas yang timbul dari proses pengelasan mempunyai jalan keluar yang lebih banyak daripada plat yang tipis. Untuk menghindarinya plat tersebut dapat dipanaskan terlebih dahulu sebelum dilas.

Selanjutnya untuk mengetahui kekuatan sambungan las dapat dilakukan pengujian dengan alat-alat yang terdapat di laboratorium Bahan Konstruksi Teknik yaitu berupa pengujian tarik terhadap sambungan las tersebut.

3.3. Hipotesis

Berdasarkan penjabaran dari materi yang terdapat dalam Kajian Pustaka maupun Landasan Teori bahwa sebenarnya untuk mengetahui kekuatan sambungan las dapat dilakukan pengujian dilaboratorium dengan metode pengujian tarik terhadap sambungan las dimana benda uji sambungan las dibuat bervariasi baik itu posisi las, panjang las dan jenis elektroda las yang dipakai. Dari pengujian yang dilakukan dimungkinkan terjadi kerusakan pada las ataupun pada plat.

3.4. Metode Penelitian

Dalam melakukan suatu penelitian tentu menggunakan pendekatan-pendekatan yang merupakan asumsi awal dari peneliti yang akan diaplikasikan dalam bentuk model uji. Metode penelitian sambungan las secara garis besar adalah membandingkan kekuatan las pada benda uji dengan kekuatan las berdasarkan teori yang sudah ada dan menguji kekuatan las dari jenis elektroda las yang dipergunakan.

Untuk memperoleh suatu hasil atau kesimpulan dari tugas akhir ini, maka harus dipergunakan cara dan aturan yang benar serta harus berdasarkan pada metode ilmiah sehingga hasilnya dapat dipertanggungjawabkan.

Metode penelitian ini meliputi cara penelitian, teknik pengumpulan data, pembuatan benda uji, lingkup pengujian, alat yang dipakai dan cara pengujian.

3.4.1. Cara Penelitian

Metode penelitian yang digunakan berupa dua macam pengujian yang dilakukan dilaboratorium Bahan Konstruksi Teknik FTSP Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

1. Uji pendahuluan berupa plat dengan ukuran tebal 5 mm, lebar 50 mm dan panjang 500 mm berupa uji tarik.
2. Uji tarik sambungan las pada 2 buah plat ukuran tebal 5mm, lebar 50 mm dan panjang 250 mm yang disambung dengan posisi las yang bervariasi, panjang las yang berbeda dan memakai elektroda E6013 dengan dua macam merk

yaitu merek LASE KS-R diameter elektroda 3,2 mm dan merek RD 260 diameter elektroda 3,2 mm.

Masing-masing pengujian dilakukan dengan menggunakan 3 (tiga) benda uji.

3.4.2. Teknik Pengumpulan Data

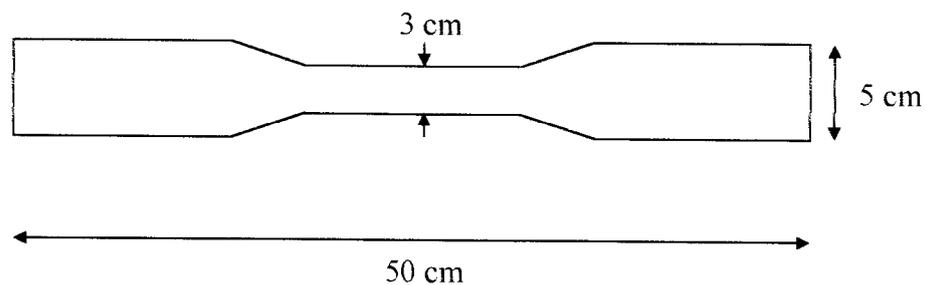
Data primer langsung dibaca pada saat pengujian elemen sambungan las di laboratorium Bahan Konstruksi Teknik .

3.4.3. Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji meliputi benda uji pendahuluan dan benda uji sambungan.

3.4.3.1. Benda uji pendahuluan

Benda uji pendahuluan berupa plat 500.50.5 dibentuk seperti pada Gambar 3.25, dengan tujuan untuk memudahkan dalam pengujian dan meringankan kerja alat uji.



Gambar 3.25. Benda uji pendahuluan terbuat dari plat 500.50.5

3.4.3.2. Benda uji Sambungan las

Untuk benda uji sambungan las, model benda uji dibuat sesuai dengan bentuk sambungan yang akan diuji di laboratorium.

3.4.4. Lingkup Pengujian

Lingkup pengujian dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui kekuatan sambungan las pada struktur rangka baja dengan tiga variabel.

1. Panjang pengelasan.
2. Posisi pengelasan.
3. Elektroda yang dipakai.

3.4.5. Alat yang dipakai

Alat-alat yang dipakai pada penelitian ini adalah:

1. mesin penguji tarik merk "shimadzu",
2. kaliper,
3. jangka ukur/devider,
4. mistar ukur, dan
5. stop watch.

3.4.6. Cara Pengujian

Cara pengujian meliputi pengujian kuat tarik plat, pengujian sambungan las, dan analisa data.

3.4.6.1. Pengujian kuat tarik plat 500.50.5

Langkah-langkah pengujiannya yaitu:

- a. benda uji dibentuk seperti pada Gambar 3.25,

- b. benda uji diukur panjang (p), lebar (b) dan tebal (t), dan
- c. benda uji dipasang pada alat uji kemudian dilakukan pengamatan regangan dan tegangan.

3.4.6.2. Pengujian Sambungan Las

Langkah-langkah pengujiannya yaitu:

- a. benda uji sambungan las dibuat dengan jumlah masing-masing jenis pengujian 3 (tiga) buah benda uji,
- b. benda uji diukur semua panjang bidang las serta diberi tanda untuk penggunaan elektrodanya, dan
- c. benda uji dipasang pada alat uji dan kemudian dilakukan pengamatan tegangan, regangan serta titik-titik retak/patah pada sambungan las.

3.4.6.3. Analisa Data

Analisa data pada penelitian ini meliputi kekuatan sambungan las berdasar rumus-rumus yang telah ada, dan menurut hasil pengujian benda uji yang dilakukan dilaboraturium.

1. Kekuatan sambungan las berdasar rumus-rumus yang telah ada.

Rumus-rumus yang digunakan.

- a. Luas bidang las yang bekerja

$$- F = a . l$$

a = tebal plat

l = panjang plat

$$- a = D \cdot \cos 45^{\circ}$$

$D =$ kaki las

$$- l_{netto} = l_{brutto} - 3a$$

b. Kekuatan tarik las

$$- P = \tau \cdot l$$

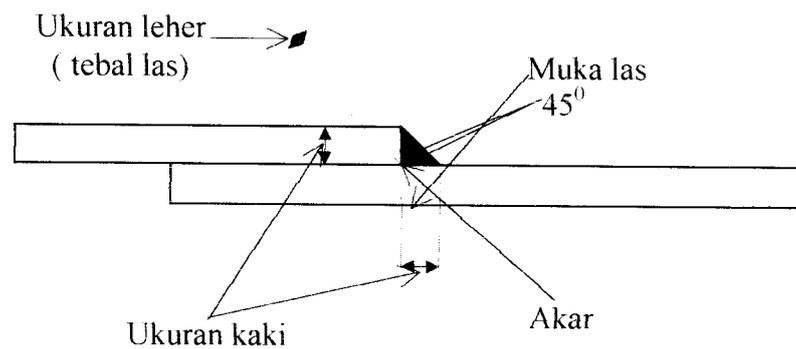
$\tau =$ tegangan geser

$$- \tau = 0,58 \cdot \sigma$$

$\sigma =$ tegangan dasar

2. Kekuatan sambungan las menurut hasil pengujian benda uji yang dilakukan dilaboraturium.

Gambar 3.26 menunjukkan gambar las sudut yang khas.



Gambar 3.26. Las sudut yang khas

3.5. Jadwal Penelitian

Jadwal penelitian meliputi antara lain:

1. persiapan meliputi, administrasi tugas akhir, penetapan judul tugas akhir, dan
2. pelaksanaan tugas akhir.

BAB IV

PELAKSANAAN PENELITIAN

Pelaksanaan penelitian meliputi tinjauan umum, persiapan alat dan bahan, pengujian profil dan pengujian kekuatan las.

4.1 Tinjauan Umum

Pengujian yang dilaksanakan dalam Tugas Akhir ini secara umum dapat dikategorikan dalam dua macam pengujian. Adapun pengujian yang pertama adalah pra pengujian yaitu berupa pengujian benda uji profil dengan maksud untuk mengetahui nilai F_y (tegangan leleh) maupun F_u (tegangan ultimit) yang selanjutnya dijadikan dasar penggunaan bahan pada pengujian kekuatan las. Sedangkan pengujian berikutnya adalah pengujian kekuatan las itu sendiri yang hasilnya selanjutnya dijadikan laporan dan analisis pada tugas akhir ini.

Pelaksanaan pengujian ini dilakukan di laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. Sedangkan waktu pengujian yaitu tanggal 6, 11, 12, 14, dan 19 September 2001.

4.2. Persiapan Alat dan Bahan

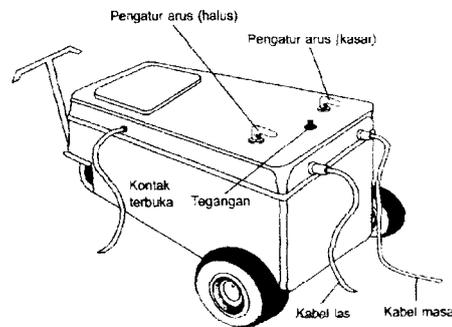
Peralatan yang dipergunakan adalah peralatan yang disediakan di laboratorium Bahan Konstruksi Teknik. Sedangkan peralatan yang lain tersedia di bengkel pengelasan, sisanya disediakan sendiri oleh penguji.

Adapun peralatan yang tersedia di laboratorium maupun yang disediakan oleh penguji meliputi :

1. mesin penguji tarik merk “shimadzu”,
2. kaliper,
3. roll ukur,
4. mistar ukur,
5. stop watch,
6. kamera foto, dan
7. alat tulis.

Peralatan yang tersedia di bengkel pengelasan dan dipakai pada saat pengelasan benda uji adalah mesin las dan alat-alat bantu proses pengelasan.

1. Mesin las arus bolak-balik (mesin AC) , mesin ini sumber tenaga arusnya dapat berasal dari pembangkit listrik, listrik PLN atau generator AC. Besarnya arus listrik dapat diatur sesuai dengan keperluan pengelasan, untuk keperluan daya yang besar diperlukan arus yang besar juga begitu pula sebaliknya. Mesin las arus AC dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1. Contoh mesin las arus AC
(Bintoro, 2000 : 55)

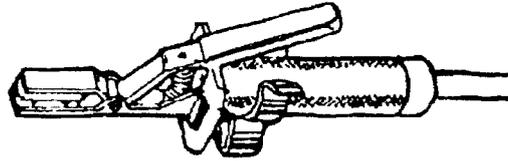
2. Alat-alat bantu proses pengelasan terdiri dari kabel las, pemegang elektroda, tang massa, palu terak, tang panas, sikat kawat, pelindung muka, dan kaca mata pengelasan.

a. Kabel las

Digunakan untuk mengalirkan arus listrik dari sumber listrik ke mesin las atau dari mesin las ke elektroda dan massa. Pemilihan kabel las berdasarkan pada bahan pembuat kabel dan ukuran diameter atau penampang kabel, panjang kabel serta besarnya arus yang mengalir.

b. Pemegang elektroda

Berfungsi sebagai penjepit atau pemegang ujung elektroda yang tidak berselaput dan juga untuk mengalirkan arus dari kabel elektroda ke elektroda. Pemegang ini terbuat dari bahan yang mampu mengalirkan arus dengan baik dan dibungkus dengan bahan penyekat, biasanya terbuat dari ebonit. Sedang bahan utama untuk membuat pegangannya terbuat dari kuningan, bagian ini harus bersih agar hambatannya kecil sehingga baik untuk mengalirkan arus. Pemegang elektroda dapat dilihat pada Gambar 4.2.

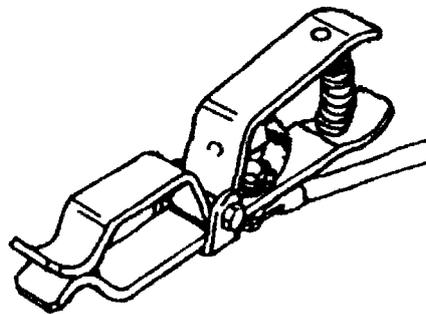


Gambar 4.2. Pemegang elektroda

(Bintoro, 2000 : 58)

c. Tang massa

Berfungsi untuk menghubungkan dan mengalirkan arus listrik dari kabel massa ke benda kerja atau ke meja kerja. Oleh karena itu tang massa harus dijepitkan pada bagian yang bersih dan mampu menghantarkan arus listrik pada bagian benda kerja atau meja kerja, serta sebaiknya diletakkan pada tempat yang tidak mengganggu proses pengelasan. Tang massa dapat dilihat pada Gambar 4.3.



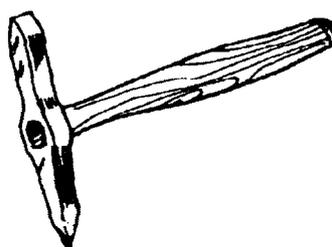
Gambar 4.3.Tang massa

(Bintoro, 2000 : 58)



d. Palu terak

Digunakan untuk membersihkan terak yang terjadi akibat proses pengelasan dengan cara memukul atau mengores teraknya. Ujung palu yang runcing digunakan untuk memukul pada bagian sudut rigi-rigi, dan ujung yang berbentuk pahat pada permukaan rigi-rigi serta percikan logam pengelasan yang menempel pada benda kerja. Palu terak dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4. Palu Terak
(Bintoro, 2000 : 58)

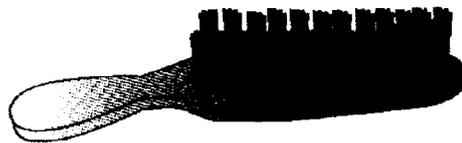
e. Tang panas

Digunakan untuk memegang benda-benda panas yang memperoleh pemanasan dari pengelasan. Tang panas mempunyai tangkai yang panjang berisolator panas untuk memegang benda kerja yang akan dilas. Mulut tang mempunyai bentuk yang bermacam-macam, yaitu rata, bulat, dan bentuk kombinasi rata dan bulat.

f. Sikat kawat

Berfungsi untuk membersihkan benda kerja yang akan dilas dari kotoran atau dari karat sehingga tidak ada kotoran yang dapat mengganggu pengelasan dan juga untuk membersihkan sisa-sisa terak yang masih ada setelah dibersihkan dengan palu terak. Bahan serabut sikat terbuat dari

kawat-kawat baja yang tahan terhadap panas dan elastis, dengan tangkai dari kayu yang dapat mengisolasi panas dari bagian yang disikat. Gambar 4.5 menunjukkan gambar sikat kawat.



Gambar 4.5. Sikat kawat

(Bintoro, 2000 : 59)

g. Pelindung muka

Berfungsi untuk melindungi mata dan muka dari pancaran sinar las dan percikan bunga api. Pelindung muka mempunyai kaca yang terbuat dari bahan tembus pandang yang berwarna sangat gelap dan hanya mampu ditembus oleh sinar las. Kacamata ini berfungsi untuk melihat benda kerja yang dilas dengan mengurangi intensitas cahaya yang masuk ke mata.

h. Kacamata pengelasan

Berfungsi sebagai pelindung mata berupa kacamata bening yang mampu digunakan untuk melihat benda kerja dan sangat ringan sehingga tidak begitu mengganggu proses pekerjaan misalnya saat membersihkan terak atau pada proses *finishing* yaitu pengerindaan.

Adapun untuk bahan yang dipergunakan didasarkan atas perhitungan perencanaan. Bahan-bahan tersebut adalah sebagai berikut ini:

1. bahan uji tarik profil yaitu berupa plat baja dengan tebal 5 mm, lebar 50 mm dan panjang 500mm,
2. bahan uji tarik las dengan memakai dua plat dengan tebal 5 mm, lebar 50 mm dan panjang 250 mm, dan
3. elektroda las E 6013 merek LASE KS-R diameter 3,2 mm dan merek RD 260 diameter 3,2 mm.

4.3. Pengujian profil

Pengujian profil meliputi persiapan pengujian dan pra pengujian.

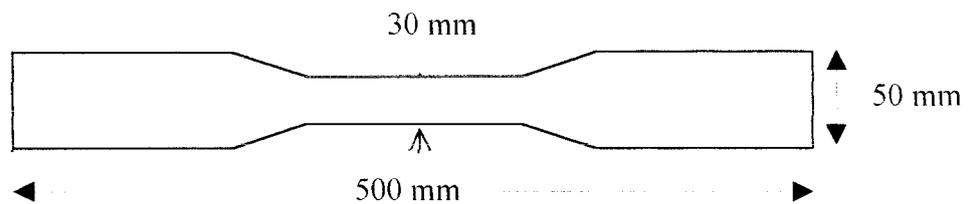
4.3.1. Persiapan pengujian

Sebelum melakukan pengujian kekuatan las, terlebih dahulu dilakukan pengujian bahan-bahan yang akan dipakai dalam penelitian. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian profil, untuk mengetahui tegangan leleh dan tegangan maksimum profil tersebut. Hasil pengujian ini sangat berpengaruh pada saat pengujian kekuatan las, karena diharapkan pada saat pengujian kekuatan las tegangan leleh las lebih kecil daripada tegangan leleh profil sehingga kekuatan lasnya dapat diteliti. Oleh sebab itu pengujian ini dilakukan dengan seksama dan hati-hati.

Adapun benda profil tersebut dibuat sedemikian rupa sehingga dapat diuji tarik pada alat uji tarik di laboratorium. Benda uji dengan tebal 5 mm dan lebar 50

mm tersebut dibentuk dengan menyisakan lebar profil sebesar 30 mm. Benda uji tersebut dibuat sebanyak tiga buah.

Pada saat melakukan pengujian, penempatan benda uji dilakukan secara seksama dan hati-hati, sehingga diharapkan tegangan leleh, tegangan maksimum maupun putusnya benda uji sesuai dengan yang diharapkan. Kemudian hasil pengamatannya dicantumkan dalam tabel, agar mudah merata-rata dalam hitungan selanjutnya. Untuk lebih jelasnya bentuk benda uji profil tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Bentuk benda uji profil

4.3.2. Pra pengujian

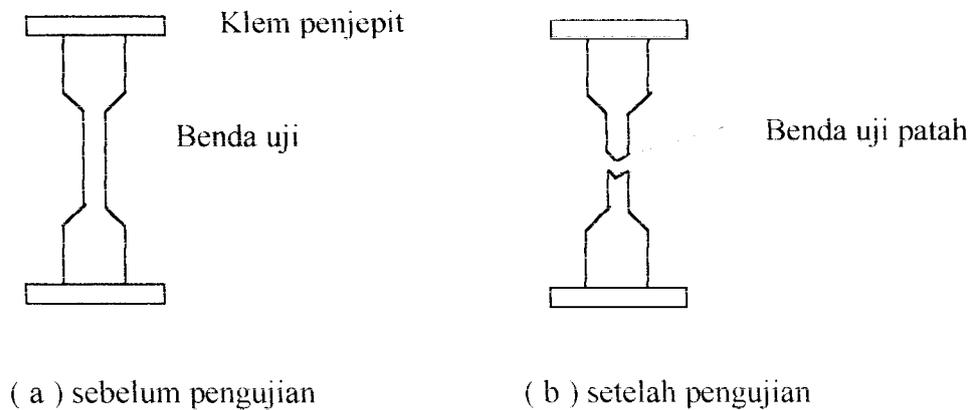
Proses pengujian ini dilakukan dengan memakai tiga profil yang telah dibuat sesuai dengan yang telah direncanakan. Sedangkan peralatan yang dipakai dalam pengujian ini meliputi mesin uji tarik, kaliper, mistar ukur, roll ukur, alat tulis dan kamera foto serta stopwatch. Pertama-tama benda uji tersebut diukur panjang awal (L_0), lebar dan tebalnya. Data-data tersebut lalu dicatat.

Tabel 4.1. Dimensi profil uji

	Profil uji I (Q_1)	Profil uji II (Q_2)	Profil uji III (Q_3)
Panjang plat (L_1)	50,4	49,9	50
Lebar plat tengah	3,15	3,01	3,1
Tebal plat	0,59	0,59	0,585
Panjang takikan	16	16	16

Proses selanjutnya dengan meletakkan benda uji profil pada alat uji tarik yang diset dengan range 15, kemudian dilakukan pengujian tarik pada benda uji dengan menjalankan alat uji tersebut, lalu diamati dan dibaca perubahan tegangan pada alat tersebut. Pada saat angka tegangan leleh, tegangan maksimum maupun patahnya tercapai lalu dicatat. Setelah benda uji patah kemudian diukur panjang akhirnya (L_f). Dari pembacaan mesin uji tarik diketahui F_y dan F_u -nya yang dipakai sebagai data utama penelitian ini, sedangkan pengukuran panjang akhir (L_f) dipakai sebagai data pelengkap. Data-data tersebut lalu dicantumkan di tabel. Perbandingan pengujian ketiga benda uji profil tersebut guna diperhitungkan rata-ratanya sebagai F_y maupun F_u yang sesungguhnya. Sedangkan pengukuran panjang akhir dipakai untuk mengetahui pertambahan panjang (ΔL) dari benda uji tersebut.

Proses pengujiannya dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7. Proses pengujian profil

4.4. Pengujian kekuatan las

Pengujian kekuatan las meliputi persiapan pengujian dan proses pengujian 24 sampel sambungan las.

4.4.1. Persiapan pengujian

Sebelum melakukan pengujian kekuatan las terlebih dahulu dilakukan pengelasan profil dengan berbagai macam posisi las dan panjang las yang berbeda.

Semua peralatan yang akan dipakai pada saat proses pengelasan, baik itu peralatan-peralatan utama maupun peralatan-peralatan pembantu, juga bahan-bahan yang akan dipergunakan pada pengelasan untuk keperluan pembuatan sampel sambungan las terlebih dahulu dipersiapkan, sehingga proses pengelasan dapat berjalan lancar.

Setelah peralatan-peralatan dan bahan-bahan tersebut selesai dipersiapkan, maka proses pengelasan dapat dimulai. Untuk melakukan proses pengelasan,

sebaiknya operator dibekali dengan teknik-teknik atau prosedur pengelasan yang benar agar dapat bekerja secara optimum.

Proses pengelasan dapat dimulai dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. bahan uji yang berbentuk plat dibersihkan dahulu dengan sikat kawat untuk membersihkan bagian yang akan dilas dari kotoran atau dari karat sehingga tidak ada kotoran yang dapat mengganggu pengelasan,
2. plat tersebut diukur dan ditandai bagian-bagian yang akan dilas lalu dijepit agar kedudukannya lurus dan tidak berubah,
3. mesin las dihidupkan dengan arus listrik yang sesuai,
4. lakukan las titik pada ujung-ujung sambungan untuk mengunci plat sesuai dengan set sambungan yang kita inginkan,
5. lakukan pengelasan dengan arus listrik yang sesuai,
6. buat gerakan elektroda dengan ayunan yang kontinu sepanjang jalur pengelasan agar diperoleh hasil pengelasan yang rata, dan
7. bersihkan hasil pengelasan dari terak yang terbentuk dengan palu terak.

4.4.2. Proses pengujian kuat tarik las

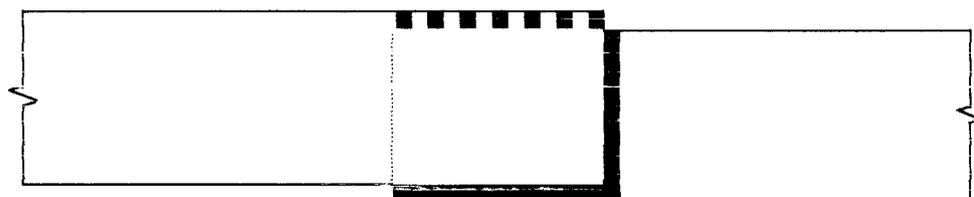
Proses pengujian tarik ini dilakukan pada delapan macam bentuk pengelasan dengan masing-masing tiga buah benda uji. Peralatan yang dipakai pada pengujian ini antara lain mesin uji tarik, kaliper, mistar ukur, roll ukur, alat tulis dan kamera foto serta stopwatch. Pertama-tama benda uji tersebut diukur panjang awal platnya (L_o), lebar dan tebalnya, juga diukur pula tebal dan lebar plat setelah digabung begitu pula panjang dan tebal lasnya. Lalu diamati alur las dan jenis lasnya. Data-data tersebut lalu dicatat dalam tabel. Proses selanjutnya dengan meletakkan

benda uji las tersebut pada alat uji tarik, kemudian dilakukan pengujian tarik pada benda uji dengan menjalankan alat uji tersebut, lalu diamati dan dibaca perubahan tegangan pada alat tersebut. Pada saat angka tegangan leleh, tegangan maksimum maupun patahnya tercapai lalu dicatat. Setelah benda uji patah kemudian diukur panjang akhirnya (L_f). Dari pembacaan mesin uji tarik diketahui F_y dan F_u -nya yang dipakai sebagai data utama penelitian ini, sedangkan pengukuran panjang akhir (L_f) dipakai sebagai data pelengkap. Data-data tersebut lalu dicantumkan di tabel. Perbandingan pengujian ketiga benda uji profil tersebut guna diperhitungkan rata-ratanya sebagai F_y maupun F_u yang sesungguhnya. Sedangkan pengukuran panjang akhir dipakai untuk mengetahui pertambahan panjang (ΔL) dari benda uji tersebut.

4.4.3. Sampel sambungan las

Sampel sambungan las pada pengujian ini ada delapan macam.

4.4.3.1. Sampel pertama sambungan las (sampel A)



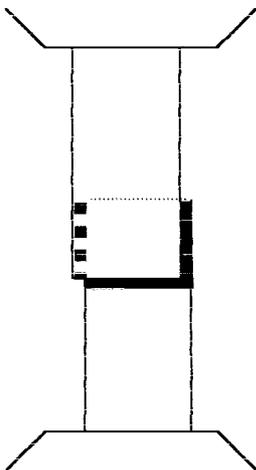
Gambar 4.8. Sampel A

Pada pengujian ini sampel yang akan diuji merupakan sampel sambungan las dengan posisi pengelasan seperti Gambar 4.8, dan dilakukan pengukuran-pengukuran dimensinya, yang data-datanya dapat dilihat pada Tabel 4.2.

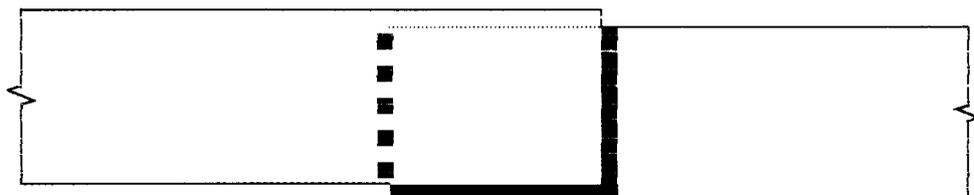
Tabel 4.2. Dimensi sampel *A*

	Sampel A_1	Sampel A_2	Sampel A_3
Panjang plat (L_1)	50	50,4	50,4
Lebar plat	4,7 ; 4,7	4,7 ; 4,7	4,7 ; 4,7
Tebal plat	0,575 ; 0,575	0,575 ; 0,575	0,575 ; 0,575
Tebal plat gabung	1,17	1,17	1,17
Lebar plat gabung	5,25	5,25	5,25
Panjang las	// gaya = 5 ⊥ gaya = 5	// gaya = 5 ⊥ gaya = 5	// gaya = 5 ⊥ gaya = 5
Tebal las	0,5	0,5	0,5
Elektroda las	E6013	E6013	E6013

Sampel ditempatkan di mesin uji seperti terlihat pada contoh Gambar 4.9.

**Gambar 4.9.** Kondisi sampel *A* sebelum pengujian

4.4.3.2. Sampel kedua sambungan las (sampel *B*)

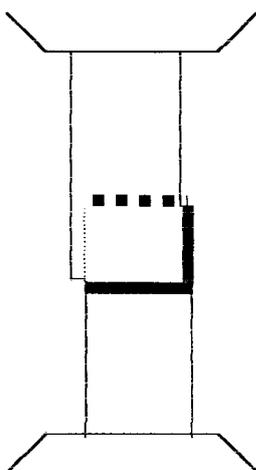
**Gambar 4.10.** Sampel *B*

Pada pengujian ini sampel yang akan diuji merupakan sampel sambungan las dengan posisi pengelasan seperti Gambar 4.10. Dimana telah dilakukan pengukuran-pengukuran dimensi dari benda uji ini, yang data-datanya dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3. Dimensi sampel *B*

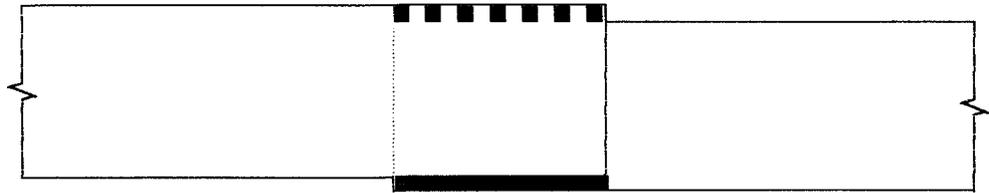
	Sampel <i>B</i> ₁	Sampel <i>B</i> ₂	Sampel <i>B</i> ₃
Panjang plat (L_1)	49,8	49,9	50,2
Lebar plat	4,7 ; 4,7	4,7 ; 4,7	4,8 ; 4,8
Tebal plat	0,575 ; 0,58	0,575 ; 0,58	0,58 ; 0,59
Tebal plat gabung	1,17	1,17	1,2
Lebar plat gabung	5,25	5,25	5,3
Panjang las	// gaya = 5 ⊥ gaya = 5	// gaya = 5 ⊥ gaya = 5	// gaya = 5 ⊥ gaya = 5
Tebal las	0,5	0,5	0,5
Elektroda las	E6013	E6013	E6013

Setelah itu sampel tersebut ditempatkan di mesin uji untuk dilakukan pengujian tarik, seperti terlihat pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11. Kondisi sampel *B* sebelum pengujian

4.4.3.3. Sampel ketiga sambungan las (sampel C)



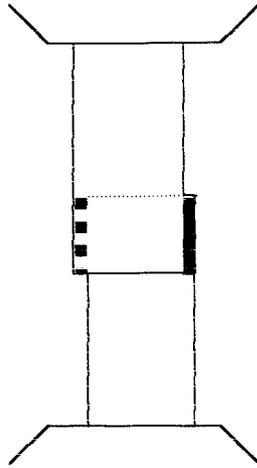
Gambar 4.12. Sampel C

Pada pengujian ini sampel yang akan diuji merupakan sampel sambungan las dengan posisi pengelasan seperti Gambar 4.12. Dimana telah dilakukan pengukuran-pengukuran dimensi dari benda uji ini, yang data-datanya dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4. Dimensi sampel C

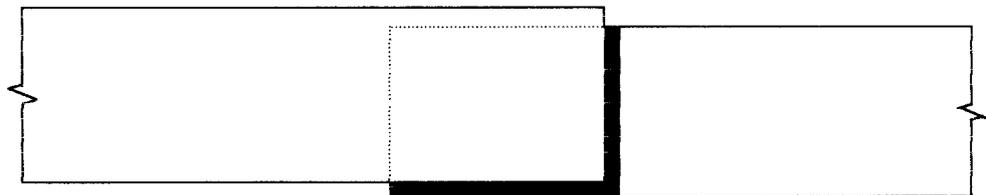
	Sampel C ₁	Sampel C ₂	Sampel C ₃
Panjang plat (L_1)	50,2	50,2	50,5
Lebar plat	4,8 ; 4,75	4,8 ; 4,7	4,8 ; 4,75
Tebal plat	0,575 ; 0,595	0,585 ; 0,575	0,575 ; 0,595
Tebal plat gabung	1,165	1,16	1,165
Lebar plat gabung	5,32	5,32	5,32
Panjang las	// gaya = 5	// gaya = 5	// gaya = 5
Tebal las	0,5	0,5	0,5
Elektroda las	E6013	E6013	E6013

Setelah itu sampel tersebut ditempatkan di mesin uji untuk dilakukan pengujian tarik, seperti terlihat pada Gambar 4.13.



Gambar 4.13. Kondisi sampel C sebelum pengujian

4.4.3.4. Sampel keempat sambungan las (sampel D)



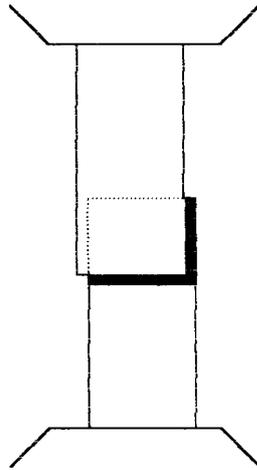
Gambar 4.14. Sampel D

Pada pengujian ini sampel yang akan diuji merupakan sampel sambungan las dengan posisi pengelasan seperti Gambar 4.14. Dimana telah dilakukan pengukuran-pengukuran dimensi dari benda uji ini, yang data-datanya dapat dilihat pada Tabel 4.5.

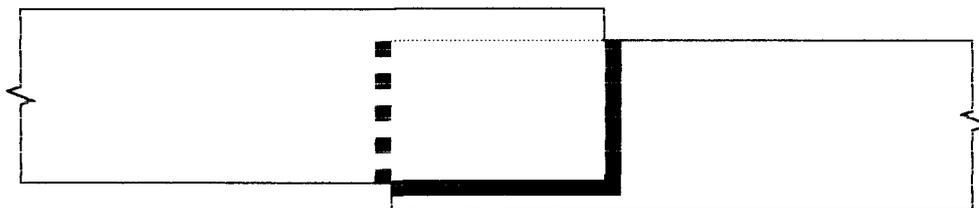
Tabel 4.5. Dimensi sampel *D*

	Sampel D_1	Sampel D_2	Sampel D_3
Panjang plat (L_1)	44,7	44,8	44,7
Lebar plat	4,875 ; 4,9	4,865 ; 4,9	4,905 ; 4,85
Tebal plat	0,625 ; 0,615	0,565 ; 0,57	0,625 ; 0,635
Tebal plat gabung	1,265	1,145	1,325
Lebar plat gabung	5,49	5,485	5,515
Panjang las	// gaya = 4,2 ⊥ gaya = 5,2	// gaya = 4,2 ⊥ gaya = 5	// gaya = 4 ⊥ gaya = 5
Tebal las	0,5	0,5	0,5
Elektroda las	E6013	E6013	E6013

Setelah itu sampel tersebut ditempatkan di mesin uji untuk dilakukan pengujian tarik, seperti terlihat pada Gambar 4.15.

**Gambar 4.15.** Kondisi sampel *D* sebelum pengujian

4.4.3.5. Sampel kelima sambungan las (sampel F)



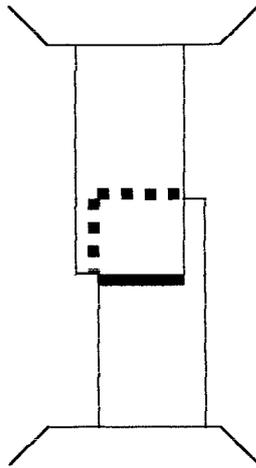
Gambar 4.16. Sampel F

Pada pengujian ini sampel yang akan diuji merupakan sampel sambungan las dengan posisi pengelasan seperti Gambar 4.16. Dimana telah dilakukan pengukuran-pengukuran dimensi dari benda uji ini, yang data-datanya dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6. Dimensi sampel F

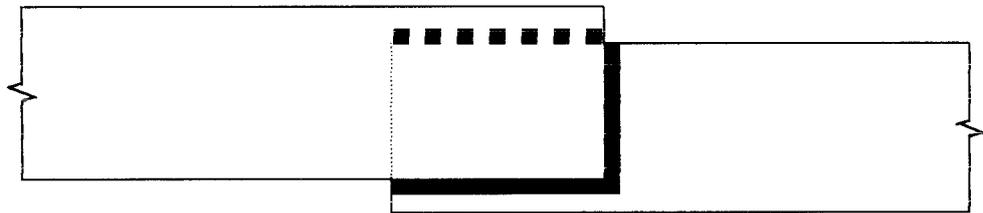
	Sampel F_1	Sampel F_2	Sampel F_3
Panjang plat (L_1)	47,4	47,4	47,6
Lebar plat	4,895 ; 4,98	4,83 ; 4,93	4,92 ; 4,88
Tebal plat	0,64 ; 0,575	0,64 ; 0,575	0,64 ; 0,575
Tebal plat gabung	1,23	1,23	1,23
Lebar plat gabung	6,75	6,72	6,725
Panjang las	// gaya = 2,5 ⊥ gaya = 3	// gaya = 2,5 ⊥ gaya = 3	// gaya = 2,5 ⊥ gaya = 3
Tebal las	0,5	0,5	0,5
Elektroda las	E6013	E6013	E6013

Setelah itu sampel tersebut ditempatkan di mesin uji untuk dilakukan pengujian tarik, seperti terlihat pada Gambar 4.17.



Gambar 4.17. Kondisi sampel *F* sebelum pengujian

4.4.3.6. Sampel keenam sambungan las (sampel *G*)



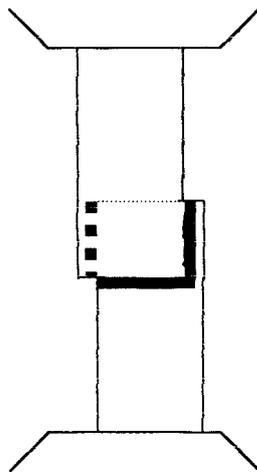
Gambar 4.18. Sampel *G*

Pada pengujian ini sampel yang akan diuji merupakan sampel sambungan las dengan posisi pengelasan seperti Gambar 4.18. Dimana telah dilakukan pengukuran-pengukuran dimensi dari benda uji ini, yang data-datanya dapat dilihat pada Tabel 4.7.

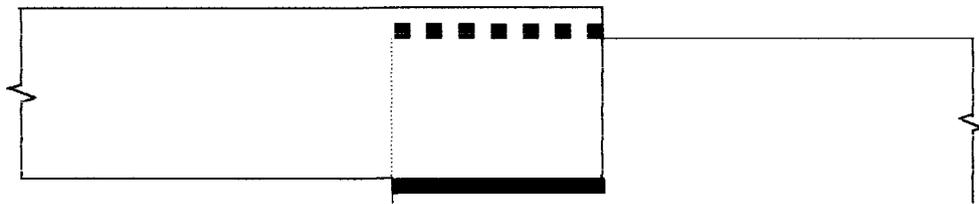
Tabel 4.7. Dimensi sampel *G*

	Sampel G_1	Sampel G_2	Sampel G_3
Panjang plat (L_1)	47,4	47,4	47,4
Lebar plat	4,875 ; 4,925	4,875 ; 4,875	4,85 ; 4,88
Tebal plat	0,63 ; 0,63	0,6225 ; 0,623	0,625 ; 0,57
Tebal plat gabung	1,29	1,245	1,22
Lebar plat gabung	6,575	6,5	6,575
Panjang las	// gaya = 2,5 ⊥ gaya = 3	// gaya = 2,5 ⊥ gaya = 3	// gaya = 2,5 ⊥ gaya = 3
Tebal las	0,5	0,5	0,5
Elektroda las	E6013	E6013	E6013

Setelah itu sampel tersebut ditempatkan di mesin uji untuk dilakukan pengujian tarik, seperti terlihat pada Gambar 4.19.

**Gambar 4.19.** Kondisi sampel *G* sebelum pengujian

4.4.3.7. Sampel ketujuh sambungan las (sampel H)



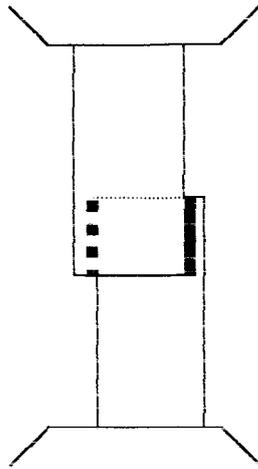
Gambar 4.20. Sampel H

Pada pengujian ini sampel yang akan diuji merupakan sampel sambungan las dengan posisi pengelasan seperti Gambar 4.20. Dimana telah dilakukan pengukuran-pengukuran dimensi dari benda uji ini, yang data-datanya dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8. Dimensi sampel H

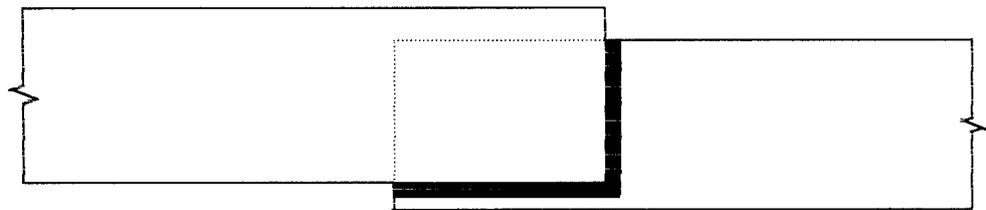
	Sampel H_1	Sampel H_2	Sampel H_3
Panjang plat (L_1)	47,3	47,5	47,6
Lebar plat	4,925 ; 4,915	4,905 ; 4,885	4,915 ; 4,94
Tebal plat	0,61 ; 0,645	0,625 ; 0,635	0,625 ; 0,64
Tebal plat gabung	1,245	1,27	1,22
Lebar plat gabung	6,625	6,6	6,79
Panjang las	// gaya = 2,5 ⊥ gaya = 3	// gaya = 2,5 ⊥ gaya = 3	// gaya = 2,5 ⊥ gaya = 3
Tebal las	0,5	0,5	0,5
Elektroda las	E6013	E6013	E6013

Setelah itu sampel tersebut ditempatkan di mesin uji untuk dilakukan pengujian tarik, seperti terlihat pada Gambar 4.21.



Gambar 4.21. Kondisi sampel *H* sebelum pengujian

4.4.3.8. Sampel kedelapan sambungan las (sampel *I*)



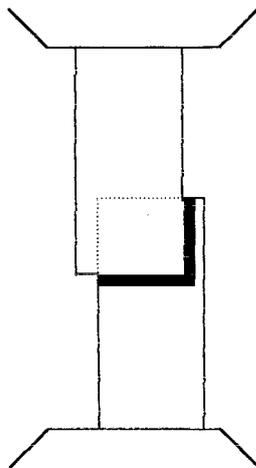
Gambar 4.22. Sampel *I*

Pada pengujian ini sampel yang akan diuji merupakan sampel sambungan las dengan posisi pengelasan seperti Gambar 4.22. Dimana telah dilakukan pengukuran-pengukuran dimensi dari benda uji ini, yang data-datanya dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9. Dimensi sampel I

	Sampel I_1	Sampel I_2	Sampel I_3
Panjang plat (L_1)	47,5	47,4	47,2
Lebar plat	4,91 ; 4,88	4,905 ; 4,88	4,885 ; 4,875
Tebal plat	0,625 ; 0,625	0,59 ; 0,605	0,635 ; 0,645
Tebal plat gabung	1,31	1,225	1,20
Lebar plat gabung	6,55	6,66	6,645
Panjang las	// gaya = 2,5 ⊥ gaya = 3	// gaya = 2,6 ⊥ gaya = 3	// gaya = 2,6 ⊥ gaya = 3
Tebal las	0,5	0,5	0,5
Elektroda las	E6013	E6013	E6013

Setelah itu sampel tersebut ditempatkan di mesin uji untuk dilakukan pengujian tarik, seperti terlihat pada Gambar 4.23.



Gambar 4.23. Kondisi sampel I sebelum pengujian

BAB V

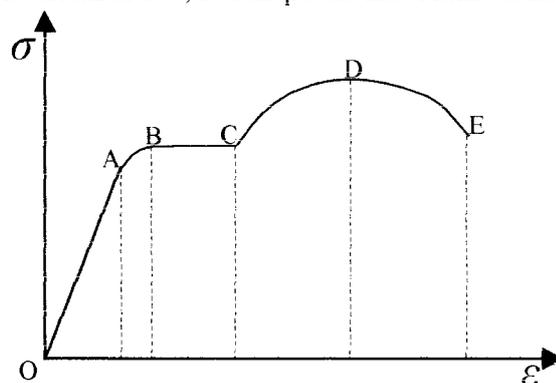
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Dari pengujian didapatkan data primer berupa kuat tarik baja dan kuat tarik las. Data-data tersebut kemudian dianalisis untuk mengetahui kekuatan las yang paling efektif dan efisien penggunaannya di lapangan.

5.1. Hasil penelitian di laboratorium

Pengujian kuat tarik baja ini dilakukan di laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia menggunakan Universal Testing Material (UTM) merk Shimatsu type UMH 30 dengan kapasitas 30 ton. Pembebanan dilakukan secara bertahap dengan kenaikan sebesar 100 kg (0,1 kN) sampai baja mengalami putus.

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui mutu dari bahan atau profil yang akan digunakan dalam penelitian. Data yang diambil pada pengujian tarik profil baja ini adalah beban maksimum, beban patah dan batas luluh awal.

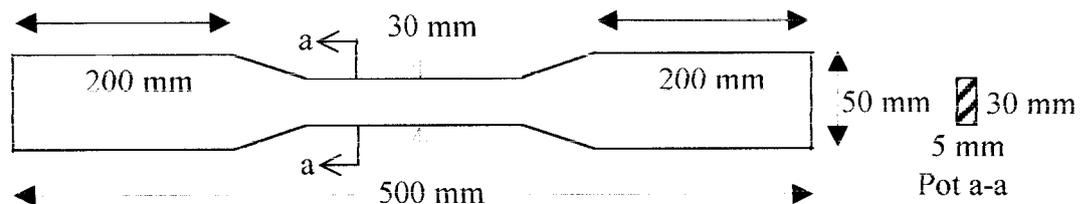


Gambar 5.1. Diagram tegangan-regangan baja struktural

Diagram tegangan-regangan dapat dilihat pada Gambar 5.1. Hubungan antara tegangan-regangan pada OA linear, sedang diatas titik A diagram tidak linear lagi, sehingga titik A disebut sebagai batas sebanding (tegangan batas sebanding σ_p). Sedikit diatas titik A merupakan batas elastis bahan. Pada titik B baja mulai leleh dan ini disebut titik leleh. Pada saat leleh, baja masih mampu menghasilkan perlawanan sampai terjadi pengerasan regangan yaitu pada titik C, kemudian kurva akan naik lagi sampai dicapai kuat tarik (*tensile strength*) di titik D. Setelah itu kurva turun dan specimen retak (*fracture*) di titik E.

5.1.1. Hasil pengujian dan perhitungan profil

Pada pengujian kuat tarik profil baja dari tiga sampel profil baja tersebut didapatkan hasil yang dapat dilihat pada Tabel 5.1.



Gambar 5.2. Dimensi benda uji profil

Tabel 5.1. Dimensi profil uji

	Profil uji I (Q_1)	Profil uji II (Q_2)	Profil uji III (Q_3)
Panjang plat (L_1)	50,4	49,9	50
Panjang plat setelah diuji (L_2)	52,1	53,8	53,7
Pertambahan panjang plat (ΔL)	1,7	3,9	3,7
Lebar plat tengah	3,15	3,01	3,1
Tebal plat	0,59	0,59	0,585
Panjang takikan	16	16	16

Dari pengujian profil didapatkan hasil yang ditabelkan pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2. Hasil pengujian profil

	Profil uji I (Q_1)	Profil uji II (Q_2)	Profil uji III (Q_3)	Rata-rata
Tegangan leleh	8725	5700	5825	6750
Tegangan maks	10125	7450	7600	8391,6
Tegangan patah	9975	6500	6000	7491,6

Sedangkan untuk lasnya dipakai elektroda E 6013,

$$E 60 \text{ ksi} = 4137 \text{ kg/cm}^2 = 41,37 \text{ kg/mm}^2$$

Tegangan tarik baja dapat diketahui dengan membagi batas luluh awal dengan luas rata-rata dari luasan benda uji. Perhitungan kuat tarik baja profil berdasar hasil uji laboratorium yaitu profil Q .

Luasan masing-masing benda uji (Q).

$$\begin{aligned} \text{Luasan benda uji } (Q_1) \quad A_{o1} &= 0,59 \cdot 3,15 \\ &= 1,8585 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luasan benda uji } (Q_2) \quad A_{o2} &= 0,59 \cdot 3,01 \\ &= 1,7759 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luasan benda uji } (Q_3) \quad A_{o3} &= 0,59 \cdot 3,1 \\ &= 1,829 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

P maks masing-masing benda uji (Q).

$$P \text{ maks }_1 (Q_1) = 10125 \text{ kg}$$

$$P \text{ maks }_2 (Q_2) = 7450 \text{ kg}$$

$$P \text{ maks }_3 (Q_3) = 7600 \text{ kg}$$

Jadi kekuatan tarik baja rata-rata adalah :

$$\begin{aligned}
 f_y &= \frac{\frac{P \text{ maks}_1}{A_{e1}} + \frac{P \text{ maks}_2}{A_{e2}} + \frac{P \text{ maks}_3}{A_{e3}}}{3} \\
 &= \frac{\frac{10125}{1,858} + \frac{7450}{1,7759} + \frac{7600}{1,829}}{3} \\
 &= \frac{5449,408 + 4195,056 + 4155,276}{3} \\
 &= 4599,913 \text{ kg/cm}^2.
 \end{aligned}$$

Jadi tegangan leleh bajanya adalah :

$$\begin{aligned}
 \sigma_l &= 0,66 \cdot f_y \\
 &= 0,66 \cdot 4599,913 \\
 &= 3035,9425 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 303,59 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Dan tegangan dasar (σ) nya adalah :

$$\begin{aligned}
 \sigma &= \sigma_l : 1,5 \\
 &= 3035,9425 : 1,5 \\
 &= 2023,962 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 202,3962 \text{ Mpa.}
 \end{aligned}$$

Tabel 5.3. Harga tegangan dasar

Macam baja	Tegangan leleh		Tegangan dasar	
	σ_l		σ	
	Kg/cm ²	MPa	Kg/cm ²	MPa
Bj 34	2100	210	1400	140
Bj 37	2400	240	1600	160
Bj 41	2500	250	1666	166,6
Bj 44	2800	280	1867	186,7
Bj 50	2900	290	1933	193,3
Bj 52	3600	360	2400	240

Dari hasil pengujian kuat tarik baja didapatkan hasil bahwa tegangan leleh dan tegangan dasar rata-rata dari ketiga sampel yaitu sampel Q_1 , Q_2 , Q_3 , maka sampel tersebut termasuk baja Bj 50.

Karena bajanya termasuk baja Bj 50, maka tegangan dasar (σ)nya adalah 1933 kg/cm², sedangkan tegangan geser (τ)nya adalah $0,58 \cdot \sigma = 0,58 \cdot 1933 = 1121,14$ kg/cm².

5.1.2. Hasil pengujian sambungan las

Untuk mengetahui mutu dari sambungan las, maka perlu adanya pengujian kekuatan las, yaitu kuat ultimit las yang digunakan pada pengelasan profil.

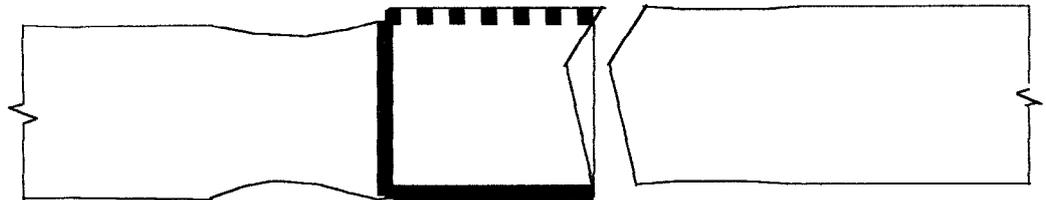
5.1.2.1. Sampel A

Pada pengujian ini sampel yang akan diuji merupakan sampel sambungan las dengan posisi pengelasan seperti Gambar 5.3, dan dilakukan pengukuran-pengukuran dimensinya, yang data-datanya dapat dilihat pada Tabel 5.4.

Tabel 5.4. Dimensi sampel A

	Sampel A ₁	Sampel A ₂	Sampel A ₃
Panjang plat (L_1)	50	50,4	50,4
Panjang plat setelah diuji (L_2)	52	52,5	54,2
Pertambahan panjang plat (ΔL)	2,0	2,1	4,0
Lebar plat	4,7 ; 4,7	4,7 ; 4,7	4,7 ; 4,7
Tebal plat	0,575 ; 0,575	0,575 ; 0,575	0,575 ; 0,575
Tebal plat gabung	1,17	1,17	1,17
Lebar plat gabung	5,25	5,25	5,25
Panjang las	// gaya = 5 ⊥ gaya = 5	// gaya = 5 ⊥ gaya = 5	// gaya = 5 ⊥ gaya = 5
Tebal las	0,5	0,5	0,5
Elektroda las	E6013	E6013	E6013

Kondisi sampel A setelah dilakukan pengujian kuat tarik las dapat dilihat pada Gambar 5.3



Gambar 5.3. Kondisi sampel A setelah pengujian

Dari pengujian sampel ini didapatkan hasil seperti dapat dilihat pada Tabel 5.5.

Tabel 5.5. Hasil pengujian sampel *A*

	Benda uji I (A_1)	Benda uji II (A_2)	Benda uji III (A_3)
Tegangan leleh	8150	8350	8150
Tegangan maks	10525	10925	10025
Tegangan patah	3000	4000	4500

Gambar diagram tegangan dan regangan dari hasil pengujian kuat tarik las masing-masing benda uji *A* dapat dilihat pada Gambar 5.19.

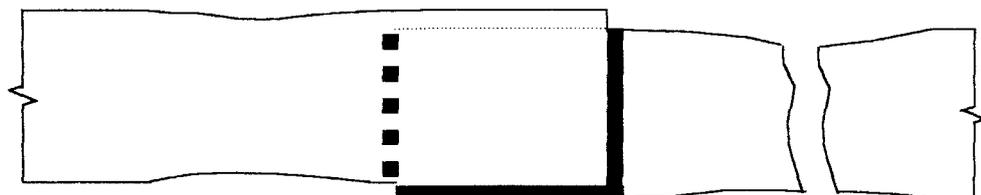
5.1.2.2. Sampel *B*

Pada pengujian ini sampel yang akan diuji merupakan sampel sambungan las dengan posisi pengelasan seperti Gambar 5.4. Dimana telah dilakukan pengukuran-pengukuran dimensi dari benda uji ini, yang data-datanya dapat dilihat pada Tabel 5.6.

Tabel 5.6. Dimensi sampel *B*

	Sampel B_1	Sampel B_2	Sampel B_3
Panjang plat (L_1)	49,8	49,9	50,2
Panjang plat setelah diuji (L_2)	55,9	55,6	57
Pertambahan panjang plat (ΔL)	6,1	5,7	6,8
Lebar plat	4,7 ; 4,7	4,7 ; 4,7	4,8 ; 4,8
Tebal plat	0,575 ; 0,58	0,575 ; 0,58	0,58 ; 0,59
Tebal plat gabung	1,17	1,17	1,2
Lebar plat gabung	5,25	5,25	5,3
Panjang las	// gaya = 5 ⊥ gaya = 5	// gaya = 5 ⊥ gaya = 5	// gaya = 5 ⊥ gaya = 5
Tebal las	0,5	0,5	0,5
Elektroda las	E6013	E6013	E6013

Kondisi sampel *B* setelah dilakukan pengujian kuat tarik las dapat dilihat pada Gambar 5.4.



Gambar 5.4. Kondisi sampel *B* setelah pengujian

Dari pengujian sampel ini didapatkan hasil seperti dapat dilihat pada Tabel 5.7

Tabel 5.7. Hasil pengujian sampel *B*

	Benda uji I (B_1)	Benda uji II (B_2)	Benda uji III (B_3)
Tegangan leleh	7850	8250	8100
Tegangan maks	12200	12200	9925
Tegangan patah	11500	11500	4500

Gambar diagram tegangan dan regangan hasil pengujian kuat tarik las masing-masing benda uji *B* dapat dilihat pada Gambar 5.20.

5.1.2.3. Sampel *C*

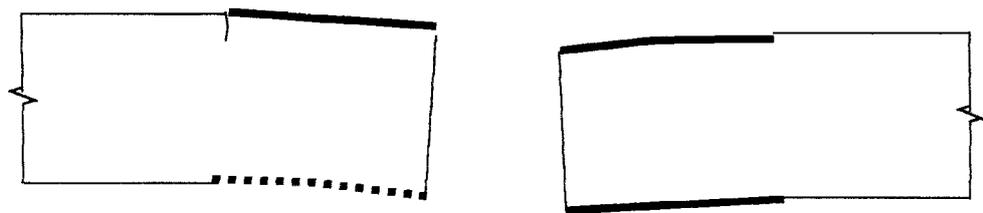
Pada pengujian ini sampel yang akan diuji merupakan sampel sambungan las dengan posisi pengelasan seperti Gambar 5.5. Dimana telah dilakukan

pengukuran-pengukuran dimensi dari benda uji ini, yang data-datanya dapat dilihat pada Tabel 5.8.

Tabel 5.8. Dimensi sampel C'

	Sampel C ₁	Sampel C ₂	Sampel C ₃
Panjang plat (L_1)	50,2	50,2	50,5
Panjang plat setelah diuji (L_2)	52,3	51,6	51,8
Pertambahan panjang plat (ΔL)	2,1	1,4	1,3
Lebar plat	4,8 ; 4,75	4,8 ; 4,7	4,8 ; 4,75
Tebal plat	0,575 ; 0,595	0,585 ; 0,575	0,575 ; 0,595
Tebal plat gabung	1,165	1,16	1,165
Lebar plat gabung	5,32	5,32	5,32
Panjang las	// gaya = 5	// gaya = 5	// gaya = 5
Tebal las	0,5	0,5	0,5
Elektroda las	E6013	E6013	E6013

Kondisi sampel C' setelah dilakukan pengujian kuat tarik las dapat dilihat pada Gambar 5.5.



Gambar 5.5. kondisi sampel C' setelah pengujian

Dari pengujian sampel ini didapatkan hasil seperti dapat dilihat pada Tabel 5.9.

Tabel 5.9. Hasil pengujian sampel C

	Benda uji I (C_1)	Benda uji II (C_2)	Benda uji III (C_3)
Tegangan leleh	8400	8150	8250
Tegangan maks	13100	10075	12275
Tegangan patah	12500	6000	10500

Gambar diagram tegangan dan regangan dari hasil pengujian kuat tarik las masing-masing benda uji C, dapat dilihat pada Gambar 5.21.

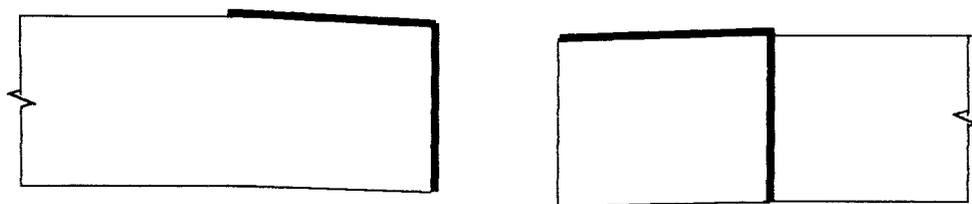
5.1.2.4. Sampel D

Pada pengujian ini sampel yang akan diuji merupakan sampel sambungan las dengan posisi pengelasan seperti Gambar 5.6. Dimana telah dilakukan pengukuran-pengukuran dimensi dari benda uji ini, yang data-datanya dapat dilihat pada Tabel 5.10.

Tabel 5.10. Dimensi sampel *D*

	Sampel D_1	Sampel D_2	Sampel D_3
Panjang plat (L_1)	44,7	44,8	44,7
Panjang plat setelah diuji (L_2)	45,1	45,3	45,5
Pertambahan panjang plat (ΔL)	0,4	0,5	0,8
Lebar plat	4,875 ; 4,9	4,865 ; 4,9	4,905 ; 4,85
Tebal plat	0,625 ; 0,615	0,565 ; 0,57	0,625 ; 0,635
Tebal plat gabung	1,265	1,145	1,325
Lebar plat gabung	5,49	5,485	5,515
Panjang las	// gaya = 4,2 ⊥ gaya = 5,2	// gaya = 4,2 ⊥ gaya = 5	// gaya = 4 ⊥ gaya = 5
Tebal las	0,5	0,5	0,5
Elektroda las	E6013	E6013	E6013

Kondisi sampel *D* setelah dilakukan pengujian kuat tarik las dapat dilihat pada Gambar 5.6.

**Gambar 5.6.** Kondisi sampel *D* setelah pengujian

Dari pengujian sampel ini didapatkan hasil seperti dapat dilihat pada Tabel 5.11.

Tabel 5.11. Hasil pengujian sampel *D*

	Benda uji I (D_1)	Benda uji II (D_2)	Benda uji III (D_3)
Tegangan leleh	8400	8075	9900
Tegangan maks	7975	8325	10350
Tegangan patah	2500	1900	3200

Gambar diagram tegangan dan regangan dari hasil pengujian kuat tarik las masing-masing benda uji *D*, dapat dilihat pada Gambar 5.22.

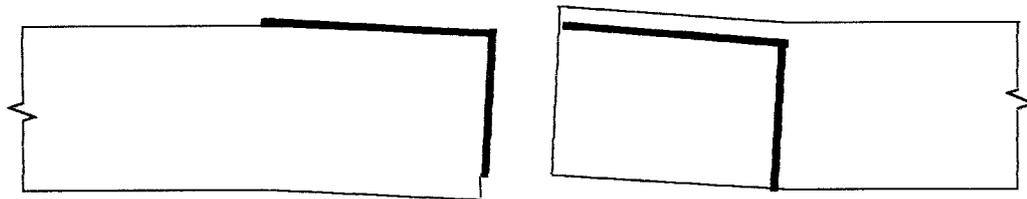
5.1.2.5. Sampel *F*

Pada pengujian ini sampel yang akan diuji merupakan sampel sambungan las dengan posisi pengelasan seperti Gambar 5.7. Dimana telah dilakukan pengukuran-pengukuran dimensi dari benda uji ini, yang data-datanya dapat dilihat pada Tabel 5.12.

Tabel 5.12. Dimensi sampel *F*

	Sampel F_1	Sampel F_2	Sampel F_3
Panjang plat (L_1)	47,4	47,4	47,6
Panjang plat setelah diuji (L_2)	48,4	50,3	48,9
Pertambahan panjang plat (ΔL)	1,0	2,9	1,3
Lebar plat	4,895 ; 4,98	4,83 ; 4,93	4,92 ; 4,88
Tebal plat	0,64 ; 0,575	0,64 ; 0,575	0,64 ; 0,575
Tebal plat gabung	1,23	1,23	1,23
Lebar plat gabung	6,75	6,72	6,725
Panjang las	// gaya = 2,5 ⊥ gaya = 3	// gaya = 2,5 ⊥ gaya = 3	// gaya = 2,5 ⊥ gaya = 3
Tebal las	0,5	0,5	0,5
Elektroda las	E6013	E6013	E6013

Kondisi sampel F' setelah dilakukan pengujian kuat tarik las dapat dilihat pada pada Gambar 5.7.



Gambar 5.7. Kondisi sampel F' setelah pengujian

Dari pengujian sampel ini didapatkan hasil seperti dapat dilihat pada Tabel 5.13.

Tabel 5.13. Hasil pengujian sampel F'

	Benda uji I (F_1)	Benda uji II (F_2)	Benda uji III (F_3)
Tegangan leleh	8300	9125	9275
Tegangan maks	8825	9125	9500
Tegangan patah	500	6500	6750

Gambar diagram tegangan dan regangan dari hasil pengujian kuat tarik las masing-masing benda uji F' , dapat dilihat pada Gambar 5.23.

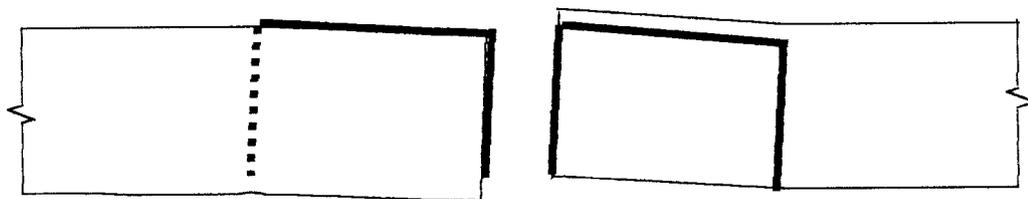
5.1.2.6. Sampel G

Pada pengujian ini sampel yang akan diuji merupakan sampel sambungan las dengan posisi pengelasan seperti Gambar 5.8. Dimana telah dilakukan pengukuran-pengukuran dimensi dari benda uji ini, yang data-datanya dapat dilihat pada Tabel 5.14.

Tabel 5.14. Dimensi sampel G

	Sampel G ₁	Sampel G ₂	Sampel G ₃
Panjang plat (L_1)	47,4	47,4	47,4
Panjang plat setelah diuji (L_2)	50,5	48,7	48,2
Pertambahan panjang plat (ΔL)	3,1	1,3	0,8
Lebar plat	4,875 ; 4,925	4,875 ; 4,875	4,85 ; 4,88
Tebal plat	0,63 ; 0,63	0,6225 ; 0,623	0,625 ; 0,57
Tebal plat gabung	1,29	1,245	1,22
Lebar plat gabung	6,575	6,5	6,575
Panjang las	// gaya = 2,5 ⊥ gaya = 3	// gaya = 2,5 ⊥ gaya = 3	// gaya = 2,5 ⊥ gaya = 3
Tebal las	0,5	0,5	0,5
Elektroda las	E6013	E6013	E6013

Setelah itu sampel tersebut ditempatkan di mesin uji untuk dilakukan pengujian tarik, seperti terlihat pada Gambar 5.8.



Gambar 5.8. Kondisi sampe G setelah pengujian

Dari pengujian sampel ini didapatkan hasil seperti dapat dilihat pada Tabel 5.15.

Tabel 5.15. Hasil pengujian sampel G

	Benda uji I (G_1)	Benda uji II (G_2)	Benda uji III (G_3)
Tegangan leleh	-	10500	-
Tegangan maks	12375	12425	8700
Tegangan patah	3000	2750	1750

Gambar diagram tegangan dan regangan dari hasil pengujian kuat tarik las masing-masing benda uji G , dapat dilihat pada Gambar 5.24.

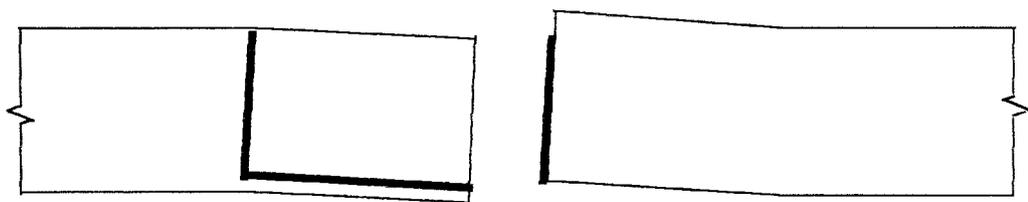
5.1.2.7. Sampel H

Pada pengujian ini sampel yang akan diuji merupakan sampel sambungan las dengan posisi pengelasan seperti Gambar 5.9. Dimana telah dilakukan pengukuran-pengukuran dimensi dari benda uji ini, yang data-datanya dapat dilihat pada Tabel 5.16.

Tabel 5.16. Dimensi sampel *H*

	Sampel H_1	Sampel H_2	Sampel H_3
Panjang plat (L_1)	47,3	47,5	47,6
Panjang plat setelah diuji (L_2)	47,8	47,8	48,1
Pertambahan panjang plat (ΔL)	0,5	0,3	0,5
Lebar plat	4,925 ; 4,915	4,905 ; 4,885	4,915 ; 4,94
Tebal plat	0,61 ; 0,645	0,625 ; 0,635	0,625 ; 0,64
Tebal plat gabung	1,245	1,27	1,22
Lebar plat gabung	6,625	6,6	6,79
Panjang las	// gaya = 2,5	// gaya = 2,5	// gaya = 2,5
Tebal las	0,5	0,5	0,5
Elektroda las	E6013	E6013	E6013

Kondisi sampel *H* setelah dilakukan pengujian kuat tarik las dapat dilihat pada Gambar 5.9.

**Gambar 5.9.** Kondisi sampel *H* setelah pengujian

Dari pengujian sampel ini didapatkan hasil seperti dapat dilihat pada Tabel 5.17.

Tabel 5.17. Hasil pengujian sampel H

	Benda uji I (H_1)	Benda uji II (H_2)	Benda uji III (H_3)
Tegangan leleh	-	-	-
Tegangan maks	6625	5550	5975
Tegangan patah	2250	2500	2750

Gambar diagram tegangan dan regangan dari hasil pengujian kuat tarik las masing-masing benda uji H , dapat dilihat pada Gambar 5.25.

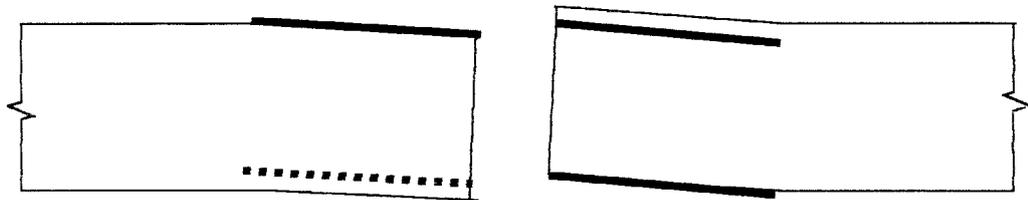
5.1.2.8. Sampel I

Pada pengujian ini sampel yang akan diuji merupakan sampel sambungan las dengan posisi pengelasan seperti Gambar 5.10. Dimana telah dilakukan pengukuran-pengukuran dimensi dari benda uji ini, yang data-datanya dapat dilihat pada Tabel 5.18.

Tabel 5.18. Dimensi sampel /

	Sampel I_1	Sampel I_2	Sampel I_3
Panjang plat (L_1)	47,5	47,4	47,2
Panjang plat setelah diuji (L_2)	47,8	47,7	47,5
Pertambahan panjang plat (ΔL)	0,3	0,3	0,3
Lebar plat	4,91 ; 4,88	4,905 ; 4,88	4,885 ; 4,875
Tebal plat	0,625 ; 0,625	0,59 ; 0,605	0,635 ; 0,645
Tebal plat gabung	1,31	1,225	1,20
Lebar plat gabung	6,55	6,66	6,645
Panjang las	// gaya = 2,5 ⊥ gaya = 3	// gaya = 2,6 ⊥ gaya = 3	// gaya = 2,6 ⊥ gaya = 3
Tebal las	0,5	0,5	0,5
Elektroda las	E6013	E6013	E6013

Kondisi sampel / setelah dilakukan pengujian kuat tarik las dapat dilihat pada Gambar 5.10.

**Gambar 5.10.** kondisi sampel / setelah pengujian

Dari pengujian sampel ini didapatkan hasil seperti dapat dilihat pada Tabel 5.19.

Tabel 5.19. Hasil pengujian sampel /

	Benda uji I (I_1)	Benda uji II (I_2)	Benda uji III (I_3)
Tegangan leleh	-	6175	6550
Tegangan maks	5850	6275	6575
Tegangan patah	1500	2500	2750

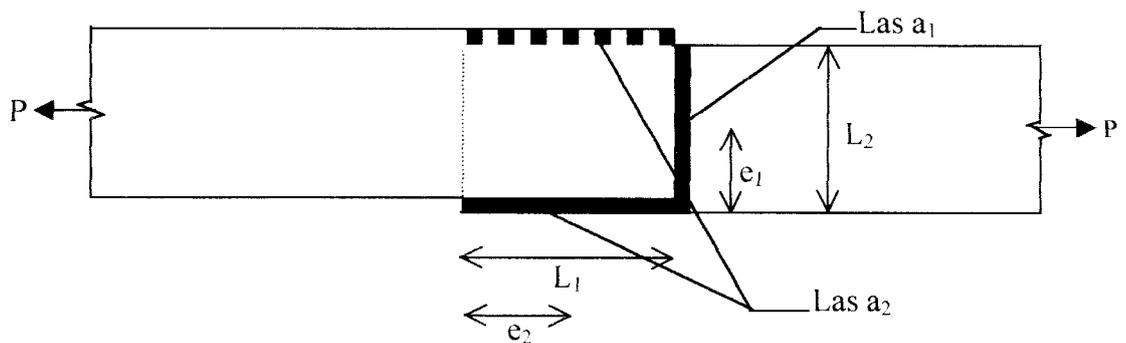
Gambar diagram tegangan dan regangan dari hasil pengujian kuat tarik las masing-masing benda uji / dapat dilihat pada Gambar 5.26.

Foto-foto uji laboratorium dapat dilihat pada lampiran.

5.1.3. Perhitungan kuat tarik las menurut hasil uji laboratorium.

Perhitungan kuat tarik las ini meliputi delapan sampel yaitu sampel *A, B, C, D, F, G, H* dan *I*.

5.1.3.1. Perhitungan kuat tarik las sampel *A*.

**Gambar 5.11.** Sampel *A*

1. Sampel A_1

$$L_1 = 5 \text{ cm}$$

$$L_2 = 4,7 \text{ cm}$$

$$e_1 = \frac{L_2}{2}$$

$$= \frac{4,7}{2}$$

$$= 2,35 \text{ cm}$$

$$e_2 = \frac{L_2}{2}$$

$$= \frac{5}{2}$$

$$= 2,5 \text{ cm}$$

$$P = 8150 \text{ kg}$$

$$\text{Eksentrisitas } e' = \frac{5,25}{2} - \frac{4,7}{2}$$

$$= 0,275 \text{ cm}$$

Gaya tarik P diurai atas P_1 yang dipikul las a_2 dan P_2 yang dipikul las a_1 .

Gaya tarik las a_2

$$P_1 = \frac{e_1}{L_2} \cdot P$$

$$= \frac{2,35}{4,7} \cdot 8150$$

$$= 4075 \text{ kg}$$

dipikul 2 buah las a_2 , jadi masing-masing memikul $= 0,5 \cdot 4075$

$$= 2037,5 \text{ kg}$$

Gaya tarik las a_1

$$P_2 = \frac{e_2}{L_1} \cdot P$$

$$= \frac{2,5}{5} \cdot 8150$$

$$= 4075 \text{ kg}$$

2. Sampel A_2

$$L_1 = 5 \text{ cm}$$

$$L_2 = 4,7 \text{ cm}$$

$$e_1 = \frac{L_2}{2}$$

$$= \frac{4,7}{2}$$

$$= 2,35 \text{ cm}$$

$$e_2 = \frac{L_1}{2}$$

$$= \frac{5}{2}$$

$$= 2,5 \text{ cm}$$

$$P = 8350 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Eksentrisitas } e' &= \frac{5,25}{2} - \frac{4,7}{2} \\ &= 0,275 \text{ cm} \end{aligned}$$

Gaya tarik P diurai atas P_1 yang dipikul las a_2 dan P_2 yang dipikul las a_1 .

Gaya tarik las a_2

$$\begin{aligned} P_1 &= \frac{e_1}{L_2} \cdot P \\ &= \frac{2,35}{4,7} \cdot 8350 \\ &= 4175 \text{ kg} \end{aligned}$$

Gaya tarik las a_2

$$\begin{aligned}
 P_1 &= \frac{e_1}{L_2} \cdot P \\
 &= \frac{2,35}{4,7} \cdot 8150 \\
 &= 4075 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

dipikul 2 buah las a_2 , jadi masing-masing memikul = $0,5 \cdot 4075$
 $= 2037,5 \text{ kg}$

Gaya tarik las a_1

$$\begin{aligned}
 P_2 &= \frac{e_2}{L_1} \cdot P \\
 &= \frac{2,5}{5} \cdot 8150 \\
 &= 4075 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Tabel 5.20. Hasil pengujian kuat tarik las sampel A (percobaan)

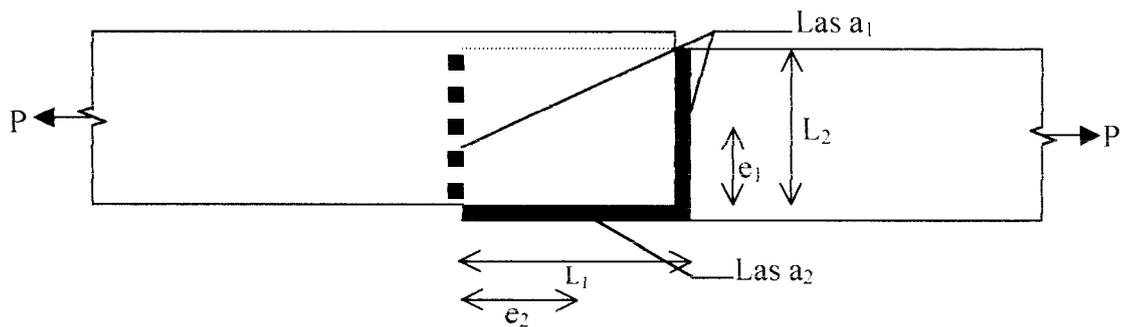
Sampel	L_1	L_2	e_1	e_2	P_1	P_2
A_1	5 cm	4,7 cm	2,35 cm	2,5 cm	4075 kg	4075 kg
A_2	5 cm	4,7 cm	2,35 cm	2,5 cm	4175 kg	4175 kg
A_3	5 cm	4,7 cm	2,35 cm	2,5 cm	4075 kg	4075 kg

Dari ketiga sampel tersebut didapatkan kekuatan tarik rata-rata dari sampel *A* yaitu :

$$\begin{aligned} P_1 \text{ rata-rata} &= \frac{P_{L11} + P_{L12} + P_{L13}}{3} \\ &= \frac{4075 + 4175 + 4075}{3} \\ &= 4108,3333 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_2 \text{ rata-rata} &= \frac{P_{211} + P_{212} + P_{213}}{3} \\ &= \frac{4075 + 4175 + 4075}{3} \\ &= 4108,3333 \text{ kg} \end{aligned}$$

5.1.3.2. Perhitungan kuat tarik las sampel *B*.



Gambar 5.12. Sampel *B*

Dengan memakai cara perhitungan yang sama dengan sampel *A*, didapatkan hasil pengujian tarik las sampel *B* yang dapat dilihat pada Tabel 5.21 berikut ini. Sedangkan cara perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 5.21. Hasil pengujian kuat tarik las sampel B (percobaan)

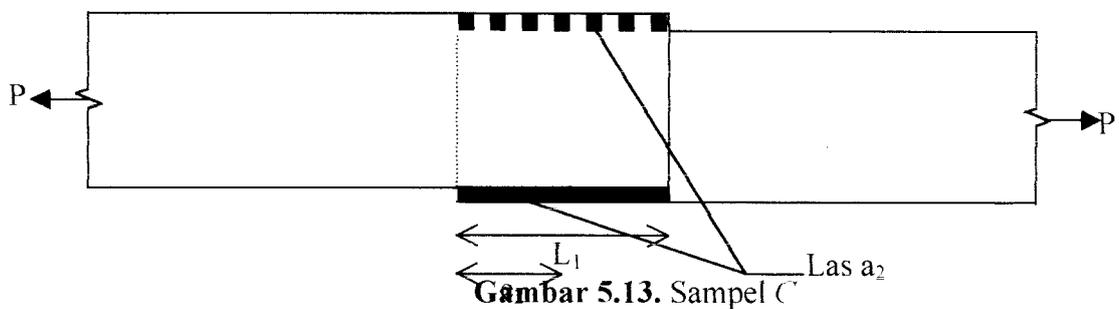
Sampel	L_1	L_2	e_1	e_2	P_1	P_2
B_1	5,5 cm	4,2 cm	2,1 cm	2,75 cm	3925 kg	3925 kg
B_2	5,5 cm	4,2 cm	2,1 cm	2,75 cm	4125 kg	4125 kg
B_3	5,5 cm	4,3 cm	2,15 cm	2,75 cm	4075 kg	4075 kg

Dari ketiga sampel tersebut didapatkan kekuatan tarik rata-rata dari sampel B yaitu :

$$\begin{aligned}
 P_{1 \text{ rata-rata}} &= \frac{P_{1B1} + P_{1B2} + P_{1B3}}{3} \\
 &= \frac{3925 + 4125 + 4075}{3} \\
 &= 4041,6667 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{2 \text{ rata-rata}} &= \frac{P_{2B1} + P_{2B2} + P_{2B3}}{3} \\
 &= \frac{3925 + 4125 + 4075}{3} \\
 &= 4041,6667 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

5.1.3.3. Perhitungan kuat tarik las sampel C.



Dengan memakai cara perhitungan yang sama dengan sampel *A*, didapatkan hasil pengujian tarik las sampel *C* yang dapat dilihat pada Tabel 5.22 berikut ini. Sedangkan cara perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 5.22. Hasil pengujian kuat tarik las sampel *C* (percobaan)

Sampel	L_1	L_2	e_1	e_2	P_1	P_2
C_1	5 cm	-	-	2,5 cm	4200 kg	-
C_2	5 cm	-	-	2,5 cm	4075 kg	-
C_3	5 cm	-	-	2,5 cm	4125 kg	-

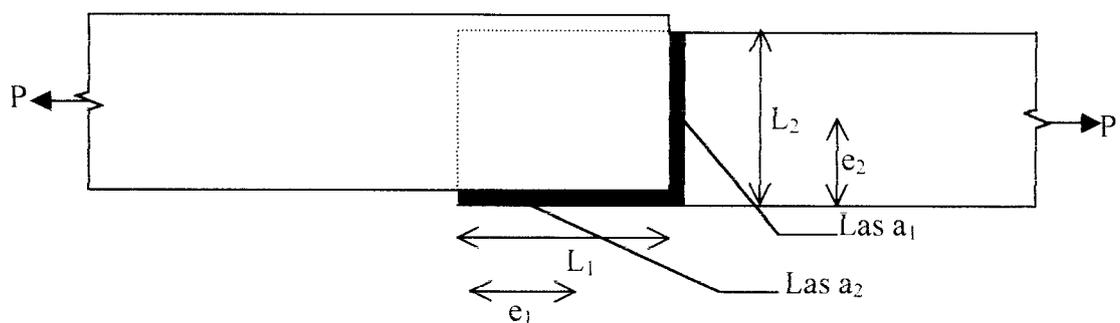
Dari ketiga sampel tersebut didapatkan kekuatan tarik rata-rata dari sampel *C*

yaitu

$$\begin{aligned}
 P_{1 \text{ rata-rata}} &= \frac{P_{1C1} + P_{1C2} + P_{1C3}}{3} \\
 &= \frac{4200 + 4075 + 4125}{3} \\
 &= 4133,3333 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{2 \text{ rata-rata}} &= \frac{P_{2A1} + P_{2A2} + P_{2A3}}{3} \\
 &= \quad + \quad + \\
 &\quad \quad \quad 3 \\
 &= \quad \quad \text{kg}
 \end{aligned}$$

5.1.3.4. Perhitungan kuat tarik las sampel *D*.



Gambar 5.14. Sampel *D*

Dengan memakai cara perhitungan yang sama dengan sampel *A*, didapatkan hasil pengujian tarik las sampel *D* yang dapat dilihat pada Tabel 5.23 berikut ini. Sedangkan cara perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 5.23. Hasil pengujian kuat tarik las sampel *D* (percobaan)

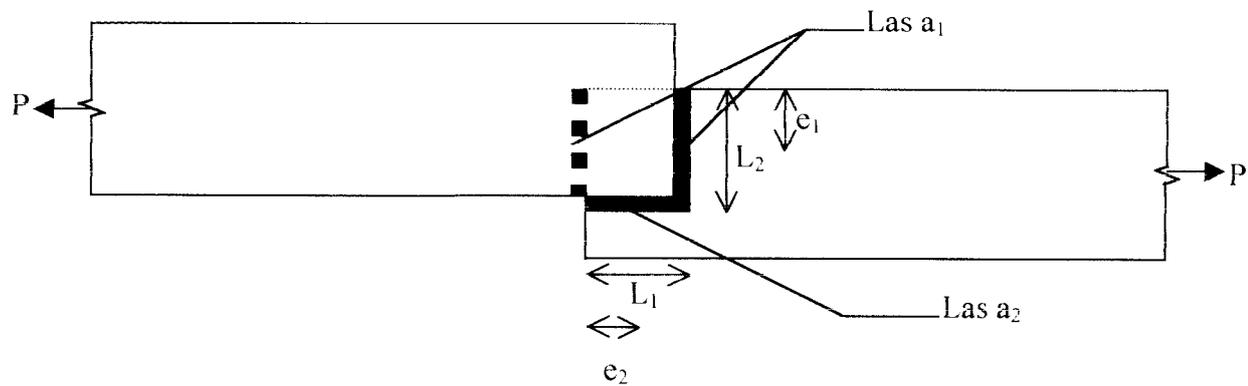
Sampel	L_1	L_2	e_1	e_2	P_1	P_2
D_1	5 cm	5,375 cm	2,6875 cm	2,5 cm	4200 kg	4200 kg
D_2	5 cm	5,365 cm	2,6825 cm	2,5 cm	4037,5 kg	4037,5 kg
D_3	5 cm	5,405 cm	2,7025 cm	2,5 cm	4950 kg	4950 kg

Dari ketiga sampel tersebut didapatkan kekuatan tarik rata-rata dari sampel *D* yaitu :

$$\begin{aligned}
 P_{1 \text{ rata-rata}} &= \frac{P_{1D1} + P_{1D2} + P_{1D3}}{3} \\
 &= \frac{4200 + 4037,5 + 4950}{3} \\
 &= 4395,8333 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{2 \text{ rata-rata}} &= \frac{P_{2D1} + P_{2D2} + P_{2D3}}{3} \\
 &= \frac{4200 + 4037,5 + 4950}{3} \\
 &= 4395,8333 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

5.1.3.5. Perhitungan kuat tarik las sampel F .



Gambar 5.15. Sampel F

Dengan memakai cara perhitungan yang sama dengan sampel A , didapatkan hasil pengujian tarik las sampel F yang dapat dilihat pada Tabel 5.24 berikut ini. Sedangkan cara perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 5.24. Hasil pengujian kuat tarik las sampel F (percobaan)

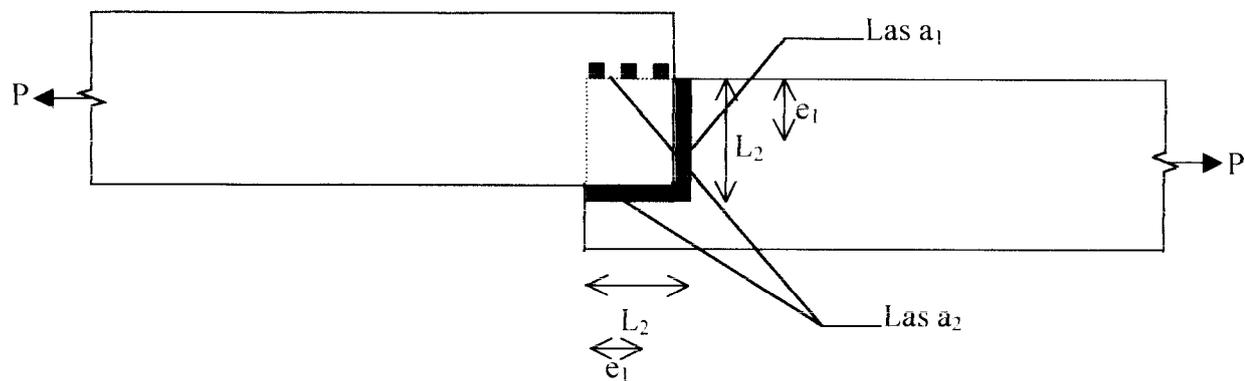
Sampel	L_1	L_2	e_1	e_2	P_1	P_2
F_1	3 cm	3 cm	1,5 cm	1,5 cm	4150 kg	4150 kg
F_2	3 cm	3 cm	1,5 cm	1,5 cm	4562,5 kg	4562,5 kg
F_3	3 cm	3 cm	1,5 cm	1,5 cm	4637,5 kg	4637,5 kg

Dari ketiga sampel tersebut didapatkan kekuatan tarik rata-rata dari sampel F yaitu :

$$\begin{aligned}
 P_1 \text{ rata-rata} &= \frac{P_{IF1} + P_{IF2} + P_{IF3}}{3} \\
 &= \frac{4150 + 4562,5 + 4637,5}{3} \\
 &= 4450 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{2 \text{ rata-rata}} &= \frac{P_{2F1} + P_{2F2} + P_{2F3}}{3} \\
 &= \frac{4150 + 4562,5 + 4637,5}{3} \\
 &= 4450 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

5.1.3.6. Perhitungan kuat tarik las sampel G.



Gambar 5.16. Sampel G

Dengan memakai cara perhitungan yang sama dengan sampel A, didapatkan hasil pengujian tarik las sampel G yang dapat dilihat pada Tabel 5.25 berikut ini. Sedangkan cara perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 5.25. Hasil pengujian kuat tarik las sampel G (percobaan)

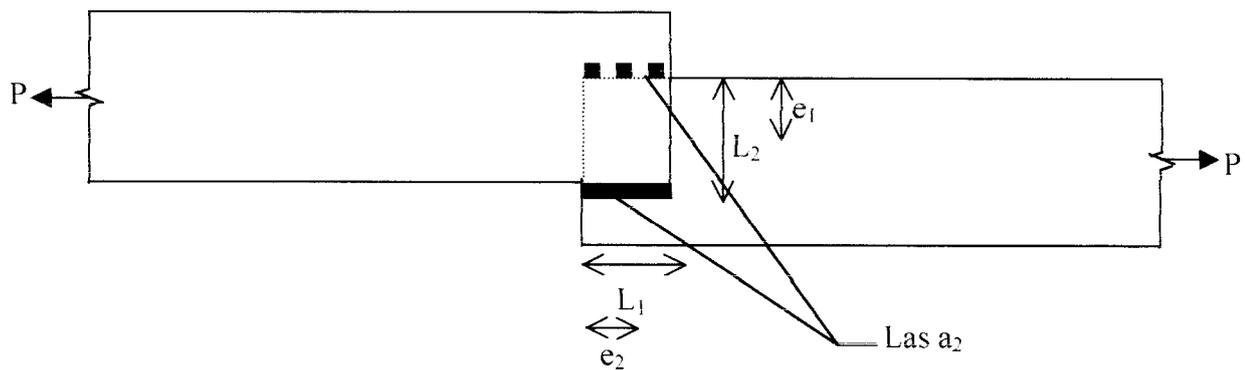
Sampel	L_1	L_2	e_1	e_2	P_1	P_2
G_1	2,5 cm	3,5 cm	1,75 cm	1,25 cm	- kg	- kg
G_2	2,5 cm	3,5 cm	1,75 cm	1,25 cm	5250 kg	5250 kg
G_3	2,5 cm	3,5 cm	1,75 cm	1,25 cm	- kg	- kg

Dari ketiga sampel tersebut didapatkan kekuatan tarik rata-rata dari sampel G yaitu :

$$\begin{aligned}
 P_1 \text{ rata-rata} &= \frac{P_{1G1} + P_{1G2} + P_{1G3}}{3} \\
 &= \frac{\quad + 5250 + \quad}{3} \\
 &= 1483,3333 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_2 \text{ rata-rata} &= \frac{P_{2G1} + P_{2G2} + P_{2G3}}{3} \\
 &= \frac{\quad + 5250 + \quad}{3} \\
 &= 1483,3333 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

5.1.3.7. Perhitungan kuat tarik las sampel H .



Gambar 5.17. Sampel H

Dengan memakai cara perhitungan yang sama dengan sampel A , didapatkan hasil pengujian tarik las sampel H yang dapat dilihat pada Tabel 5.26 berikut ini. Sedangkan cara perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 5.26. Hasil pengujian kuat tarik las sampel *H* (percobaan)

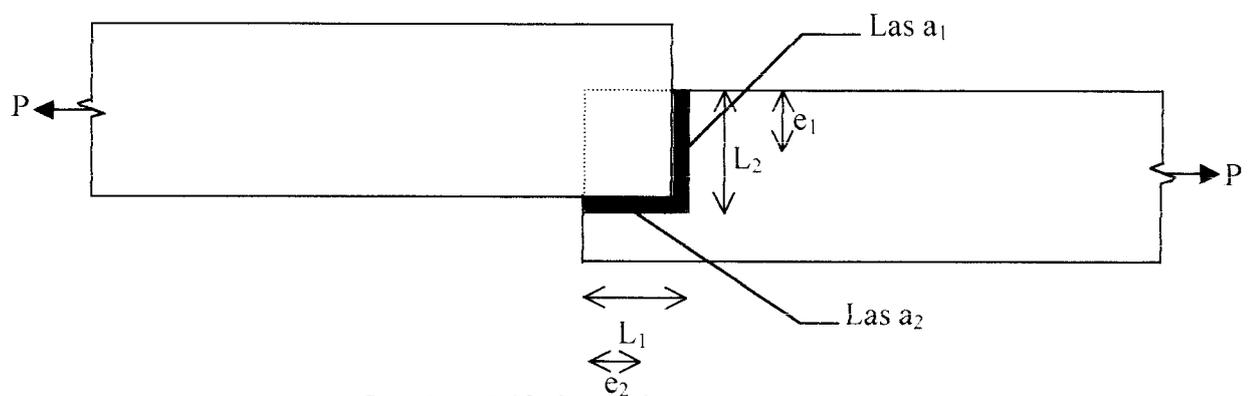
Sampel	L_1	L_2	e_1	E_2	P_1	P_2
H_1	2,5 cm	-	-	1,25 cm	- kg	- kg
H_2	2,5 cm	-	-	1,25 cm	- kg	- kg
H_3	2,5 cm	-	-	1,25 cm	- kg	- kg

Dari ketiga sampel tersebut didapatkan kekuatan tarik rata-rata dari sampel *H* yaitu :

$$\begin{aligned}
 P_{1 \text{ rata-rata}} &= \frac{P_{1H1} + P_{1H2} + P_{1H3}}{3} \\
 &= \frac{\quad + \quad}{3} \\
 &= \quad \text{kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{2 \text{ rata-rata}} &= \frac{P_{2G1} + P_{2G2} + P_{2G3}}{3} \\
 &= \frac{\quad + \quad}{3} \\
 &= \quad \text{kg}
 \end{aligned}$$

5.1.3.8. Perhitungan kuat tarik las sampel *I*.

**Gambar 5.18.** Sampel *I*

Dengan memakai cara perhitungan yang sama dengan sampel A, didapatkan hasil pengujian tarik las sampel I yang dapat dilihat pada Tabel 5.27 berikut ini. Sedangkan cara perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 5.27. Hasil pengujian kuat tarik las sampel I (percobaan)

Sampel	L_1	L_2	e_1	e_2	P_1	P_2
I_1	2,5 cm	3,5 cm	1,75 cm	1,25 cm	- kg	- kg
I_2	2,6 cm	3,5 cm	1,75 cm	1,3 cm	3087,5 kg	3087,5 kg
I_3	2,6 cm	3,5 cm	1,75 cm	1,3 cm	3275 kg	3275 kg

Dari ketiga sampel tersebut didapatkan kekuatan tarik rata-rata dari sampel I yaitu :

$$\begin{aligned}
 P_{1 \text{ rata-rata}} &= \frac{P_{111} + P_{112} + P_{113}}{3} \\
 &= \frac{\quad + 3087,5 + 3275}{3} \\
 &= 2120,83333 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{2 \text{ rata-rata}} &= \frac{P_{211} + P_{212} + P_{213}}{3} \\
 &= \frac{\quad + 3087,5 + 3275}{3} \\
 &= 2120,83333 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

5.1.4. Perhitungan kuat tarik las berdasarkan teori

Rumus-rumus yang digunakan.

1. Luas bidang las yang bekerja

$$- F = a \cdot l$$

a = tebal plat

l = panjang plat

$$- a = D \cdot \cos 45^0$$

D = kaki las

$$- l_{netto} = l_{brutto} - 3a$$

2. Kekuatan tarik las

$$- P = \tau \cdot F$$

τ = tegangan geser

$$- \tau = 0,58 \cdot \sigma$$

σ = tegangan dasar

$$- P = 0,58 \cdot \sigma \cdot F.$$

Hasil perhitungan kuat tarik las berdasarkan teori dari delapan sampel yaitu sampel *A, B, C, D, F, G, H* dan *I* adalah sebagai berikut ini.

5.1.4.1 Perhitungan kuat tarik las sampel *A*

$$\sigma = 1933 \text{ kg/cm}^2$$

$$a = D \cdot \cos 45^0$$

$$= 0,5 \cdot \frac{1}{2}\sqrt{2}$$

$$= 0,3536 \text{ cm}$$

$$l_{1 \text{ netto}} = l_{brutto} - 3a$$

$$= 5 - 3 \cdot 0,3536$$

$$= 3,9392 \text{ cm}$$

$$F_1 = 2 \cdot a \cdot l_1$$

$$= 2 \cdot 0,3536 \cdot 3,9392$$

$$= 2,786 \text{ cm}^2$$

$$P_1 = 0,58 \cdot \sigma \cdot F_1$$

$$= 0,58 \cdot 1933 \cdot 2,786$$

$$= 3123,496 \text{ kg}$$

$$l_{2\text{netto}} = l_{\text{brutto}} - 3a$$

$$= 4,7 - 3 \cdot 0,3536$$

$$= 3,6392 \text{ cm}$$

$$F_2 = a \cdot l_2$$

$$= 0,3536 \cdot 3,6392$$

$$= 1,2868 \text{ cm}^2$$

$$P_2 = 0,58 \cdot \sigma \cdot F_2$$

$$= 0,58 \cdot 1933 \cdot 1,2868$$

$$= 1442,6829 \text{ kg}$$

Tabel 5.28. Hasil pengujian kuat tarik las sampel *A* (teori)

Sampel	$l_{1\text{netto}}$	$l_{2\text{netto}}$	F_1	F_2	P_1	P_2
<i>A</i>	3,9392 cm	3,6392 cm	2,786 cm ²	1,2868 cm ²	3123,496 kg	1442,6829 kg

5.1.4.2. Perhitungan kuat tarik las sampel *B*

Dengan memakai cara perhitungan yang sama dengan sampel *A*, didapatkan hasil pengujian tarik las sampel *B* yang dapat dilihat pada Tabel 5.29 berikut ini. Sedangkan cara perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 5.29. Hasil pengujian kuat tarik las sampel *B* (teori)

Sampel	l_{1netto}	l_{2netto}	F_1	F_2	P_1	P_2
<i>B</i>	4,4392 cm	3,1392 cm	1,5697 cm ²	2,2 cm ²	1759,8534 kg	2488,9308 kg

5.1.4.3. Perhitungan kuat tarik las sampel *C*

Dengan memakai cara perhitungan yang sama dengan sampel *A*, didapatkan hasil pengujian tarik las sampel *C* yang dapat dilihat pada Tabel 5.30 berikut ini. Sedangkan cara perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 5.30. Hasil pengujian kuat tarik las sampel *C* (teori)

Sampel	l_{1netto}	l_{2netto}	F_1	F_2	P_1	P_2
<i>C</i>	3,9392 cm	- cm	2,786 cm ²	- cm ²	3125,496 kg	- kg

5.1.4.4. Perhitungan kuat tarik las sampel *D*

Dengan memakai cara perhitungan yang sama dengan sampel *A*, didapatkan hasil pengujian tarik las sampel *D* yang dapat dilihat pada Tabel 5.31 berikut ini. Sedangkan cara perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 5.31. Hasil pengujian kuat tarik las sampel *D* (teori)

Sampel	l_{1netto}	l_{2netto}	F_1	F_2	P_1	P_2
<i>D</i>	3,9392 cm	4,3142 cm	1,3929 cm ²	1,5255 cm ²	1561,6359 kg	1710,299 kg

5.1.4.5. Perhitungan kuat tarik las sampel *F*

Dengan memakai cara perhitungan yang sama dengan sampel *A*, didapatkan hasil pengujian tarik las sampel *F* yang dapat dilihat pada Tabel 5.32 berikut ini. Sedangkan cara perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 5.32. Hasil pengujian kuat tarik las sampel *F* (teori)

Sampel	l_{1netto}	l_{2netto}	F_1	F_2	P_1	P_2
<i>F</i>	1,9392 cm	1,9392 cm	0,6857 cm ²	1,3714 cm ²	768,76657 kg	1537,5317 kg

5.1.4.6. Perhitungan kuat tarik las sampel *G*

Dengan memakai cara perhitungan yang sama dengan sampel *A*, didapatkan hasil pengujian tarik las sampel *G* yang dapat dilihat pada Tabel 5.33 berikut ini. Sedangkan cara perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 5.33. Hasil pengujian kuat tarik las sampel *G* (teori)

Sampel	l_{1netto}	l_{2netto}	F_1	F_2	P_1	P_2
<i>G</i>	1,4392 cm	2,4392 cm	1,0178 cm ²	0,8625 cm ²	1141,0962 kg	966,9833 kg

5.1.4.7. Perhitungan kuat tarik las sampel *H*

Dengan memakai cara perhitungan yang sama dengan sampel *A*, didapatkan hasil pengujian tarik las sampel *H* yang dapat dilihat pada Tabel 5.34 berikut ini. Sedangkan cara perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 5.34. Hasil pengujian kuat tarik las sampel *H* (teori)

Sampel	l_{netto}	l_{2netto}	F_1	F_2	P_1	P_2
<i>H</i>	1,4392 cm	- cm	1,0178 cm ²	- cm ²	1141,0962 kg	- kg

5.1.4.8. Perhitungan kuat tarik las sampel *I*

Dengan memakai cara perhitungan yang sama dengan sampel *A*, didapatkan hasil pengujian tarik las sampel *I* yang dapat dilihat pada Tabel 5.35 berikut ini. Sedangkan cara perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 5.35. Hasil pengujian kuat tarik las sampel *I* (teori)

Sampel	l_{netto}	l_{2netto}	F_1	F_2	P_1	P_2
<i>I</i>	1,4392 cm	2,4392 cm	0,5089 cm ²	0,8625 cm ²	570,5481 kg	966,98325 kg

5.1.5. Perbandingan kuat tarik las berdasar hasil di laboratorium dan hasil perhitungan teori.

Perhitungan kuat tarik las berdasarkan teori, dan perhitungan kuat tarik las berdasarkan perhitungan data-data yang didapatkan di laboratorium, hasilnya kita bandingkan.

5.1.5.1. Sampel *A*

Berdasarkan perhitungan percobaan di laboratorium, didapatkan hasil bahwa kuat tarik lasnya adalah.

$$P_1 = 4108,3333 \text{ kg}$$

$$P_2 = 4108,3333 \text{ kg}$$

Sedangkan berdasarkan perhitungan teori, didapatkan hasil bahwa kuat tarik lasnya adalah.

$$P_1 = 3123,496 \text{ kg}$$

$$P_2 = 1442,6829 \text{ kg}$$

Dari kedua hasil tersebut kemudian dibandingkan dan ternyata dapat dilihat bahwa kekuatan tarik las berdasar perhitungan hasil percobaan di laboratorium lebih besar daripada kekuatan tarik las berdasarkan hasil perhitungan teori.

5.1.5.2. Sampel B

Berdasarkan perhitungan percobaan di laboratorium, didapatkan hasil bahwa kuat tarik lasnya adalah.

$$P_1 = 4041,6667 \text{ kg}$$

$$P_2 = 4041,6667 \text{ kg}$$

Sedangkan berdasarkan perhitungan teori, didapatkan hasil bahwa kuat tarik lasnya adalah.

$$P_1 = 1759,8534 \text{ kg}$$

$$P_2 = 2488,9308 \text{ kg}$$

Dari kedua hasil tersebut kemudian dibandingkan dan ternyata dapat dilihat bahwa kekuatan tarik las berdasar perhitungan hasil percobaan di laboratorium lebih besar daripada kekuatan tarik las berdasarkan hasil perhitungan teori.

5.1.5.3. Sampel C

Berdasarkan perhitungan percobaan di laboratorium, didapatkan hasil bahwa kuat tarik lasnya adalah.

$$P_1 = 4133,333 \text{ kg}$$

$$P_2 = \quad \text{kg}$$

Sedangkan berdasarkan perhitungan teori, didapatkan hasil bahwa kuat tarik lasnya adalah.

$$P_1 = 3125,496 \text{ kg}$$

$$P_2 = \quad \text{kg}$$

Dari kedua hasil tersebut kemudian dibandingkan dan ternyata dapat dilihat bahwa kekuatan tarik las berdasar perhitungan hasil percobaan di laboratorium lebih besar daripada kekuatan tarik las berdasarkan hasil perhitungan teori.

5.1.5.4. Sampel D

Berdasarkan perhitungan percobaan di laboratorium, didapatkan hasil bahwa kuat tarik lasnya adalah.

$$P_1 = 4395,8333 \text{ kg}$$

$$P_2 = 4395,8333 \text{ kg}$$

Sedangkan berdasarkan perhitungan teori, didapatkan hasil bahwa kuat tarik lasnya adalah.

$$P_1 = 1561,6359 \text{ kg}$$

$$P_2 = 1710,299 \text{ kg}$$

Dari kedua hasil tersebut kemudian dibandingkan dan ternyata dapat dilihat bahwa kekuatan tarik las berdasar perhitungan hasil percobaan di laboratorium lebih besar daripada kekuatan tarik las berdasarkan hasil perhitungan teori.

5.1.5.5. Sampel F

Berdasarkan perhitungan percobaan di laboratorium, didapatkan hasil bahwa kuat tarik lasnya adalah.

$$P_1 = 4450 \text{ kg}$$

$$P_2 = 4450 \text{ kg}$$

Sedangkan berdasarkan perhitungan teori, didapatkan hasil bahwa kuat tarik lasnya adalah.

$$P_1 = 768,76657 \text{ kg}$$

$$P_2 = 1537,5313 \text{ kg}$$

Dari kedua hasil tersebut kemudian dibandingkan dan ternyata dapat dilihat bahwa kekuatan tarik las berdasar perhitungan hasil percobaan di laboratorium lebih besar daripada kekuatan tarik las berdasarkan hasil perhitungan teori.

5.1.5.6. Sampel G

Berdasarkan perhitungan percobaan di laboratorium, didapatkan hasil bahwa kuat tarik lasnya adalah.

$$P_1 = 1483,3333 \text{ kg}$$

$$P_2 = 1483,3333 \text{ kg}$$

Sedangkan berdasarkan perhitungan teori, didapatkan hasil bahwa kuat tarik lasnya adalah.

$$P_1 = 1141,6962 \text{ kg}$$

$$P_2 = 966,9833 \text{ kg}$$

Dari kedua hasil tersebut kemudian dibandingkan dan ternyata dapat dilihat bahwa kekuatan tarik las berdasar perhitungan hasil percobaan di laboratorium lebih besar daripada kekuatan tarik las berdasarkan hasil perhitungan teori.

5.1.5.7. Sampel H

Berdasarkan perhitungan percobaan di laboratorium, didapatkan hasil bahwa kuat tarik lasnya adalah.

$$P_1 = \quad \text{kg}$$

$$P_2 = \quad \text{kg}$$

Sedangkan berdasarkan perhitungan teori, didapatkan hasil bahwa kuat tarik lasnya adalah.

$$P_1 = 1141,0962 \text{ kg}$$

$$P_2 = \quad \text{kg}$$

Dari kedua hasil tersebut kemudian dibandingkan dan ternyata dapat dilihat bahwa kekuatan tarik las berdasar perhitungan hasil percobaan di laboratorium tidak terbaca, sedangkan kekuatan tarik las berdasarkan hasil perhitungan teori adalah 1141,0962 kg.

Tabel 5.36 Perbandingan kuat tarik las teori dan laboratorium

Benda uji	Laboratorium	Teori	Selisih kekuatan	Keterangan	
			Kg/cm ²		
A	P ₁	4108,333	3123,496	948,837	Patah pada plat
	P ₂	4108,333	1442,6829	2665,5438	
B	P ₁	4041,6667	1759,8534	2281,8133	Patah pada plat
	P ₂	4041,6667	2488,9308	1552,7359	
C	P ₁	4133,3333	3125,496	1007,8373	Las lepas atau rusak
	P ₂	-	-	-	
D	P ₁	4395,8333	1561,6359	2834,1974	Las lepas atau rusak
	P ₂	4395,8333	1710,229	2685,6043	
F	P ₁	4450	768,76657	3681,2335	Las lepas
	P ₂	4450	1537,5317	2912,4683	
G	P ₁	1483,3333	1141,0962	342,2371	Las lepas
	P ₂	1483,3333	966,9833	516,35	
H	P ₁	-	1141,0962	-	Las lepas
	P ₂	-	-	-	
I	P ₁	2120,8333	570,5481	1549,4519	Laslepas
	P ₂	2120,8333	966,98325	1153,8501	

Kerusakan yang terjadi pada benda uji A dan B yaitu plat mengalami patah dan las relatif tidak rusak. Benda uji B lebih kuat menahan beban yang bekerja berdasarkan pada grafik yang tercatat, karena gaya tarik yang bekerja lebih banyak ditahan oleh las yang tegak lurus gaya.

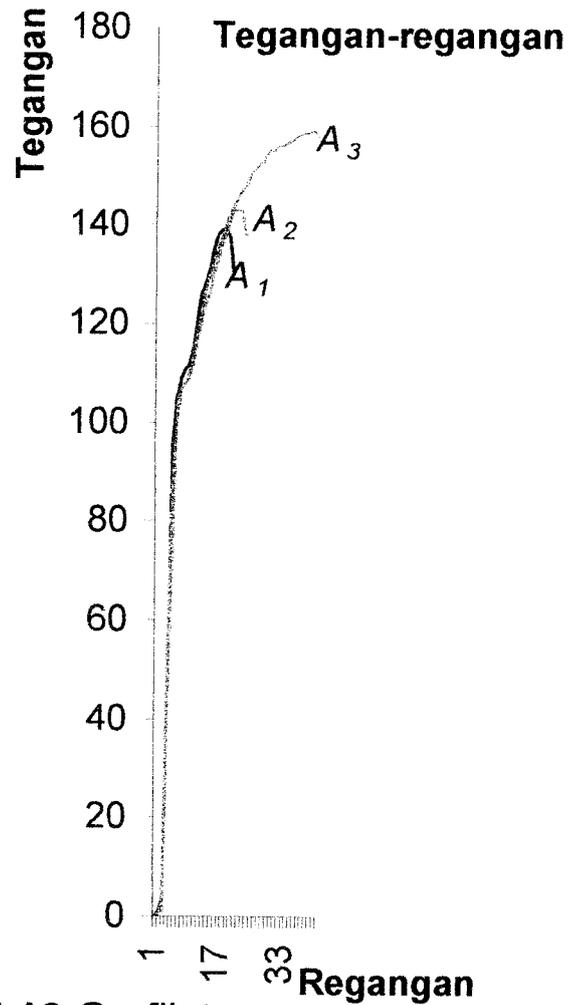
Benda uji C dan D lasnya mengalami kerusakan dan lepas, terjadi retak pada plat, hal ini menunjukkan bahwa mutu las cukup baik. Karena kekuatan dari mutu las yang baik relatif sama dengan kekuatan plat.

Pada benda uji F, G, H, dan I plat relatif utuh dan las lepas.

Kesulitan pelaksanaan sambungan las ditinjau dari segi peralatan relatif tidak ada, karena peralatan las yang ada hampir semua mempunyai standar yang baik. Untuk tenaga trampil dibutuhkan pengalaman yang cukup dan atau

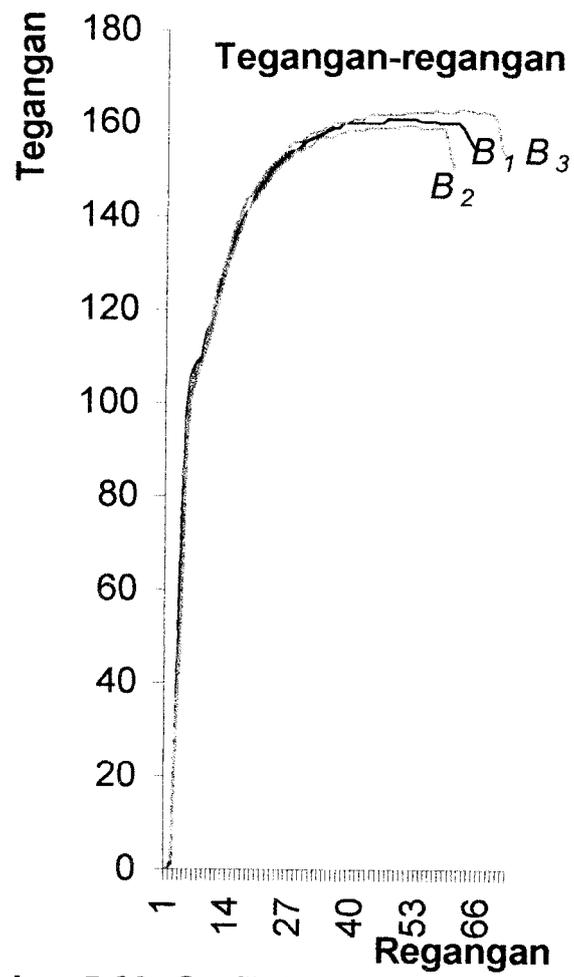
sertifikasi dalam bidang las. Hal ini sangat penting untuk menjamin mutu las yang dihasilkan. Cara pengerjaan las di lapangan juga relatif mudah.

Kekuatan hasil las juga sangat tergantung pada proses pendinginan serta titik-titik pada plat yang dilas.



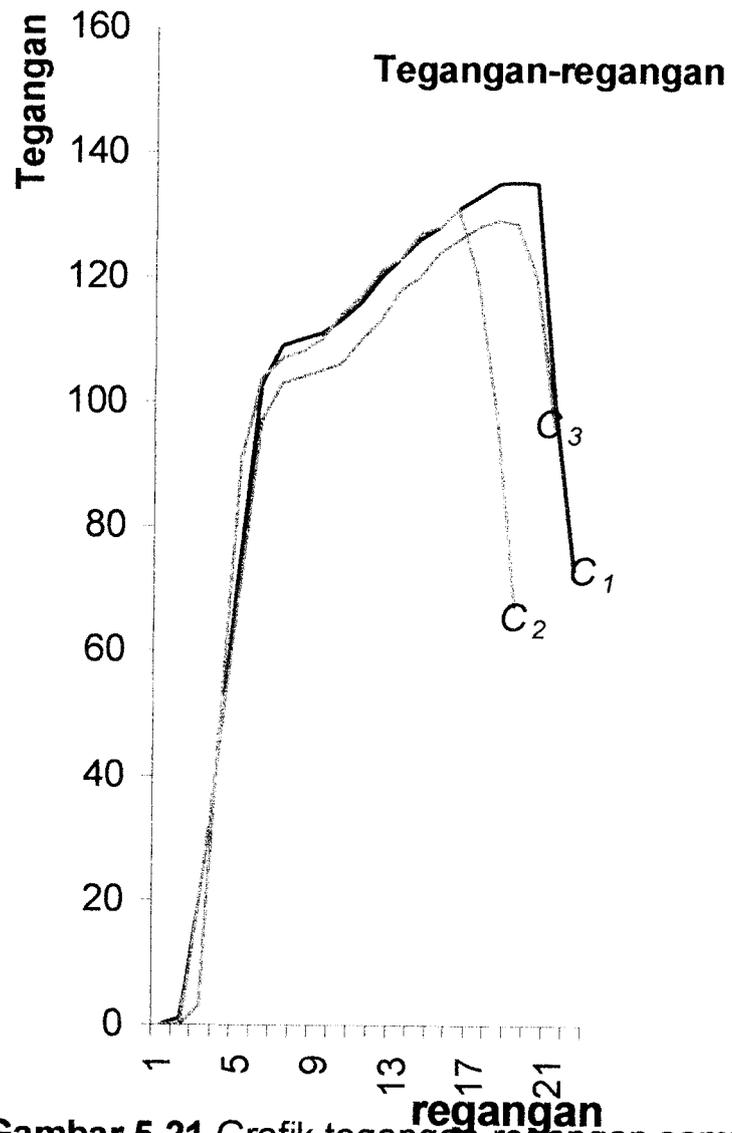
Gambar 5.19. Grafik tegangan-regangan sampel A₁, A₂ dan A₃

(lihat tabel 5.4 dan 5.5)

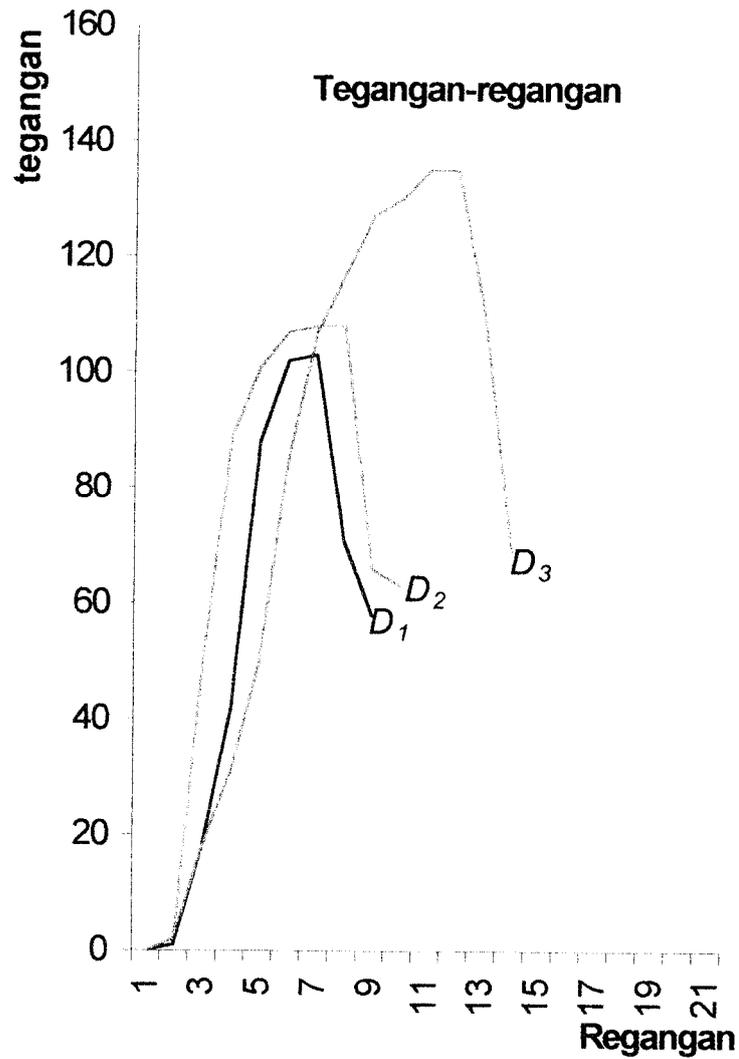


Gambar 5.20. Grafik tegangan-regangan sampel B_1, B_2 dan B_3

(lihat tabel 5.6 dan 5.7)

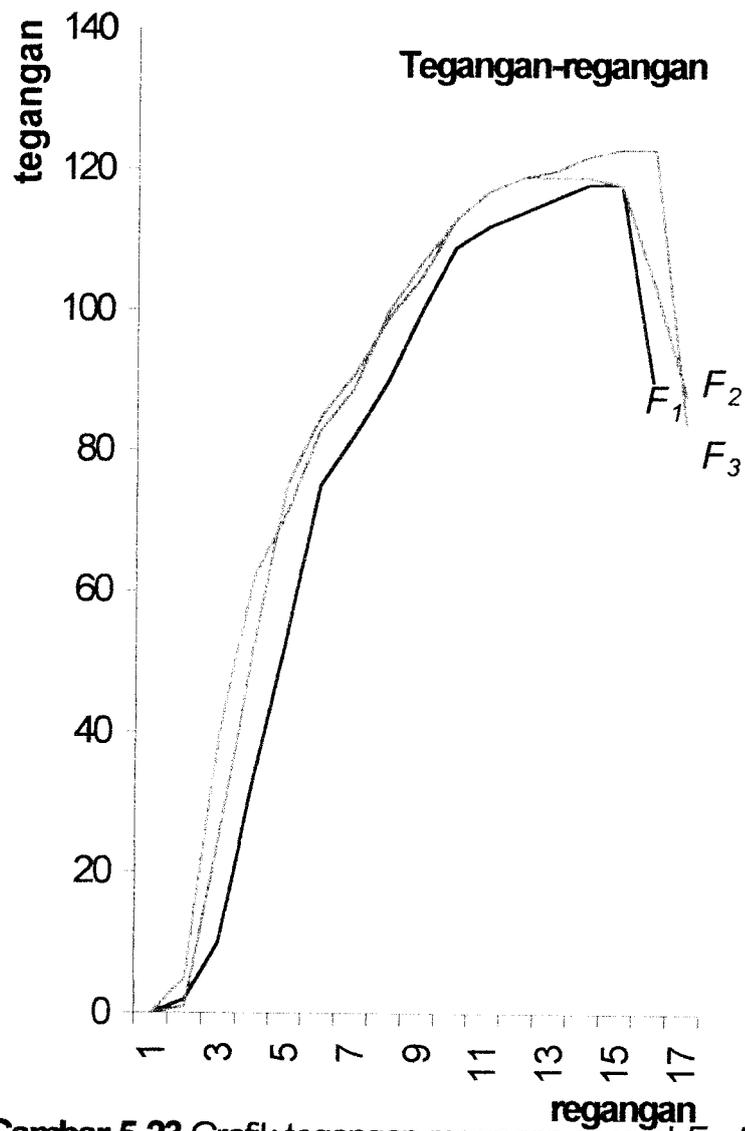


Gambar 5.21. Grafik tegangan-regangan sampel C_1 , C_2 dan C_3
(lihat tabel 5.8 dan 5.9)



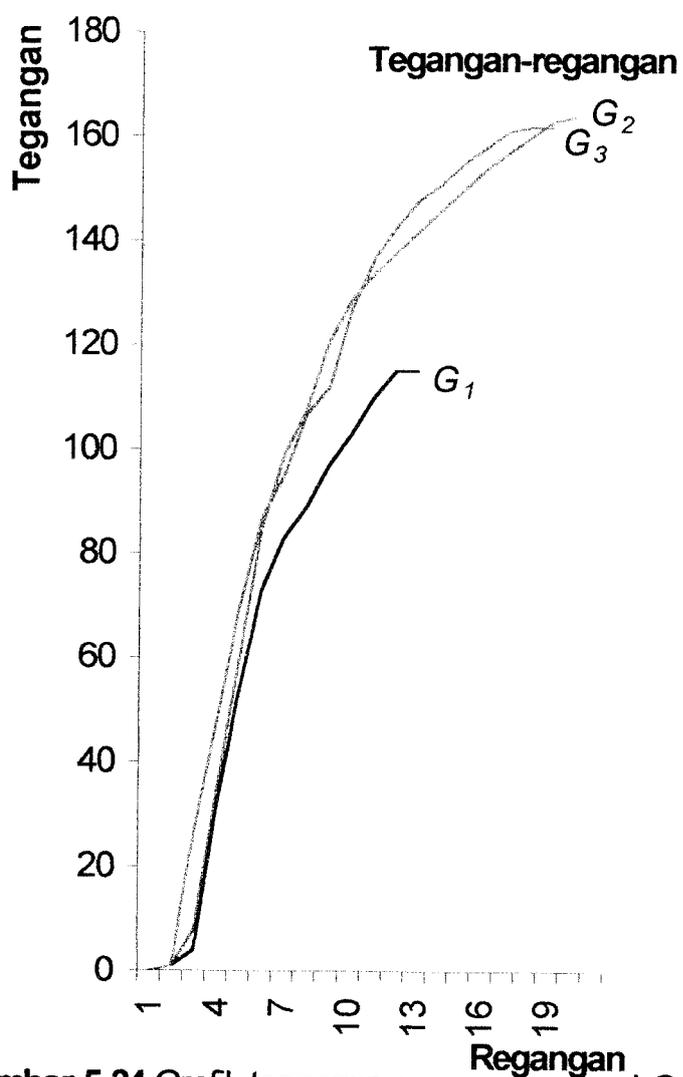
Gambar 5.22. Grafik tegangan-regangan sampel D_1 , D_2 dan D_3

(lihat tabel 5.10 dan 5.11)



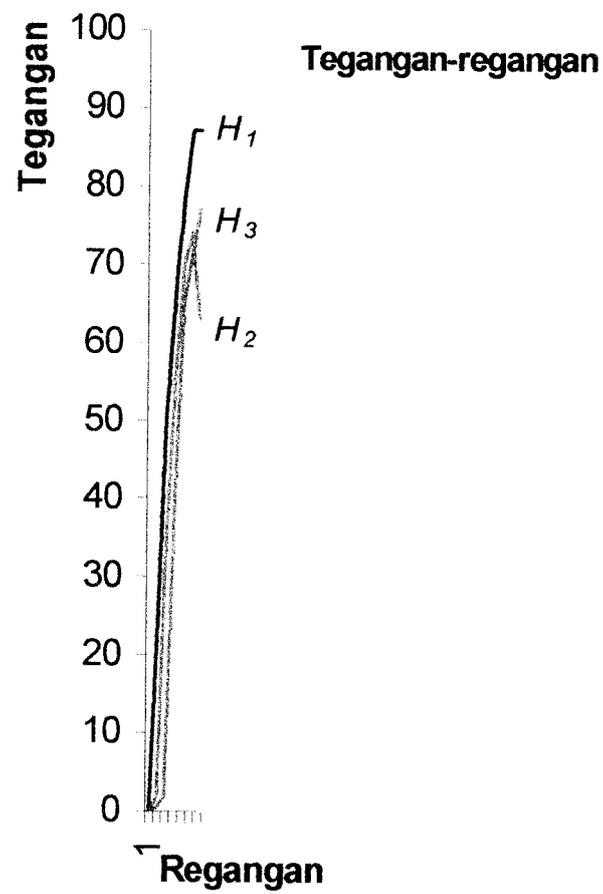
Gambar 5.23. Grafik tegangan-regangan sampel F_1 , F_2 dan F_3

(lihat Tabel 5.12 dan 5.13)



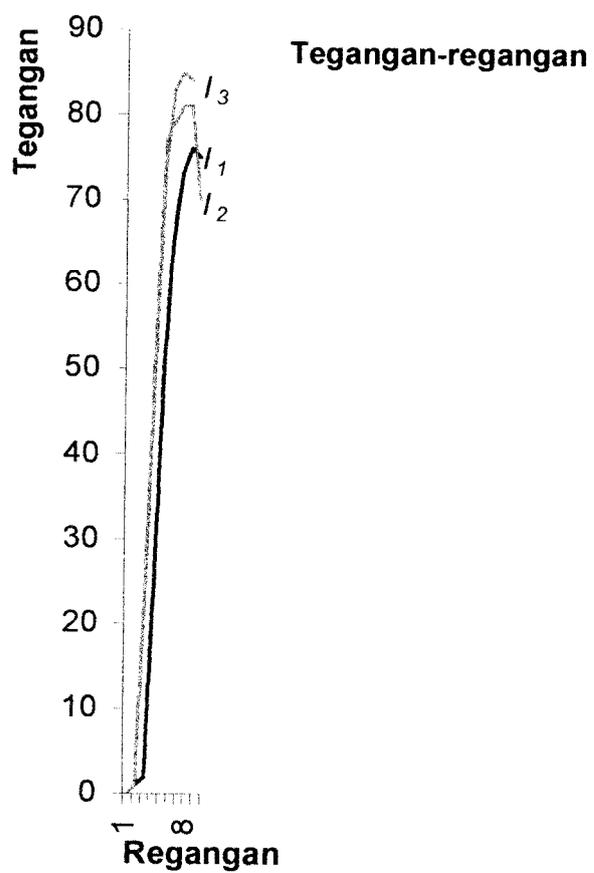
Gambar 5.24. Grafik tegangan-regangan sampel G_1 , G_2 dan G_3

(lihat Tabel 5.14 dan 5.15)



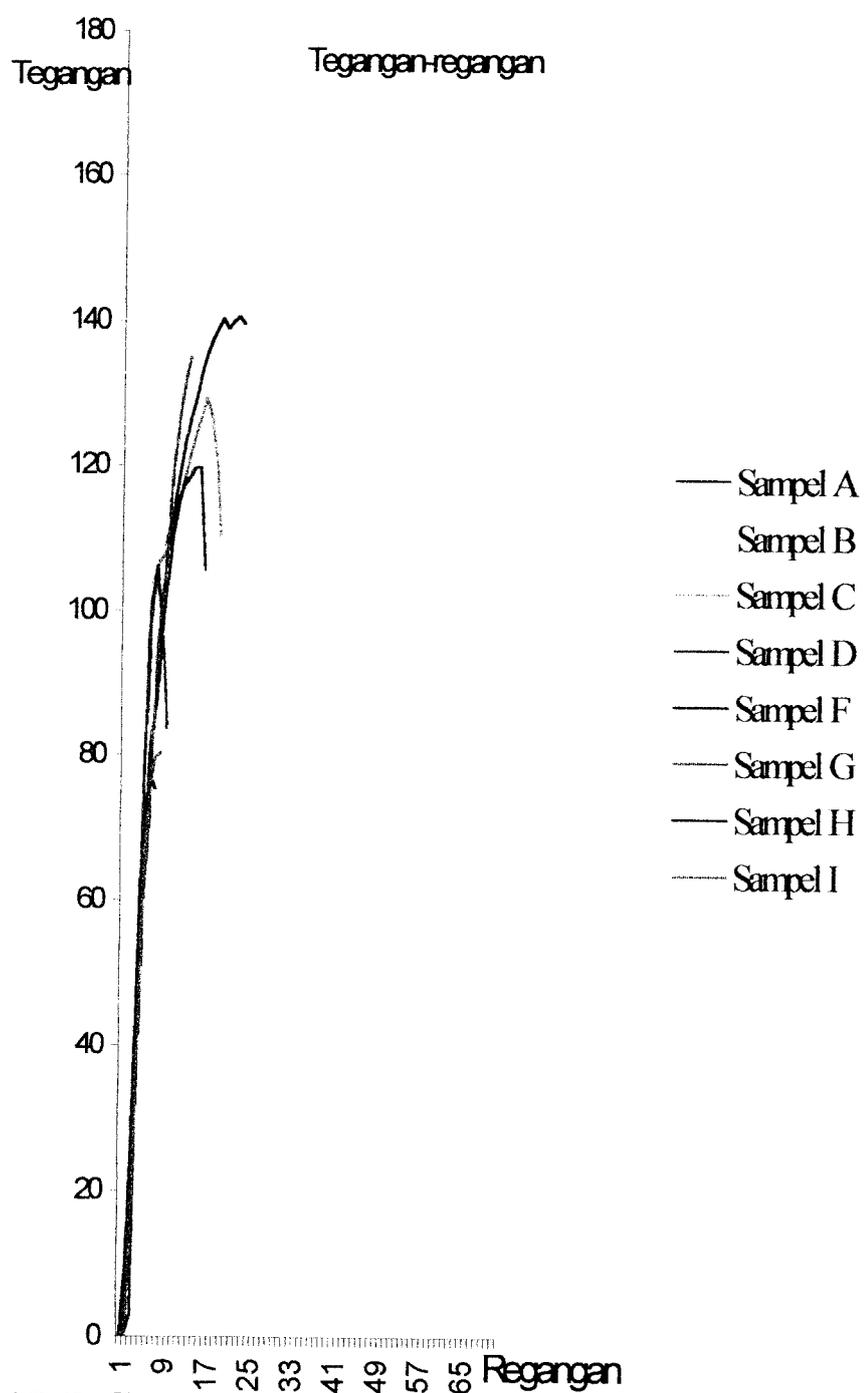
Gambar 5.25. Grafik tegangan-regangan sampel H_1 , H_2 dan H_3

(lihat Tabel 5.16 dan 5.17)



Gambar 5.26. Grafik tegangan-regangan sampel I_1, I_2 dan I_3

(lihat Tabel 5.18 dan 5.19)



Gambar 5.27. Grafik rata-rata tegangan-regangan semua sampel

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari penelitian yang dilakukan ini dapat ditarik adanya suatu kesimpulan, dan saran-saran bagi pelaksanaan pekerjaan konstruksi, khususnya las pada waktu mendatang.

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengamatan dan analisa pada pengujian tarik ini serta uraian-uraian pada bab sebelumnya, maka penguji memberikan kesimpulan-kesimpulan sebagai berikut ini.

1. Kekuatan las yang dihasilkan tergantung pada panjang las dan posisi bidang las.
2. Las yang tegak lurus gaya lebih kuat menahan gaya yang bekerja.
3. Pada pengelasan yang baik, patah terjadi pada plat bukan pada bidang sambung las.
4. Bentuk patahan plat yang terjadi tidak mempunyai pola tertentu.
5. Pada sambungan las yang lepas profil atau plat relatif tidak rusak.

6.2. Saran

Dari pengalaman selama melaksanakan penelitian di laboratorium dapat dikemukakan saran-saran sebagai berikut ini.

1. Perlu diadakan pengetesan terlebih dahulu terhadap bahan pembuat rangka baja sebelum perencanaan karena dilapangan susah untuk mendapatkan mutu profil, hal ini untuk mengoptimalkan perencanaan.
2. Kekuatan las harus diperhitungkan sedemikian rupa sehingga minimal sama dengan kekuatan profil atau plat.
3. Sebaiknya mempergunakan prosedur pengelasan dan pengawasan yang baik.
4. Perlu pertimbangan elektroda yang akan dipakai untuk disesuaikan dengan kekuatan las yang diharapkan.
5. Dalam pembuatan sambungan las perlu menggunakan tukang las yang mengerti dasar-dasar sifat bahan dan struktur rangka baja sehingga dalam pengelasan sesuai perencanaan.

DAFTAR PUSTAKA

- American Institute of Steel Construction, Inc, 1989, Manual of STEEL CONSTRUCTION, Allowable Stress Design, ninth edition, Chicago.**
- Bintoro, Gatot.A, 1999, **DASAR-DASAR PEKERJAAN LAS**, cetakan ke-5, Kanisius, Yogyakarta.
- Burhan, Hannis, “ **LAS “ DALAM KONSTRUKSI BAJA**, Laboraturium Konstruksi Baja ITB, Bandung.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1984, **PERATURAN PERENCANAAN BANGUNAN BAJA INDONESIA (PPBBI)**, Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung.
- Galensi, E dan E Suyatno, 2000, TA, **Pengujian Struktur Rangka Atap Baja dengan Analisis Sebagai Rangka Batang dan Portal**, FTSP UII, Yogyakarta.
- Gunawan dan Margaret, 1992, **DIKTAT KONSTRUKSI BAJA I**, Edisi 10, Jilid 1, Delta Teknik, Jakarta.
- Potma, A.P dan J.E De Vries, 1984, **KONSTRUKSI BAJA, Teori, Perhitungan dan Pelaksanaan**, Cetakan ke-2, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Salmon, C.G , J.E Johnson, dan Wira, 1990, **STRUKTUR BAJA, DESAIN dan PERILAKU**, Edisi kedua, Jilid 1, Erlangga, Jakarta.
- Spiegel, L dan George L.F, 1991, **DESAIN BAJA STRUKTURAL TERAPAN**, Eresco, Bandung.

LAMPIRAN

Perhitungan kuat tarik las menurut hasil uji laboratorium dan perhitungan kuat tarik las berdasarkan teori

A. Perhitungan kuat tarik las menurut hasil uji laboratorium.

1. Perhitungan kuat tarik las sampel B adalah sebagai berikut ini.

1. Sampel B_1

$$L_1 = 5 + 0,5 = 5,5 \text{ cm}$$

$$L_2 = 4,7 - 0,5 = 4,2 \text{ cm}$$

$$e_1 = \frac{L_2}{2}$$

$$= \frac{4,2}{2}$$

$$= 2,1 \text{ cm}$$

$$e_2 = \frac{L_1}{2}$$

$$= \frac{5,5}{2}$$

$$= 2,75 \text{ cm}$$

$$P = 7850 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Eksentrisitas } e' &= \frac{5,25}{2} - \frac{4,7}{2} \\ &= 0,275 \text{ cm} \end{aligned}$$

Gaya tarik P diurai atas P_1 yang dipikul las a_2 dan P_2 yang dipikul las a_1 .

Gaya tarik las a_2

$$P_1 = \frac{e_1}{L_2} \cdot P$$

$$= \frac{2,1}{4,2} \cdot 7850$$

$$= 3925 \text{ kg}$$

Gaya tarik las a_1

$$P_2 = \frac{e_2}{L_1} \cdot P$$

$$= \frac{2,75}{5,5} \cdot 7850$$

$$= 3925 \text{ kg}$$

dipikul 2 buah las a_1 , jadi masing-masing memikul = $0,5 \cdot 3925$

$$= 1962,5 \text{ kg}$$

2. Sampel B_2

$$L_1 = 5 + 0,5 = 5,5 \text{ cm}$$

$$L_2 = 4,7 - 0,5 = 4,2 \text{ cm}$$

$$e_1 = \frac{L_2}{2}$$

$$= \frac{4,2}{2}$$

$$= 2,1 \text{ cm}$$

$$e_2 = \frac{L_1}{2}$$

$$= \frac{5,5}{2}$$

$$= 2,75 \text{ cm}$$

$$P = 8250 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Eksentrisitas } e' &= \frac{5,25}{2} - \frac{4,7}{2} \\ &= 0,275 \text{ cm} \end{aligned}$$

Gaya tarik P diurai atas P_1 yang dipikul las a_2 dan P_2 yang dipikul las a_1 .

Gaya tarik las a_2

$$\begin{aligned} P_1 &= \frac{e_1}{L_2} \cdot P \\ &= \frac{2,1}{4,2} \cdot 8250 \\ &= 4125 \text{ kg} \end{aligned}$$

Gaya tarik las a_1

$$\begin{aligned} P_2 &= \frac{e_2}{L_1} \cdot P \\ &= \frac{2,75}{5,5} \cdot 8250 \\ &= 4125 \text{ kg} \end{aligned}$$

dipikul 2 buah las a_1 , jadi masing-masing memikul $= 0,5 \cdot 4125$
 $= 2062,5 \text{ kg}$

3. Sampel B_3

$$L_1 = 5 + 0,5 = 5,5 \text{ cm}$$

$$L_2 = 4,8 - 0,5 = 4,3 \text{ cm}$$

$$e_1 = \frac{L_2}{2}$$

$$= \frac{4,3}{2}$$

$$= 2,15 \text{ cm}$$

$$e_2 = \frac{L_1}{2}$$

$$= \frac{5,5}{2}$$

$$= 2,75 \text{ cm}$$

$$P = 8150 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Eksentrisitas } e' &= \frac{5,25}{2} - \frac{4,8}{2} \\ &= 0,25 \text{ cm} \end{aligned}$$

Gaya tarik P diurai atas P_1 yang dipikul las a_2 dan P_2 yang dipikul las a_1 .

Gaya tarik las a_2

$$\begin{aligned} P_1 &= \frac{e_1}{L_2} \cdot P \\ &= \frac{2,15}{4,3} \cdot 8150 \\ &= 4075 \text{ kg} \end{aligned}$$

Gaya tarik las a_1

$$\begin{aligned} P_2 &= \frac{e_2}{L_1} \cdot P \\ &= \frac{2,75}{5,5} \cdot 8150 \\ &= 4075 \text{ kg} \end{aligned}$$

dipikul 2 buah las a_1 , jadi masing-masing memikul $= 0,5 \cdot 4075$

$$= 2037,5 \text{ kg}$$

2. Perhitungan kuat tarik las sampel C adalah sebagai berikut ini.

1. Sampel C_1

$$L_1 = 5 \text{ cm}$$

$$e_2 = \frac{L_1}{2}$$

$$= \frac{5}{2}$$

$$= 2,5 \text{ cm}$$

$$P = 8400 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Eksentrisitas } e' &= \frac{5,32}{2} - \frac{4,775}{2} \\ &= 0,2725 \text{ cm} \end{aligned}$$

Gaya tarik P_1 dipikul las a_2 .

Gaya tarik las a_2

$$\begin{aligned} P_1 &= \frac{e_2 \cdot P}{L_1} \\ &= \frac{2,5}{5} \cdot 8400 \end{aligned}$$

$$= 4200 \text{ kg}$$

dipikul 2 buah las a_2 , jadi masing-masing memikul = $0,5 \cdot 4200$

$$= 2100 \text{ kg}$$

2. Sampel C_2

$$L_1 = 5 \text{ cm}$$

$$e_2 = \frac{L_1}{2}$$

$$= \frac{5}{2}$$

$$= 2,5 \text{ cm}$$

$$P = 8150 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Eksentrisitas } e' &= \frac{5,32}{2} - \frac{4,75}{2} \\ &= 0,285 \text{ cm} \end{aligned}$$

Gaya tarik P_1 dipikul las a_2 .

Gaya tarik las a_2

$$\begin{aligned} P_1 &= \frac{e_2}{L_1} \cdot P \\ &= \frac{2,5}{5} \cdot 8150 \\ &= 4075 \text{ kg} \end{aligned}$$

dipikul 2 buah las a_2 , jadi masing-masing memikul = $0,5 \cdot 4075$

$$= 2062,5 \text{ kg}$$

3. Sampel C_3

$$L_1 = 5 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} e_2 &= \frac{L_1}{2} \\ &= \frac{5}{2} \end{aligned}$$

$$= 2,5 \text{ cm}$$

$$P = 8250 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Eksentrisitas } e' &= \frac{5,32}{2} - \frac{4,775}{2} \\ &= 0,2725 \text{ cm} \end{aligned}$$

Gaya tarik P_1 dipikul las a_2 .

Gaya tarik las a_2

$$\begin{aligned}
 P_1 &= \frac{e_2 \cdot P}{L_1} \\
 &= \frac{2,5}{5} \cdot 8250 \\
 &= 4125 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

dipikul 2 buah las a_2 , jadi masing-masing memikul = $0,5 \cdot 4125$

$$= 2062,5 \text{ kg}$$

3. Perhitungan kuat tarik las sampel D adalah sebagai berikut ini.

1. Sampel D_1

$$L_1 = 5 \text{ cm}$$

$$L_2 = 4,875 + 0,5 = 5,375 \text{ cm}$$

$$e_1 = \frac{L_2}{2}$$

$$= \frac{5,375}{2}$$

$$= 2,6875 \text{ cm}$$

$$e_2 = \frac{L_1}{2}$$

$$= \frac{5}{2}$$

$$= 2,5 \text{ cm}$$

$$P = 8400 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Eksentrisitas } e' &= \frac{5,49}{2} - \frac{4,88875}{2} \\
 &= 0,30125 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Gaya tarik P diurai atas P_1 yang dipikul las a_2 dan P_2 yang dipikul las a_1 .

Gaya tarik las a_2

$$\begin{aligned} P_1 &= \frac{e_1}{L_2} \cdot P \\ &= \frac{2,6875}{5,375} \cdot 8400 \\ &= 4200 \text{ kg} \end{aligned}$$

Gaya tarik las a_1

$$\begin{aligned} P_2 &= \frac{e_2}{L_1} \cdot P \\ &= \frac{2,5}{5} \cdot 8400 \\ &= 4200 \text{ kg} \end{aligned}$$

2. Sampel D_2

$$L_1 = 5 \text{ cm}$$

$$L_2 = 4,865 + 0,5 = 5,365 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} e_1 &= \frac{L_2}{2} \\ &= \frac{5,365}{2} \\ &= 2,6825 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} e_2 &= \frac{L_1}{2} \\ &= \frac{5}{2} \\ &= 2,5 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$P = 8075 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Eksentrisitas } e' &= \frac{5,485}{2} - \frac{4,8825}{2} \\ &= 0,30125 \text{ cm} \end{aligned}$$

Gaya tarik P diurai atas P_1 yang dipikul las a_2 dan P_2 yang dipikul las a_1 .

Gaya tarik las a_2

$$\begin{aligned} P_1 &= \frac{e_1}{L_2} \cdot P \\ &= \frac{2,6825}{5,365} \cdot 8075 \\ &= 4037,5 \text{ kg} \end{aligned}$$

Gaya tarik las a_1

$$\begin{aligned} P_2 &= \frac{e_2}{L_1} \cdot P \\ &= \frac{2,5}{5} \cdot 8075 \\ &= 4037,5 \text{ kg} \end{aligned}$$

3. Sampel D_3

$$L_1 = 5 \text{ cm}$$

$$L_2 = 4,905 + 0,5 = 5,405 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} e_1 &= \frac{L_2}{2} \\ &= \frac{5,405}{2} \\ &= 2,7025 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$e_2 = \frac{L_1}{2}$$

$$= \frac{5}{2}$$

$$= 2,5 \text{ cm}$$

$$P = 9900 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Eksentrisitas } e' &= \frac{5,515}{2} - \frac{4,8775}{2} \\ &= 0,31875 \text{ cm} \end{aligned}$$

Gaya tarik P diurai atas P_1 yang dipikul las a_2 dan P_2 yang dipikul las a_1 .

Gaya tarik las a_2

$$\begin{aligned} P_1 &= \frac{e_1 \cdot P}{L_2} \\ &= \frac{2,7025}{5,405} \cdot 9900 \\ &= 4950 \text{ kg} \end{aligned}$$

Gaya tarik las a_1

$$\begin{aligned} P_2 &= \frac{e_2 \cdot P}{L_1} \\ &= \frac{2,5}{5} \cdot 9900 \\ &= 4950 \text{ kg} \end{aligned}$$

4. Perhitungan kuat tarik las sampel F adalah sebagai berikut ini.

1. Sampel F_1

$$L_1 = 2,5 + 0,5 = 3 \text{ cm}$$

$$L_2 = 3 \text{ cm}$$

$$e_1 = \frac{L_2}{2}$$

$$= \frac{3}{2}$$

$$= 1,5 \text{ cm}$$

$$e_2 = \frac{L_1}{2}$$

$$= \frac{3}{2}$$

$$= 1,5 \text{ cm}$$

$$P = 8300 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Eksentrisitas } e' &= \frac{6,75}{2} - \frac{4,9375}{2} \\ &= 0,90625 \text{ cm} \end{aligned}$$

Gaya tarik P diurai atas P_1 yang dipikul las a_2 dan P_2 yang dipikul las a_1 .

Gaya tarik las a_2

$$\begin{aligned} P_1 &= \frac{e_1 \cdot P}{L_2} \\ &= \frac{1,5}{3} \cdot 8300 \\ &= 4150 \text{ kg} \end{aligned}$$

dipikul 2 buah las a_2 , jadi masing-masing memikul $= 0,5 \cdot 4150$
 $= 2075 \text{ kg}$

Gaya tarik las a_1

$$P_2 = \frac{e_2 \cdot P}{L_1}$$

$$= \frac{1,5}{3} \cdot 8300$$

$$= 4150 \text{ kg}$$

2. Sampel F_2

$$L_1 = 2,5 + 0,5 = 3 \text{ cm}$$

$$L_2 = 3 \text{ cm}$$

$$e_1 = \frac{L_2}{2}$$

$$= \frac{3}{2}$$

$$= 1,5 \text{ cm}$$

$$e_2 = \frac{L_1}{2}$$

$$= \frac{3}{2}$$

$$= 1,5 \text{ cm}$$

$$P = 8300 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Eksentrisitas } e' &= \frac{6,75}{2} - \frac{4,9375}{2} \\ &= 0,90625 \text{ cm} \end{aligned}$$

Gaya tarik P diurai atas P_1 yang dipikul las a_2 dan P_2 yang dipikul las a_1 .

Gaya tarik las a_2

$$P_1 = \frac{e_1}{L_2} \cdot P$$

$$= \frac{1,5}{3} \cdot 8300$$

$$= 4150 \text{ kg}$$

dipikul 2 buah las a_2 , jadi masing-masing memikul = $0,5 \cdot 4150$

$$= 2075 \text{ kg}$$

Gaya tarik las a_1

$$P_2 = \frac{e_2}{L_1} \cdot P$$

$$= \frac{1,5}{3} \cdot 8300$$

$$= 4150 \text{ kg}$$

3. Sampel F_3

$$L_1 = 2,5 + 0,5 = 3 \text{ cm}$$

$$L_2 = 3 \text{ cm}$$

$$e_1 = \frac{L_2}{2}$$

$$= \frac{3}{2}$$

$$= 1,5 \text{ cm}$$

$$e_2 = \frac{L_1}{2}$$

$$= \frac{3}{2}$$

$$= 1,5 \text{ cm}$$

$$P = 9275 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Eksentrisitas } e' &= \frac{6,725}{2} - \frac{4,9}{2} \\ &= 0,9125 \text{ cm} \end{aligned}$$

Gaya tarik P diurai atas P_1 yang dipikul las a_2 dan P_2 yang dipikul las a_1 .

Gaya tarik las a_2

$$\begin{aligned} P_1 &= \frac{e_1 \cdot P}{L_2} \\ &= \frac{1,5}{3} \cdot 9275 \\ &= 4637,5 \text{ kg} \end{aligned}$$

dipikul 2 buah las a_2 , jadi masing-masing memikul $= 0,5 \cdot 4637,5$
 $= 2318,75 \text{ kg}$

Gaya tarik las a_1

$$\begin{aligned} P_2 &= \frac{e_2 \cdot P}{L_1} \\ &= \frac{1,5}{3} \cdot 9275 \\ &= 4637,5 \text{ kg} \end{aligned}$$

5. Perhitungan kuat tarik las sampel G adalah sebagai berikut ini.

1. Sampel G_1

$$L_1 = 2,5 \text{ cm}$$

$$L_2 = 3 + 0,5 = 3,5 \text{ cm}$$

$$e_1 = \frac{L_2}{2}$$

$$= \frac{3,5}{2}$$

$$= 1,75 \text{ cm}$$

$$e_2 = \frac{L_1}{2}$$

$$= \frac{2,5}{2}$$

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

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

$$\text{Eksentrisitas } e' = \frac{6,575}{2} - \frac{4,9}{2}$$

$$= 0,8375 \text{ cm}$$

Gaya tarik P diurai atas P_1 yang dipikul las a_2 dan P_2 yang dipikul las a_1 .

Gaya tarik las a_2

$$P_1 = \frac{e_1 \cdot P}{L_2}$$

$$= \frac{1,75}{3,5} \cdot$$

$$= \quad \text{kg}$$

Gaya tarik las a_1

$$P_2 = \frac{e_2 \cdot P}{L_1}$$

$$= \frac{1,25}{2,5} \cdot$$

$$= \quad \text{kg}$$

dipikul 2 buah las a_1 , jadi masing-masing memikul = 0,5 .

$$= \quad \text{kg}$$

2. Sampel G_2

$$L_1 = 2,5 \text{ cm}$$

$$L_2 = 3 + 0,5 = 3,5 \text{ cm}$$

$$e_1 = \frac{L_2}{2}$$

$$= \frac{3,5}{2}$$

$$= 1,75 \text{ cm}$$

$$e_2 = \frac{L_1}{2}$$

$$= \frac{2,5}{2}$$

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

$$P = 10500 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Eksentrisitas } e' &= \frac{6,5}{2} - \frac{4,875}{2} \\ &= 0,8125 \text{ cm} \end{aligned}$$

Gaya tarik P diurai atas P_1 yang dipikul las a_2 dan P_2 yang dipikul las a_1 .

Gaya tarik las a_2

$$P_1 = \frac{e_1 \cdot P}{L_2}$$

$$= \frac{1,75}{3,5} \cdot 10500$$

$$= 5250 \text{ kg}$$

Gaya tarik las a_1

$$P_2 = \frac{e_2}{L_1} \cdot P$$

$$= \frac{1,25}{2,5} \cdot 10500$$

$$= 5250 \text{ kg}$$

dipikul 2 buah las a_1 , jadi masing-masing memikul $= 0,5 \cdot 5250$

$$= 2625 \text{ kg}$$

3. Sampel G_3

$$L_1 = 2,5 \text{ cm}$$

$$L_2 = 3 + 0,5 = 3,5 \text{ cm}$$

$$e_1 = \frac{L_2}{2}$$

$$= \frac{3,5}{2}$$

$$= 1,75 \text{ cm}$$

$$e_2 = \frac{L_1}{2}$$

$$= \frac{2,5}{2}$$

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

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

$$\begin{aligned} \text{Eksentrisitas } e' &= \frac{6,575}{2} - \frac{4,865}{2} \\ &= 0,855 \text{ cm} \end{aligned}$$

Gaya tarik P diurai atas P_1 yang dipikul las a_2 dan P_2 yang dipikul las a_1 .

Gaya tarik las a_2

$$P_1 = \frac{e_1 \cdot P}{L_2}$$

$$= \frac{1,75}{3,5}$$

$$= \quad \text{kg}$$

Gaya tarik las a_1

$$P_2 = \frac{e_2 \cdot P}{L_1}$$

$$= \frac{1,25}{2,5}$$

$$= \quad \text{kg}$$

dipikul 2 buah las a_1 , jadi masing-masing memikul = 0,5 .

= kg

6. Perhitungan kuat tarik las sampel H adalah sebagai berikut ini.

1. Sampel H_1

$$L_1 = 2,5 \text{ cm}$$

$$e_2 = \frac{L_1}{2}$$

$$= \frac{2,5}{2}$$

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

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

$$\text{Eksentrisitas } e' = \frac{6,625}{2} - \frac{4,92}{2}$$

$$= 0,8525 \text{ cm}$$

Gaya tarik P_1 dipikul las a_2 .

Gaya tarik las a_2

$$P_1 = \frac{e_2 \cdot P}{L_1}$$

$$= \frac{1,25}{2,5} \cdot$$

$$= \quad \text{kg}$$

dipikul 2 buah las a_2 , jadi masing-masing memikul = 0,5 .

$$= \quad \text{kg}$$

2. Sampel H_2

$$L_1 = 2,5 \text{ cm}$$

$$e_2 = \frac{L_1}{2}$$

$$= \frac{2,5}{2}$$

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

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

$$\begin{aligned} \text{Eksentrisitas } e' &= \frac{6,6}{2} - \frac{4,895}{2} \\ &= 0,8525 \text{ cm} \end{aligned}$$

Gaya tarik P_1 dipikul las a_2 .

Gaya tarik las a_2

$$P_1 = \frac{e_2 \cdot P}{L_1}$$

$$= \frac{1,25}{2,5} \cdot$$

$$= \quad \text{kg}$$

dipikul 2 buah las a_2 , jadi masing-masing memikul = 0,5 .

= kg

3. Sampel H_3

$$L_1 = 2,5 \text{ cm}$$

$$e_2 = \frac{L_1}{2}$$

$$= \frac{2,5}{2}$$

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

$$P = \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Eksentrisitas } e' &= \frac{6,79}{2} - \frac{4,9275}{2} \\ &= 0,93125 \text{ cm} \end{aligned}$$

Gaya tarik P_1 dipikul las a_2 .

Gaya tarik las a_2

$$P_1 = \frac{e_2}{L_1} \cdot P$$

$$= \frac{1,25}{2,5} \cdot$$

$$= \text{ kg}$$

dipikul 2 buah las a_2 , jadi masing-masing memikul = 0,5 .

= kg

Gaya tarik las a_1

$$\begin{aligned}
 P_2 &= \frac{e_2}{L_1} \cdot P \\
 &= \frac{1,25}{2,5} \cdot \\
 &= \quad \quad \quad \text{kg}
 \end{aligned}$$

2. Sampel I_2

$$L_1 = 2,5 \text{ cm}$$

$$L_2 = 3 + 0,5 = 3,5 \text{ cm}$$

$$e_1 = \frac{L_2}{2}$$

$$= \frac{3,5}{2}$$

$$= 1,75 \text{ cm}$$

$$e_2 = \frac{L_1}{2}$$

$$= \frac{2,5}{2}$$

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

$$P = 6175 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Eksentrisitas } e' &= \frac{6,66}{2} - \frac{4,8925}{2} \\
 &= 0,88375 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Gaya tarik P diurai atas P_1 yang dipikul las a_2 dan P_2 yang dipikul las a_1 .

Gaya tarik las a_2

$$P_1 = \frac{e_1}{L_2} \cdot P$$

$$= \frac{1,75}{3,5} \cdot 6175$$

$$= 3087,5 \text{ kg}$$

Gaya tarik las a_1

$$P_2 = \frac{e_2}{L_1} \cdot P$$

$$= \frac{1,25}{2,5} \cdot 6175$$

$$= 3087,5 \text{ kg}$$

3. Sampel l_3

$$L_1 = 2,6 \text{ cm}$$

$$L_2 = 3 + 0,5 = 3,5 \text{ cm}$$

$$e_1 = \frac{L_2}{2}$$

$$= \frac{3,5}{2}$$

$$= 1,75 \text{ cm}$$

$$e_2 = \frac{L_1}{2}$$

$$= \frac{2,6}{2}$$

$$= 1,3 \text{ cm}$$

$$P = 6550 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Eksentrisitas } e' &= \frac{6,645}{2} - \frac{4,88}{2} \\ &= 0,8825 \text{ cm} \end{aligned}$$

Gaya tarik P diurai atas P_1 yang dipikul las a_2 dan P_2 yang dipikul las a_1 .

Gaya tarik las a_2

$$\begin{aligned} P_1 &= \frac{e_1 \cdot P}{L_2} \\ &= \frac{1,75}{3,5} \cdot 6550 \\ &= 3275 \text{ kg} \end{aligned}$$

Gaya tarik las a_1

$$\begin{aligned} P_2 &= \frac{e_2 \cdot P}{L_1} \\ &= \frac{1,3}{2,6} \cdot 6550 \\ &= 3275 \text{ kg} \end{aligned}$$

B. Perhitungan kuat tarik las berdasarkan teori

1. Perhitungan kuat tarik las sampel B

$$\sigma = 1933 \text{ kg/cm}^2$$

$$a = D \cdot \cos 45^\circ$$

$$= 0,5 \cdot \frac{1}{2}\sqrt{2}$$

$$= 0,3536 \text{ cm}$$

$$l_{1 \text{ netto}} = l_{\text{brutto}} - 3a$$

$$= 5,5 - 3 \cdot 0,3536$$

$$= 4,4392 \text{ cm}$$

$$F_1 = a \cdot l_1$$

$$= 0,3536 \cdot 4,4392$$

$$= 1,5697 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned}
 P_1 &= 0,58 \cdot \sigma \cdot F_1 \\
 &= 0,58 \cdot 1933 \cdot 2,786 \\
 &= 3125,496 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

3. Perhitungan kuat tarik las sampel D

$$\sigma = 1933 \text{ kg/cm}^2$$

$$a = D \cdot \cos 45^\circ$$

$$= 0,5 \cdot \frac{1}{2}\sqrt{2}$$

$$= 0,3536 \text{ cm}$$

$$l_{1 \text{ netto}} = l_{\text{brutto}} - 3a$$

$$= 5 - 3 \cdot 0,3536$$

$$= 3,9392 \text{ cm}$$

$$F_1 = a \cdot l_1$$

$$= 0,3536 \cdot 3,9392$$

$$= 1,3929 \text{ cm}^2$$

$$P_1 = 0,58 \cdot \sigma \cdot F_1$$

$$= 0,58 \cdot 1933 \cdot 1,3929$$

$$= 11561,6359 \text{ kg}$$

$$l_{2 \text{ netto}} = l_{\text{brutto}} - 3a$$

$$= 5,375 - 3 \cdot 0,3536$$

$$= 4,3142 \text{ cm}$$

$$F_2 = a \cdot l_2$$

$$= 0,3536 \cdot 4,3142$$

$$= 1,5255 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned}
 P_2 &= 0,58 \cdot \sigma \cdot F_2 \\
 &= 0,58 \cdot 1933 \cdot 0,8625 \\
 &= 966,9833 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

6. Perhitungan kuat tarik las sampel *H*

$$\sigma = 1933 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned}
 a &= D \cdot \cos 45^\circ \\
 &= 0,5 \cdot \frac{1}{2}\sqrt{2} \\
 &= 0,3536 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 l_{1 \text{ netto}} &= l_{\text{brutto}} - 3a \\
 &= 2,5 - 3 \cdot 0,3536 \\
 &= 1,4392 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_1 &= 2 \cdot a \cdot l_1 \\
 &= 2 \cdot 0,3536 \cdot 1,4392 \\
 &= 1,0178 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_1 &= 0,58 \cdot \sigma \cdot F_1 \\
 &= 0,58 \cdot 1933 \cdot 1,0178 \\
 &= 1141,0962 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

6. Perhitungan kuat tarik las sampel *I*

$$\begin{aligned}
 \sigma &= 1933 \text{ kg/cm}^2 \\
 a &= D \cdot \cos 45^\circ \\
 &= 0,5 \cdot \frac{1}{2}\sqrt{2} \\
 &= 0,3536 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}l_{1\text{ netto}} &= l_{\text{brutto}} - 3a \\ &= 2,5 - 3 \cdot 0,3536 \\ &= 1,4392 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}F_1 &= a \cdot l_1 \\ &= 0,3536 \cdot 1,4392 \\ &= 0,5089 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_1 &= 0,58 \cdot \sigma \cdot F_1 \\ &= 0,58 \cdot 1933 \cdot 0,5089 \\ &= 570,5481 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}l_{2\text{ netto}} &= l_{\text{brutto}} - 3a \\ &= 3,5 - 3 \cdot 0,3536 \\ &= 2,4392 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}F_2 &= a \cdot l_2 \\ &= 0,3536 \cdot 2,4392 \\ &= 0,8625 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_2 &= 0,58 \cdot \sigma \cdot F_2 \\ &= 0,58 \cdot 1933 \cdot 0,8625 \\ &= 966,98325 \text{ kg}\end{aligned}$$

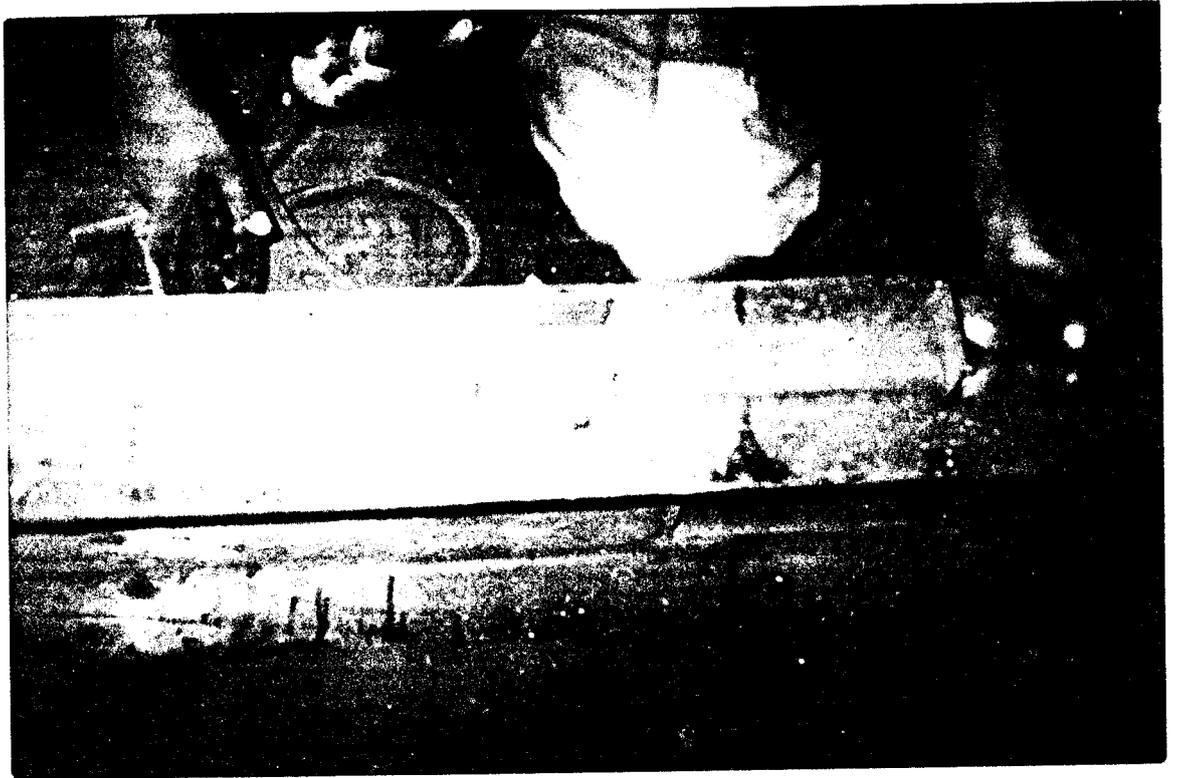


Foto 1 Persiapan pengelasan benda uji

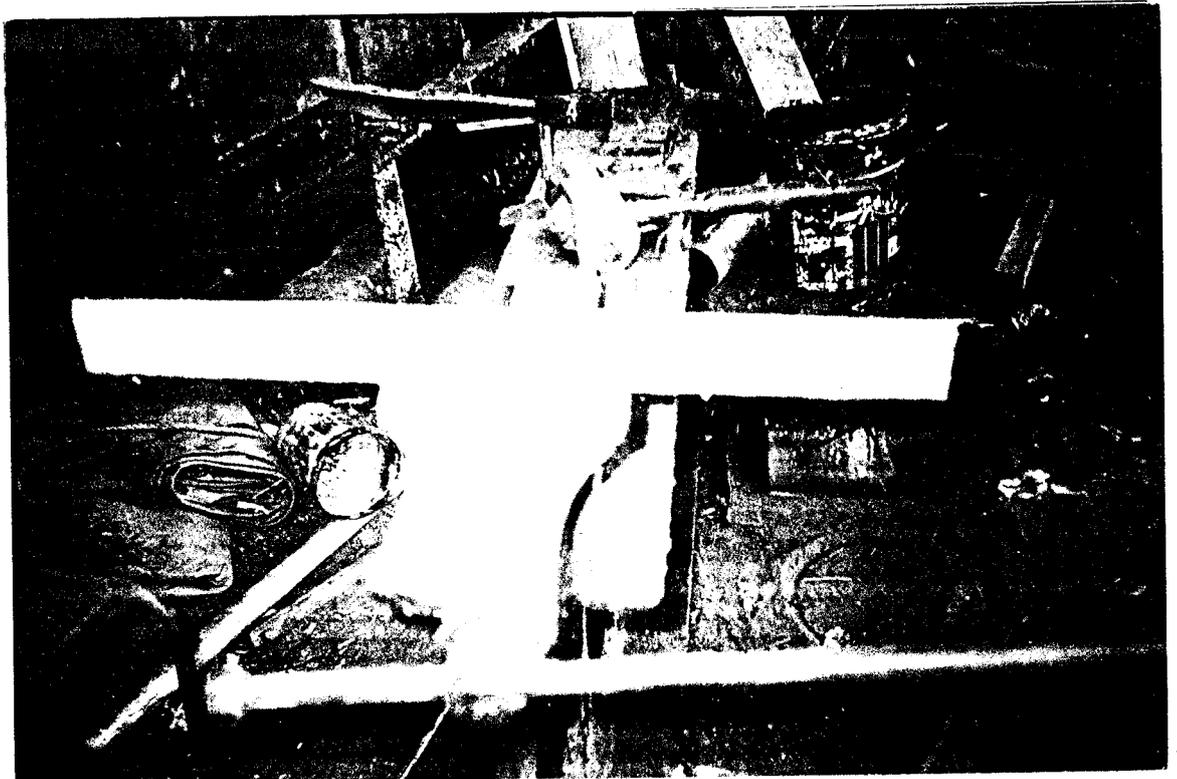


Foto 2 Benda uji setelah dilas



Foto 3 Prosee pengelasan benda uji

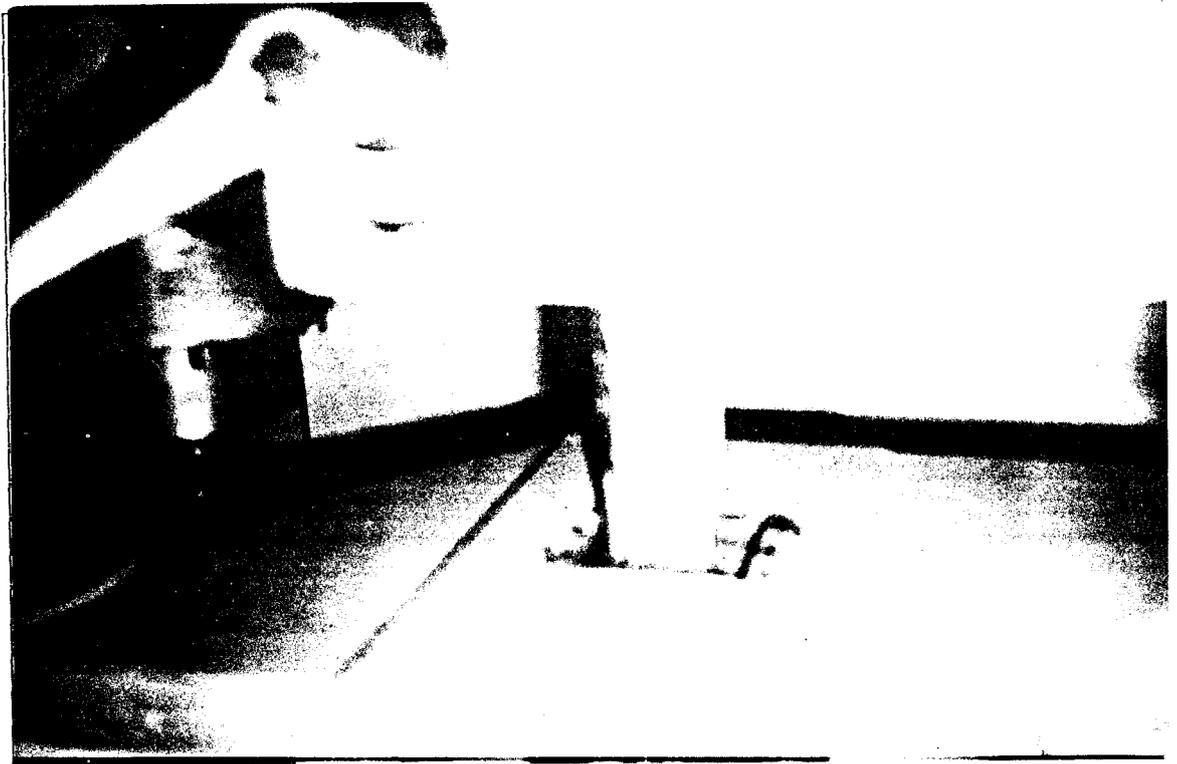


Foto 4 Pengujian sambungan las

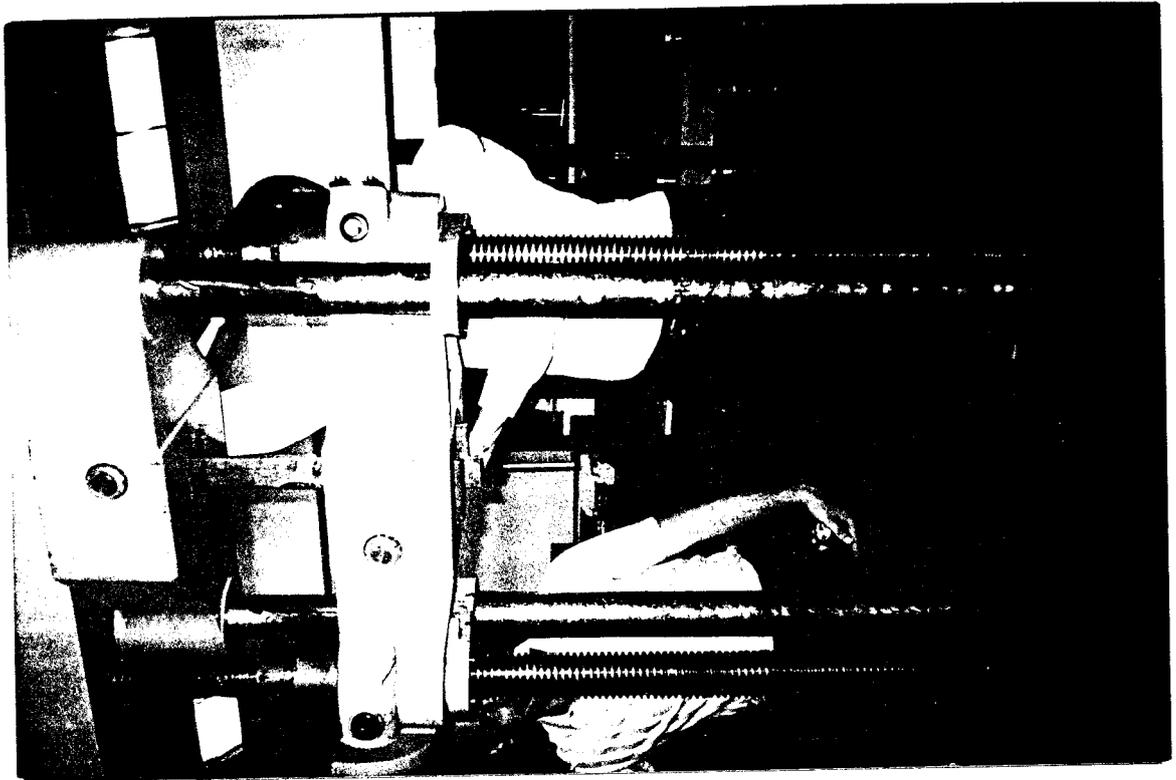


Foto 5 Persiapan pengujian sambungan las

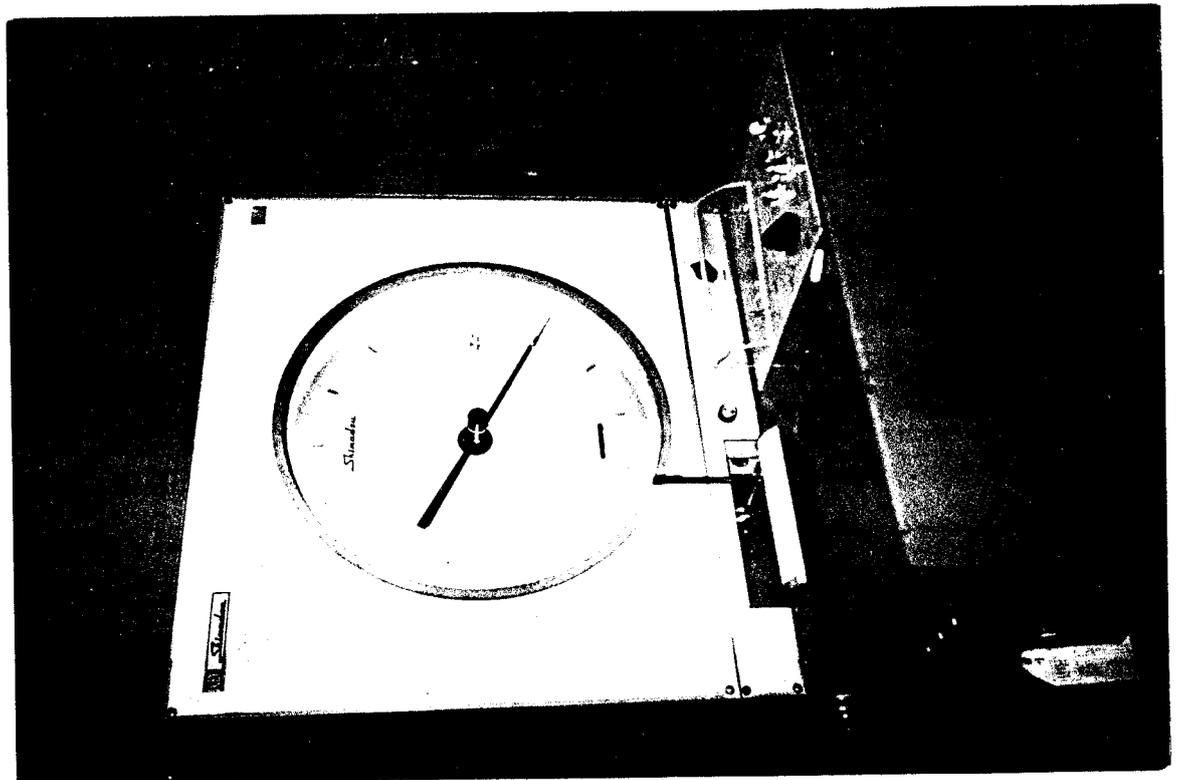


Foto 6 Alat uji tarik "Shimazu"