

**ANALISA KEKUATAN SAMBUNGAN PENGELASAN LAS  
LISTRIK DENGAN VARIASI ARUS PADA PLAT ST 40**

**SKRIPSI**



oleh

**Afandi Firdatama**

**NIM B43120566**

**PROGRAM STUDI MESIN OTOMOTIF  
JURUSAN TEKNIK  
POLITEKNIK NEGERI JEMBER**

**2017**

# **ANALISA KEKUATAN SAMBUNGAN PENGELASAN LAS LISTRIK DENGAN VARIASI ARUS PADA PLAT ST 40**

## **SKRIPSI**



Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan  
Pendidikan di Politeknik Negeri Jember  
Jurusan Teknik Program Studi (D-IV) Mesin Otomotif

Oleh

**Afandi Firdatama  
NIM B43120566**

**PROGRAM STUDI MESIN OTOMOTIF  
JURUSAN TEKNIK  
POLITEKNIK NEGERI JEMBER  
2017**

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
POLITEKNIK NEGERI JEMBER

**ANALISA KEKUATAN SAMBUNGAN PENGELASAN LAS LISTRIK  
DENGAN VARIASI ARUS PADA PLAT ST 40**

Diuji pada Tanggal : 22 Agustus 2017

Tim Penguji:  
Ketua,



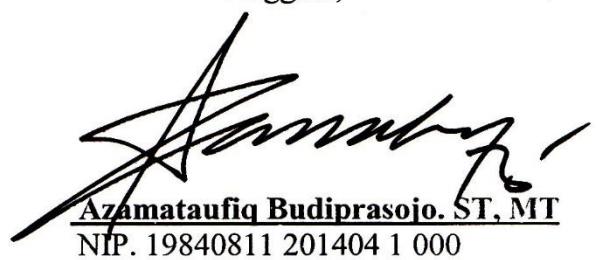
Ir. Dwi Doko Suranto, MT  
NIP. 19610627 19881 1 001

Sekertaris,



Adityo ST, MT  
NIP. 19810915 201404 1 001

Anggota,



Azamataufiq Budiprasojo, ST, MT  
NIP. 19840811 201404 1 000

Menyetujui,  
Ketua Jurusan



Dr. Bayu Rudiyanto, ST, Msi  
NIP. 19731221 200212 1 001

## **PERSEMBAHAN**

Alhamdulillahirabbil' alamin, puji syukur atas kehadirat Allah SWT, tak lupa Shalawat serta Salam semoga senantiasa tercurah bagi Junjungan kita Nabi Besar Muhammad SAW, sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi dengan lancar. Dalam kesempatan ini saya, selaku penulis mengucapkan terima kasih banyak kepada semua pihak yang telah berkenan membantu, diantaranya:

1. Yang tercinta Bapakku Gunaidi dan Ibukuku Iin Munifa, terima kasih atas seluruh dukugannya baik berupa do'a, bimbingan, materi maupun non-materi yang telah diberikan hingga sampai ditahap ini.
2. Adikku tersayang Afiadi Dwi Rezkyanto, terima kasih atas segala perhatian dan dukungannya selama ini.
3. Dosen pembimbing Skripsi yang tak lelah memberikan masukan dan bimbingannya Bapak Ir. Dwi Djoko Suranto, MT
4. Seluruh Dosen Program Studi Mesin Otomotif, yang telah memberikan wawasan dan pengajaran kepada penulis selama menimba ilmu di Politeknik Negeri Jember.
5. Teman – teman mahasiswa Program Studi Mesin Otomotif khususnya angkatan 2012, serta semua orang yang tak lelah memberikan dukungan dan semangat pada penulis tanpa terkecuali.

## **MOTTO**

“Ilmu itu diperoleh dari lidah yang gemar bertanya serta akal yang suka berpikir”

(Abdullah bin Abbas)

“Orang yang berhenti belajar adalah orang yang lanjut usia, walaupun umurnya masih muda. Namun, orang yang tidak pernah berhenti belajar, maka akan selamanya menjadi pemuda”

(Henry Ford)

## **SURAT PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Afandi Firdatama

NIM : B43120566

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam Skripsi saya berjudul “ANALISA KEKUATAN SAMBUNGAN PENGEELASAN LAS LISTRIK DENGAN VARIASI ARUS PADA PLAT ST 40” merupakan gagasan dan hasil karya saya sendiri dengan arahan komisi pembimbing, dan belum pernah diajukan dalam bentuk apa pun pada perguruan tinggi mana pun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam daftar pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Jember, 22 Agustus 2017

Afandi Firdatama  
NIM B43120566

# **ANALISA KEKUATAN SAMBUNGAN PENGELASAN LAS LISTRIK DENGAN VARIASI ARUS PADA PLAT ST 40**

**Afandi Firdatama**

Program Studi Mesin Otomotif  
Jurusian Teknik

## **ABSTRAK**

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahuan kekuatan pengelasan las listrik pada material yang menggunakan plat ST40, dengan variasi arus pengelasan yaitu 80A, 100A , 120A, 140A, dan 160A, dan pola pengelasan yang digunakan yaitu pola lasan melingkar, pola lasan segitiga,dan pola lasan zigzag. Dalam pengambilan judul ini ada dua masalah yang akan di bahas, yaitu: dari variasi arus dan pola lasan. Perhitungan normalitas data hasil penelitian menggunakan microsoft exel.Semua pengujian menggunakan alat uji tarik ASTM E8.

Setelah melakukan pengujian didapat bahwa pada saat uji kekuatan spesimen yang memiliki nilai modulus elastisitas tertinggi di dapat pada arus 160A dengan pola alur melingkar yaitu  $50.21374 \text{ N/mm}^2$ , nilai modulus elastisitas terendah di dapat pada arus 80A dengan pola alur zigzag yaitu  $27.49110 \text{ N/mm}^2$ .

**Kata kunci :** kekuatan, variasi arus pengelasan, pola alur pengelasan.

## RINGKASAN

**ANALISA KEKUATAN SAMBUNGAN PENGEELASAN LAS LISTRIK DENGAN VARIASI ARUS PADA PLAT ST 40.** Afandi Firdatama, Nim B43120566; 22 Agustus; 2017, 104 hlm. Program Studi Mesin Otomotif Politeknik Negeri Jember. Ir. Dwi Djoko Suranto, MT. (Pembimbing I) dan Adityo. ST, MT. (Pembimbing II).

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui nilai kekuatan menggunakan variasi arus pengelasan pada plat ST 40 serta menggunakan variasi pola alur pengelasan yaitu 80 A, 100A, 120A, 140A,160A dengan pola alur pengelasan disetiap arusnya yaitu pola melingkar, pola segitiga, dan pola zigzag.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui nilai kekuatan suatu bahan menggunakan alat Uji Tarik.

Setelah melakukan pengujian spesimen didapat nilai Modulus Elastisitas sebagai berikut.

Pada arus 80A pola Melingkar yaitu  $33.86960 \text{ N/mm}^2$ , pada pola Segitiga yaitu  $31.18033 \text{ N/mm}^2$ , dan pada pola Zigzag yaitu  $27.49110 \text{ N/mm}^2$ .

Pada arus 100A pola Melingkar yaitu  $37.80375 \text{ N/mm}^2$ , pada pola Segitiga yaitu  $34.74275 \text{ N/mm}^2$ , dan pada pola Zigzag yaitu  $31.30746 \text{ N/mm}^2$ .

Pada arus 120A pola Melingkar yaitu  $41.71810 \text{ N/mm}^2$ , pada pola Segitiga yaitu  $37.73002 \text{ N/mm}^2$ , dan pada pola Zigzag yaitu  $33.90172 \text{ N/mm}^2$ .

Pada arus 140A pola Melingkar yaitu  $39.48180 \text{ N/mm}^2$ , pada pola Segitiga yaitu  $42.39856 \text{ N/mm}^2$ , dan pada pola Zigzag yaitu  $39.02213 \text{ N/mm}^2$ .

Pada arus 160A pola Melingkar yaitu  $50.21374 \text{ N/mm}^2$ , pada pola Segitiga yaitu  $43.67409 \text{ N/mm}^2$ , dan pada pola Zigzag yaitu  $40.14541 \text{ N/mm}^2$ .

## **PRAKATA**

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas berkah rahmat dan karunia-Nya, maka penulisan karya tulis ilmiah berjudul “Analisa Kekuatan Sambungan Pengelasan Las Listrik Dengan Variasi Arus Pada Plat ST 40” dapat diselesaikan dengan baik.

Tulisan ini adalah laporan akhir penelitian yang dilaksanakan mulai tanggal 12 Juni 2016 sampai dengan 10 Agustus 2016 bertempat di Laboratorium Politeknik Negeri Jember dan Laboratorium Universitas Malang, sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Saint Terapan (S.ST.) di Program Studi Mesin Otomotif .

Penulis menyampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih yang sebenarnya kepada:

1. Bapak Ir. Nanang Dwi Wahyono, M.M., selaku Direktur Politeknik Negeri Jember.
2. Bapak Dr. Bayu Rudiyanto, S.T., M.Si., selaku Ketua Jurusan Teknik.
3. Bapak Ahmad Robiul Awal Udin, ST. MT., selaku Ketua Program Studi Mesin Otomotif.
4. Bapak Wendy Triadji Nugroho, ST. MT., selaku koordinator Skripsi program studi.
5. Bapak Ir. Dwi Djoko Suranto, MT. selaku dosen pembimbing utama
6. Bapak Adityo. ST. MT., selaku dosen pembimbing anggota.
7. Almamater Politeknik Negeri Jember.
8. Ibu dan bapak beserta keluarga yang sudah memberikan dukungan penuh.
9. Teman – teman di Progam Studi Mesin Otomotif.
10. Para staf administrasi, pengajar dan teknisi di Program Studi Mesin Otomotif serta seluruh pihak yang telah membantu penulis secara langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan Skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa laporan Skripsi ini perlu dilakukan penyempurnaan, Oleh karena itu saran dan kritik yang membangun, penulis terima dengan tangan terbuka demi perbaikan laporan agar esensi khazanah wawasan dan ilmu pengetahuan dapat tersampaikan dengan baik kepada para pembaca.



## **PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

**Yang bertanda tangan dibawah ini, saya:**

**Nama : Afandi Firdatama**  
**Nim : B43120566**  
**Program Studi : Mesin Otomotif**  
**Jurusan : Teknik**

Demi pengembangan Ilmu Pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada UPT. Perpustakaan Politeknik Negeri Jember, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (Non-Eksklusif Royalty Free Right) atas karya ilmiah berupa laporan tugas akhir skripsi:

### **ANALISA KEKUATAN SAMBUNGAN PENGELASAN LAS LISTRIK DENGAN VARIASI ARUS PADA PLAT ST 40**

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini UPT. Perpustakan Politeknik Negeri Jember berhak menyimpan, mengalih media atau format, mengelola dalam bentuk pangkalan data (Database), mendistribusikan karya dan menampilkan atau mempublikasikannya di Internet atau media lain untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis atau pencipta

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi tanpa melibatkan pihak Politeknik Negeri Jember, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam Karya Ilmiah ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya

**Dibuat di : Jember**  
**Pada tanggal : 22 Agustus 2017**  
**Yang menyatakan,**

**Nama : Afandi Firdatama**  
**NIM : B43120566**

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>PENGESAHAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>PERSEMBAHAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>MOTTO .....</b>	<b>iv</b>
<b>SURAT PERNYATAAN .....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>vi</b>
<b>RINGKASAN .....</b>	<b>vii</b>
<b>PRAKATA .....</b>	<b>viii</b>
<b>PERNYAATAAN PUBLIKASI .....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR NOTASI .....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xvi</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan .....	2
1.4 Manfaat .....	3
1.5 Batasan Masalah .....	3
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Plat ST40.....	4
2.2 Elektroda .....	5
2.3 Las Busur Listrik.....	7
2.4 Polaritas Listrik.....	7
2.5 Faktor Dalam Pengelasan .....	8
2.6 Arus Listrik .....	9
2.6.1 Mesin Las Arus Bolak Balik ( AC ).....	9
2.6.2 Mesin Las Arus Searah ( DC ) .....	10

2.6.2 Mesin Las Ganda ( AC-DC ) .....	10
2.7 Parameter Pengelasan .....	12
2.8 Pembentukan Busur Nyala Listrik .....	16
2.9 Perlindungan Terhadap Busur Nyala Listrik .....	18
2.10 Penyusutan Elektroda.....	19
2.8 Uji Tarik .....	20
<b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian .....	23
3.2 Bahan dan Alat.....	23
3.2.1 Bahan .....	23
3.2.2 Alat.....	23
3.3 Metode Penelitian .....	24
3.4 Uji Tarik .....	25
3.5 Parameter Pengamatan.....	27
3.6 Prosedur Pembuatan Spesimen .....	28
3.7 Penerapan Rumus.....	29
3.8 Pola Alur Pengelasan .....	30
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Hasil Pengujian Tarik .....	31
4.2 Pembahasan Uji Tarik .....	42
<b>BAB 5 KESIMPULAN</b>	
5.1 Kesimpulan .....	57
5.2 Saran .....	57
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	58
<b>LAMPIRAN</b> .....	60

## **DAFTAR NOTASI**

$\sigma$	= tegangan
F	= gaya
A	= luas penampang
$\varepsilon$	= regangan
$L_1$	= panjang saat dikenai beban
$L_0$	= panjang mula-mula

## DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Klasifikasi Baja Karbon .....	4
3.1 Dimensi Spesmen dengan Arus Listrik 80 A.....	25
3.2 Dimensi Spesmen dengan Arus Listrik 100 A.....	25
3.3 Dimensi Spesmen dengan Arus Listrik 120 A.....	25
3.4 Dimensi Spesmen dengan Arus Listrik 140 A.....	25
3.5 Dimensi Spesmen dengan Arus Listrik 140 A.....	26
4.1 Hasil uji Tarik las listrik Arus 80 A.....	31
4.2 Hasil uji Tarik las listrik Arus 100 A.....	31
4.3 Hasil uji Tarik las listrik Arus 120 A.....	31
4.4 Hasil uji Tarik las listrik Arus 140 A.....	32
4.5 Hasil uji Tarik las listrik Arus 160 A.....	32
4.6 Hasil Nilai Tegangan pada sambungan Las Listrik 80 A .....	33
4.7 Hasil Nilai Tegangan pada sambungan Las Listrik 100 A .....	34
4.8 Hasil Nilai Tegangan pada sambungan Las Listrik 120 A .....	35
4.9 Hasil Nilai Tegangan pada sambungan Las Listrik 140 A .....	36
4.10 Hasil Nilai Tegangan pada sambungan Las Listrik 160 A .....	37
4.11 Nilai Reganga pada Las Listrik Arus 80 A .....	38
4.12 Nilai Reganga pada Las Listrik Arus 100 A .....	38
4.13 Nilai Reganga pada Las Listrik Arus 120 A .....	38
4.14 Nilai Reganga pada Las Listrik Arus 140 A .....	38
4.15 Nilai Reganga pada Las Listrik Arus 160 A .....	39
4.16 Tabel hasil perhitungan Modulus Elastisitas rata-rata .....	40

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Pengaruh Arus Listrik .....	12
2.2 Skema dasar las busur listrik.....	15
2.3 Pembentukan busur nyala lisrtik.....	16
2.4 Pembentukan busur nyala lisrtik.....	17
2.5 Peleburan butiran logam elektroda .....	17
2.6 Ilustrasi perlindungan pada kawah lasan .....	18
2.7Pengaruh kecepatan arus terhadap hasil lasan .....	19
2.8 Material yang diuji .....	21
2.9 Gambaran singkat uji tarik .....	21
2.10 Kurva Tegangan-Regangan .....	22
3.1 Flow Chart .....	24
3.2 Spesimen uji Tarik .....	26
3.3 Bentuk Spesimen satu sisi.....	28
3.4 Bentuk Spesimen dua sisi .....	28
3.5 Bentuk Spesimen setelah di las.....	28
4.1 Grafik nilai pengelasan alur melingkar .....	41
4.2 Grafik nilai pengelasan alur Segitiga .....	41
4.3 Grafik nilai pengelasan alur Zigzag .....	42
4.4 Grafik nilai rata rata arus 80 A .....	42
4.5 Grafik nilai pengelasan alur melingkar .....	43
4.6 Grafik nilai pengelasan alur Segitiga .....	43
4.7 Grafik nilai pengelasan alur Zigzag .....	44
4.8 Grafik nilai rata rata arus 100 A .....	44
4.9 Grafik nilai pengelasan alur melingkar .....	45
4.10 Grafik nilai pengelasan alur Segitiga .....	45
4.11 Grafik nilai pengelasan alur Zigzag .....	46
4.12 Grafik nilai rata rata arus 120 A .....	46
4.13 Grafik nilai pengelasan alur melingkar.....	47
4.14 Grafik nilai pengelasan alur Segitiga .....	47

4.15 Grafik nilai pengelasan alur Zigzag .....	48
4.16 Grafik nilai rata rata arus 140 A .....	48
4.17 Grafik nilai pengelasan alur melingkar.....	49
4.18 Grafik nilai pengelasan alur Segitiga.....	49
4.19 Grafik nilai pengelasan alur Zigzag .....	50
4.20 Grafik nilai rata rata arus 160 A .....	50

## **DAFTAR LAMPIRAN**

	Halaman
1. Proses pemotongan plat .....	60
2. Proses penentuan alur lasan .....	60
3. Proses pengelasan .....	61
4 . Proses setelah dipotong.....	61
5. Proses pengujian .....	62
6. Spesifikasi .....	62
7. Hasil Pengujian 80 A .....	63
8. Hasil Pengujian 100 A .....	72
9. Hasil Pengujian 120 A .....	86
10. Hasil Pengujian 140 A .....	95
11. Hasil Pengujian 160 A.....	105

## **BAB 1. PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Pengelasan adalah suatu proses penggabungan logam dimana logam menjadi satu akibat panas las, dengan atau tanpa pengaruh tekanan, dan dengan atau tanpa logam pengisi. (Howard,1981).

Luasnya penggunaan teknologi ini disebabkan karena bangunan dan mesin yang dibuat dengan teknik penyambungan menjadi ringan dan lebih sederhana dalam proses pembuatannya. Lingkup penggunaan teknik pengelasan dalam bidang konstruksi sangat luas, meliputi perkapanan, jembatan, rangka baja, pipa saluran dan lain sebagainya. Di samping itu proses las dapat juga dipergunakan untuk reparasi misalnya untuk mengisi lubang-lubang pada coran, membuat lapisan keras pada perkakas, mempertebal bagian-bagian yang sudah aus dan lain-lain. Pengelasan bukan tujuan utama dari konstruksi, tetapi merupakan sarana untuk mencapai pembuatan yang lebih baik. Karena itu rancangan las harus betul-betul memperhatikan kesesuaian antara sifat-sifat las yaitu kekuatan dari sambungan dan memperhatikan sambungan yang akan dilas, sehingga hasil dari pengelasan sesuai dengan yang diharapkan. Dalam memilih proses pengelasan harus dititik beratkan pada proses yang paling sesuai untuk tiap-tiap sambungan las yang ada pada konstruksi.

Seiring dengan perkembangan teknologi di bidang konstruksi, pengelasan merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari pertumbuhan dan peningkatan industri, karena mempunyai peranan yang sangat penting dalam rekayasa dan reparasi produksi logam. Hampir pada setiap pembangunan suatu konstruksi dengan logam melibatkan unsur pengelasan (Basuki,2009).

Penyetelan kuat arus pengelasan akan mempengaruhi hasil las. Bila arus yang digunakan terlalu rendah akan menyebabkan sukaranya penyalakan busur listrik. Busur listrik yang terjadi menjadi tidak stabil. Panas yang terjadi tidak cukup untuk melelehkan elektroda dan bahan dasar sehingga hasilnya

merupakan rigi-rigi las yang kecil dan tidak rata serta penembusan kurang dalam. Sebaliknya bila arus terlalu tinggi maka elektroda akan mencair terlalu cepat dan akan menghasilkan permukaan las yang lebih lebar dan penembusan yang dalam sehingga menghasilkan kekuatan tarik yang rendah dan menambah kerapuhan dari hasil pengelasan (Arifin, 1997).

Maka dari itu untuk mengusahakan terhadap hasil pengelasan yang baik dan berkualitas perlu memperhatikan sifat-sifat bahan yang akan dilas. Untuk itu penelitian tentang pengelasan sangat mendukung dalam rangka memperoleh hasil pengelasan yang baik. Terwujudnya standar-standar yang teknik pengelasannya akan membantu memperluas lingkup pemakaian sambungan las dan memperbesar ukuran bangunan konstruksi yang akan dilas.

Untuk dapat mengetahui pengaruh arus hasil pengelasan las listrik pada pelat terhadap uji kekuatan Tarik maka perlu dilakukan pengujian terhadap benda uji hasil dari pengelasan.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian di atas maka permasalahan yang timbul dari penelitian di atas ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi arus pengelasan las listrik terhadap kekuatan material.
2. Bagaimana pengaruh variasi pola alur pengelasan terhadap kekuatan material.

## **1.3 Tujuan**

Tujuan dari pengujian sifat mekanis bahan ini adalah :

1. Untuk mengetahui pengaruh variasi arus pengelasan terhadap kekuatan material.
2. Untuk mengetahui pengaruh variasi pola alur pengelasan terhadap kekuatan material.

#### **1.4 Manfaat**

Manfaat dari pengujian sifat mekanis bahan ini adalah :

1. Dapat mengetahui pengaruh variasi arus pengelasan terhadap kekuatan material dengan menggunakan alat uji kekuatan tarik.
2. Dapat mendukung perkembangan teknologi material di Indonesia.
3. Dapat menjadi referensi bagi peneliti selanjutnya tentang pengelasan listrik.

#### **1.5 Batasan Masalah**

Agar dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini lebih mengarah ke tujuan penelitian dengan membatasi pokok permasalahan sebagai berikut :

1. Bahan uji disini menggunakan material Baja ( Stell 40 ) ketebalan 5mm.
2. Pengelasan menggunakan las listrik dengan elektroda terbungkus RB E6013 Ø2.6 mm.
3. Penelitian ini tidak membahas tentang kadar karbon dan komposisi kimia dari material yang dipakai.
4. Penelitian tidak membahas cacat pengelasan dan reaksi kimia yang terjadi.
5. Metode penelitian yang diterapkan adalah metode eksperimental
6. Pengujian ini menggunakan metode pengujian Uji Kekuatan Tarik.
7. Disini tidak menggunakan arus dibawah 80A karena proses pengelasan sering lengket, sukar dan tidak stabil, dan tidak pula menggunakan arus diatas 160A karena bahan uji tidak mampu las dan bila dipaksa akan berakibat lubang.

## **BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1 Plat ST**

2.1.1 Plat ST 37 termasuk baja karbon sangat rendah dengan kandungan karbon kurang dari 0,08% . ST 37 ini menunjukkan bahwa baja ini dengan kekuatan tarik  $\leq 40 \text{ kg/mm}^2$ .

2.1.2 Plat ST 40 termasuk baja karbon rendah dengan kandungan karbon kurang dari 0,3% . ST 40 ini menunjukkan bahwa baja ini dengan kekuatan tarik  $\leq 40 \text{ kg/mm}^2$ .

2.1.3 Plat ST 50 termasuk baja karbon setengah keras dengan kandungan karbon 0.3-0.4%, menunjukkan bahwa baja ini dengan kekuatan tarik 50-60  $\text{kg/mm}^2$ .

2.1.4 Plat ST 60 termasuk baja karbon tinggi dengan kandungan karbon 0.04-0.05%, menunjukkan bahwa baja ini dengan kekuatan tarik 58-70  $\text{kg/mm}^2$ . Plat ini diawali dengan ST diikuti bilangan yang menunjukkan kekuatan tarik minimumnya dalam  $\text{kg/mm}^2$ .

Aplikasi baja ST 40 antara lain digunakan untuk kawat, paku, dan peralatan otomotif lainnya. Aplikasi khusus seperti kawat elektroda berlapis untuk keperluan pengelasan

Alasan menggunakan bahan Plat Baja ST40 ialah karena bahan ini banyak dan sering dijumpai ditoko-toko maupun banyak digunakan pada otomotif antara lain :

1. Sebagai pelapis bodi atau rangka kendaraan.
2. Sebagai alternatif roda pada traktor tangan.

Dari jenis plat ST diatas dijelaskan pula nilai kadar karbon berdasarkan kelasnya, untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Klasifikasi Baja Karbon

Jenis	Kelas	Kadar karbon ( % )	Kekuatan luluh ( Kg/mm <sup>2</sup> )	Kekuatan tarik (Kg/mm <sup>2</sup> )	Perpanjangan ( % )
Baja karbon rendah	Baja lunak	0,08	18-28	32-36	40-100
	Baja sangat lunak	0,08-0,12	20-29	36-42	40-30
	Baja lunak	0,12-0,20	22-30	38-48	36-24
Baja karbon sedang	Baja setengah keras	0,30-0,40	30-40	50-60	30-17
Baja karbon tinggi	Baja keras	0,04-0,50	34-46	58-70	26-14
	Baja sangat keras	0,50-0,80	36-47	65-100	20-11

Sumber : Harsono Wiryosumarto dan T. Okumura (1991:90)

## 2.2 Elektroda

Elektroda ialah suatu benda yang digunakan untuk keperluan las listrik yang berfungsi sebagai pembakar yang akan menimbulkan busur nyala.

### 2.2.1 Jenis Kawat Las

Berdasarkan selaput pelindungnya, elektroda dibedakan menjadi dua macam yaitu:

1. elektroda polos
2. elektroda berselaput

Elektroda berselaput terdiri dari dua bagian dengan fungsi yang berbeda, yaitu:

1. Bagian inti elektroda, yang berfungsi:

- a) Sebagai pengantar arus listrik dari tang elektroda ke busur yang terbentuk, setelah bersentuhan dengan benda kerja.
- b) Sebagai bahan tambah

Sedangkan untuk bahan inti elektroda dibuat dari logam ferro dan non ferro, seperti baja karbon, baja paduan, aluminium, kuningan dan lain-lain.

2. Bagian salutan elektroda, yang berfungsi:

- a) Untuk memberikan gas pelindung pada logam yang dilas, melindungi kontaminasi udara pada waktu logam dalam keadaan cair.
- b) Membentuk lapisan terak, yang melapisi hasil pengelasan dari oksidasi udara selama proses pendinginan.
- c) Mencegah proses pendinginan agar tidak terlalu cepat.
- d) Memudahkan penyalaan.
- e) Mengontrol stabilitas busur.

Salutan pada elektroda yang telah dibuka dari bungkusnya, harus disimpan di dalam kabinet pemanas atau oven dengan suhu 15 derajat lebih tinggi dari suhu udara luar, sebab lapisan tersebut sangat peka terhadap kelembaban. Apabila dibiarkan lembab, maka akan menyebabkan hal-hal sebagai berikut:

- a) Salutan mudah terkelupas, sehingga sulit untuk dinyalakan
- b) Percikan yang berlebihan
- c) Busur tidak stabil
- d) Asap yang berlebihan

### 2.2.2 Pemilihan Elektroda

Dari dua jenis elektroda tersebut, maka pemilihannya haruslah tepat dengan memperhatikan beberapa hal, yaitu:

1. Jenis logam yang akan dilas
2. Tebal bahan yang akan dilas
3. Kekuatan mekanis yang diharapkan dari hasil pengelasan
4. Posisi pengelasan
5. Bentuk kampuh benda kerja

### 2.3 Las Busur Listrik

Las Listrik adalah salah satu cara menyambung logam dengan jalan menggunakan nyala busur listrik yang diarahkan ke permukaan logam yang akan disambung. Pada bagian yang terkena busur listrik tersebut akan mencair, demikian juga elektroda yang menghasilkan busur listrik akan mencair pada ujungnya dan merambat terus sampai habis. Logam cair dari elektroda dan dari sebagian benda yang akan disambung tercampur dan mengisi celah dari kedua logam yang akan disambung, kemudian membeku dan tersambunglah kedua logam tersebut. Mesin las busur listrik dapat mengalirkan arus listrik cukup besar tetapi dengan tegangan yang aman (kurang dari 45 volt). Busur listrik yang terjadi akan menimbulkan energi panas yang cukup tinggi sehingga akan mudah mencairkan logam yang terkena. Besarnya arus listrik dapat diatur sesuai dengan keperluan dengan memperhatikan ukuran dan tipe elektrodanya. Pada las busur, sambungan terjadi oleh panas yang ditimbulkan oleh busur listrik yang terjadi antara benda kerja dan elektroda. Elektroda atau logam pengisi dipanaskan sampai mencair dan diendapkan pada sambungan sehingga terjadi sambungan las. Mula-mula terjadi kontak antara elektroda dan benda kerja sehingga terjadi aliran arus, kemudian dengan memisahkan penghantar timbulah busur. Energi listrik diubah menjadi energi panas dalam busur dan suhu dapat mencapai 5500 °C.

## 2.4 Polaritas Listrik

Sumber listrik yang digunakan berupa listrik AC (Alternating Current) atau listrik DC (Direct Current). Dalam hal listrik DC rangkaian listriknya dapat dengan polaritas lurus dimana kutup positif dihubungkan dengan logam induk dan kutup negatif dihubungkan dengan batang elektroda. Untuk rangkaian listrik dengan polaritas balik adalah sebaliknya. Rangkaian polaritas lurus elektron bergerak dari kutup negatif yaitu elektroda menuju logam induk dan terjadi tumbukan di logam induk dengan kecepatan yang cukup tinggi. Pada elektrodanya sendiri tidak terjadi tumbukan elektron sehingga secara relatif temperatur elektroda tidak terlalu tinggi. Rangkaian listrik polaritas lurus cocok untuk arus listrik yang besar. Pengaruh dari rangkaian ini adalah penetrasi yang dalam dan sempit. Sebaliknya pada rangkaian polaritas balik elektron bergerak dari logam induk menumbuk elektroda, sehingga elektroda menjadi panas. Penetrasi yang terjadi dangkal dan lebar. (Howard B.C;1981).

## 2.5 Las SMAW

Las SMAW yang berasal dari kata **Shield Metal Arc Welding** adalah proses pengelasan yang menggunakan panas untuk mencairkan material dasar atau logam induk dan elektroda (kawat las). Panas tersebut ditimbulkan oleh lompatan ion listrik yang terjadi antara katoda dan anoda (ujung elektroda dan permukaan plat yang akan dilas ). Panas yang timbul dari lompatan ion listrik ini besarnya dapat mencapai 4000o sampai 4500o Celcius.

Proses terjadinya pengelasan karena adanya kontak antara ujung elektroda dan material dasar sehingga terjadi hubungan pendek dan saat terjadi hubungan pendek tersebut tukang las (welder) harus menarik elektrode sehingga terbentuk busur listrik yaitu lompatan ion yang menimbulkan panas. Panas akan mencairkan elektrode dan material dasar sehingga cairan elektrode dan cairan material dasar akan menyatu membentuk logam lasan (weld metal).

## 2.6 Faktor Dalam Pengelasan

GMAW ( Gas Metal Arc Welding ) ialah salah satu proses pengelasan atau penyambungan logam sejenis dengan menggunakan bahan tambahan berupa kawat gulungan dan gas pelindung melalui proses pencairan.

Secara umum ada faktor penting dalam pengelasan GMAW yaitu arus pengelasan, tegangan busur, kecepatan pengelasan.

1. Arus Pengelasan Arus pengelasan sangat menentukan penetrasi las karena berbanding langsung dan paling tidak secara eksponensial. Arus pengelasan juga mempengaruhi tegangan. GMAW dapat menggunakan arus AC (alternating current) atau DC (direct current). Pemilihan arus tergantung jenis bahan yang akan di las. Keunggulan penggunaan listrik arus DC adalah bagusnya busur yang ditimbulkan, sehingga sangat sesuai untuk pengelasan plat yang sangat tipis. Sedangkan arus AC lebih sering dipergunakan karena pertimbangan harga, mudahnya penggunaan dan sederhananya perawatan..dengan arus pengelasan yang tinggi maka ujung dari elektroda akan selalu runcing. Hal ini menyebabkan butir-butir logam cair menjadi halus dan pemindahannya berlangsung dengan cepat, seakan – akan disemburkan.
2. Tegangan Busur Tegangan ini adalah perbedaan potensial listrik antara ujung elektroda dengan permukaan yang akan dilas. Tegangan pengelasan akan berubah seiring dengan perubahan jarak antara elektroda dengan benda kerja, jika jarak yang terjadi membesar maka tegangan akan meningkat. Jika jaraknya mengecil maka tegangannya akan turun. Tegangan pengelasan ini hanya memiliki pengaruh yang kecil terhadap jumlah endapan logam las. Jumlah endapan logam ini sangat dipengaruhi oleh kecepatan pengelasan dan besar arus las. Tegangan pengelasan akan menentukan ukuran dari daerah leburan dan penguatan lasan.Tegangan busur yang rendah akan menghasilkan penembusan yang dalam sedangkan tegangan yang tinggi akan menghasilkan penembusan yang kurang dalam, lebih lebar, disamping itu bila tegangan dinaikkan maka keperluan fluks juga bertambah (Wiryosumarto, 1994 : 240 ).

3. Kecepatan Pengelasan Kecepatan pengelasan adalah perpindahan tiap waktu dimana logam induk yang akan dilas bergerak sepanjang logam las. Kecepatan pengelasan pada umumnya sesuai dengan kombinasi tertentu dari arus dan tegangan proses busur. Kecepatan pengelasan harus berdasarkan waktu dengan satuan detik, hal ini diperlukan karena dimensi logam induk diatur untuk menyeimbangkan masukan panas tiap millimeter dari logam tersebut. Ketika kecepatan pengelasan diatur, nyala busur harus ditetapkan berdasarkan banyak waktu agar menghasilkan kecepatan rata-rata yang akurat. Untuk pengelasan secara terus menerus disarankan menggunakan waktu 30 detik. Kecepatan pengelasan secara akurasi dapat dilakukan dengan las manual atau semi- otomatis tergantung pada welder. Namun, dengan pengelasan otomatis, kecepatan diatur pada perjalanan kereta bermotor yang dikendalikan untuk mengatur jalannya logam induk terhadap pembentukan busur las dari tang elektroda (Funderburk, 1999).

## 2.7 Arus Listrik

Besarnya arus listrik pengelasan tergantung dari bahan, ukuran dari lasan, geometri sambungan, posisi pengelasan, macam elektroda dan diameter inti elektroda. Dalam hal daerah las mempunyai kapasitas panas yang tinggi dengan sendirinya diperlukan arus listrik lasan yang besar. Untuk menghindari terbakarnya unsur-unsur paduan pada plat tipis sebaiknya digunakan arus las yang kecil. (Howard B.C;1981).

### 2.7.1 Mesin Las Arus Bolak-Balik (Mesin AC)

Mesin memerlukan arus listrik bolak-balik atau arus AC yang dihasilkan oleh pembangkit listrik, listrik PLN atau generator AC, dapat digunakan sebagai sumber tenaga dalam proses pengelasan. Besarnya tegangan listrik yang dihasilkan oleh sumber pembangkit listrik belum sesuai dengan tegangan yang digunakan untuk pengelasan. Bisa terjadi tegangannya terlalu tinggi atau terlalu rendah, sehingga besarnya tegangan perlu disesuaikan terlebih dahulu dengan cara menaikkan atau menurunkan tegangan. Alat yang digunakan untuk menaikkan atau menurunkan tegangan ini disebut transformator atau trafo. Kebanyakan trafo yang digunakan pada peralatan las adalah jenis trafo step-down, yaitu trafo yang

berfungsi menurunkan tegangan. Hal ini disebabkan kebanyakan sumber listrik, baik listrik PLN maupun listrik dari sumber yang lain, mempunyai tegangan yang cukup tinggi, padahal kebutuhan tegangan yang dikeluarkan oleh mesin las untuk pengelasan hanya 55 volt sampai 85 volt. Transformator yang digunakan pada peralatan las mempunyai daya yang cukup besar. Untuk mencairkan sebagian logam induk dan elektroda dibutuhkan energi yang besar, karena tegangan pada bagian terminal kumparan sekunder hanya kecil, maka untuk menghasilkan daya yang besar perlu arus besar. Arus yang digunakan untuk peralatan las sekitar 10 ampere sampai 500 ampere. Besarnya arus listrik dapat diatur sesuai dengan keperluan las. Untuk keperluan daya besar diperlukan arus yang lebih besar pula, dan sebaliknya.

#### 2.7.2 Mesin Las Arus Searah (Mesin DC)

arus listrik yang digunakan untuk memperoleh nyala busur listrik adalah arus searah. Arus searah ini berasal dari mesin berupa dynamo motor listrik searah. Dinamo dapat digerakkan oleh motor listrik, motor bensin, motor diesel, atau alat penggerak yang lain. Mesin arus yang menggunakan motor listrik sebagai penggerak mulanya memerlukan peralatan yang berfungsi sebagai penyearah arus. Penyearah arus atau rectifier berfungsi untuk mengubah arus bolak-balik (AC) menjadi arus searah (DC). Arus bolak-balik diubah menjadi arus searah pada proses pengelasan mempunyai beberapa keuntungan, antara lain:

1. Nyala busur listrik yang dihasilkan lebih stabil,
2. Setiap jenis elektroda dapat digunakan pada mesin las DC,
3. Tingkat kebisingan lebih rendah,
4. Mesin las lebih fleksibel, karena dapat diubah ke arus bolak-balik atau arus searah

Mesin las DC ada 2 macam, yaitu mesin las stasioner atau mesin las portabel. Mesin las stasioner biasanya digunakan pada tempat atau bengkel yang mempunyai jaringan listrik permanen, misal listrik PLN. Adapun mesin las portabel mempunyai bentuk relatif kecil biasanya digunakan untuk proses

pengelasan pada tempat-tempat yang tidak terjangkau jaringan listrik. Hal yang perlu diperhatikan dalam pengoperasian mesin las adalah penggunaan yang sesuai dengan prosedur yang dikeluarkan oleh pabrik pembuat mesin, perawatan yang sesuai dengan anjuran. Sering kali gangguan-gangguan timbul pada mesin las, antara lain mesin tidak mengeluarkan arus listrik atau nyala busur listrik lemah.

### 2.7.3 Mesin Las Ganda (Mesin AC-DC)

Mesin las ini mampu melayani pengelasan dengan arus searah (DC) dan pengelasan dengan arus bolak-balik. Mesin las ganda mempunyai transformator satu fasa dan sebuah alat perata dalam satu unit mesin. Keluaran arus bolak-balik diambil dari terminal lilitan sekunder transformator melalui regulator arus. Adapun arus searah diambil dari keluaran alat perata arus. Pengaturan keluaran arus bolak-balik atau arus searah dapat dilakukan dengan mudah, yaitu hanya dengan memutar alat pengatur arus dari mesin las. Mesin las AC-DC lebih fleksibel karena mempunyai semua kemampuan yang dimiliki masing-masing mesin las DC atau mesin las AC.

#### Keuntungan Mesin AC-DC Mesin

##### Las Mesin AC

1. Perlengkapan dan perawatan lebih murah
2. Kabel massa dan kabel elektroda dapat ditukar, tetapi tidak mempengaruhi hasil las.
3. Busur nyala kecil sehingga mengurangi timbulnya keropos pada rigi-rigi las.

##### Las Mesin DC

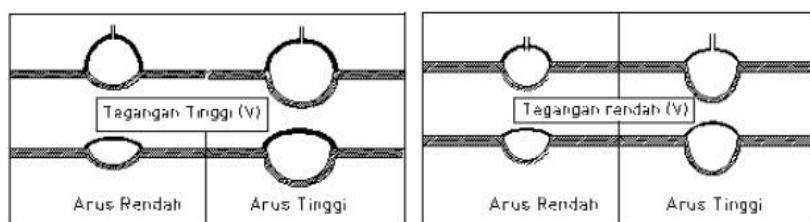
1. Busur nyala listrik yang dihasilkan stabil.
2. Dapat menggunakan semua jenis elektroda.
3. Dapat digunakan untuk pengelasan pelat tipis.

## 2.8 Parameter Pengelasan

Kestabilan dari busur api yang terjadi pada saat pengelasan merupakan masalah yang paling banyak terjadi dalam proses pengelasan dengan SAW, oleh karena itu kombinasi dari Arus listrik (I) yang dipergunakan dan Tegangan (V) harus benar-benar sesuai dengan spesifikasi kawat elektroda dan fluksi yang dipakai.

### 1 Pengaruh dari Arus Listrik (I)

Setiap kenaikan arus listrik yang dipergunakan pada saat pengelasan akan meningkatkan penetrasi serta memperbesar kuantiti lasnya. Penetrasi akan meningkat 2 mm per 100 A dan kuantiti las meningkat juga



Gambar 2.1 Pengaruh Arus Listrik.

Sumber: Dasar-dasar pengelasan, W. Keynyon terjemahan Dines Ginting.

### 2. Pengaruh dari Tegangan Listrik (V)

Setiap peningkatan tegangan listrik (V) yang dipergunakan pada proses pengelasan akan semakin memperbesar jarak antara tip elektroda dengan material yang akan dilas, sehingga busur api yang terbentuk akan menyebar dan mengurangi penetrasi pada material las. Konsumsi fluksi yang dipergunakan akan meningkat sekitar 10% pada setiap kenaikan 1 volt tegangan.

### 3. Pengaruh Kecepatan Pengelasan

Jika kecepatan awal pengelasan dimulai pada kecepatan 40 cm/menit, setiap pertambahan kecepatan akan membuat bentuk jalur las yang kecil (*Welding Bead*), penetrasi, lebar serta kedalaman las pada benda kerja akan berkurang.

Tetapi jika kecepatan pengelasannya berkurang dibawah 40 cm/menit cairan las yang terjadi dibawah busur api las akan menyebar serta penetrasi yang dangkal, hal ini dikarenakan over heat.

#### 4. Pengaruh Polaritas arus listrik (AC atau DC)

Pengelasan dengan kawat elektroda tunggal pada umumnya menggunakan tipe arus *Direct Current* (DC), elektroda positif (EP), jika menggunakan elektroda negatif (EN) penetrasi yang terbentuk akan rendah dan kuantiti las yang tinggi. Pengaruh dari arus *Alternating Current* (AC) pada bentuk butiran las dan kuantiti pengelasan antara elektroda positif dan negatif adalah sama yaitu cenderung porosity, oleh karena itu dalam proses pengelasan yang menggunakan arus AC harus memakai fluks yang khusus.

##### a. Pengaruh Arus Listrik Pada Hasil Las

Bila arus terlalu rendah (kecil), akan menyebabkan:

1. Penyalaan busur listrik sukar dan busur listrik yang terjadi tidak stabil,
2. Terlalu banyak tumpukan logam las karena panas yang terjadi tidak mampu melebihkan elektroda dan bahan bakar dengan baik,
3. Penembusaun kurang baik,
4. Pinggiran-pinggiran dingin.

##### b. Pengaruh Kecepatan Elektroda Pada Hasil Las

Untuk menghasilkan rigi-rigi las yang rata dan halus, kecepatan tangan menarik atau mendorong elektroda waktu mengelas harus stabil. Apabila elektroda di gerakkan:

1. Tepat dan stabil, menghasilkan daerah perpaduan dengan bahan dasar dan perembesan luasnya baik.
2. Terlalu cepat, menghasilkan perembesan las yang dangkal karena pemanasan bahan bakar dasar.
3. Terlalu lambat, menghasilkan alur yang lebar hal ini dapat menimbulkan kerusakan sisi las, terutama bila bahan dasar yang dilas tipis



Gambar 2.2 Skema dasar las busur listrik.

Sumber: Dasar-dasar pengelasan, W. Keynyon terjemahan Dines Ginting.

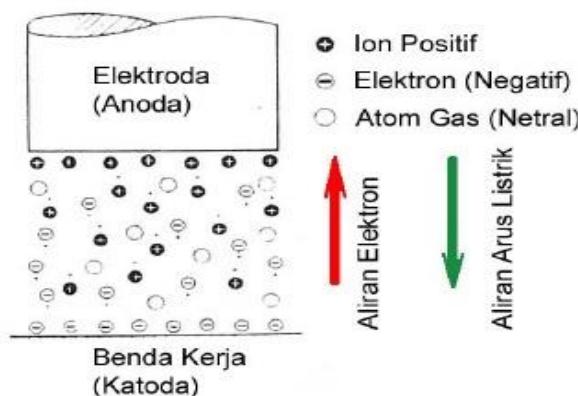
Skema dasar las busur nyala listrik dapat dilihat pada gambar diatas. Sebuah mesin las dengan sumber tegangan AC ataupun DC, dihubungkan ke benda kerja menggunakan kabel.Ujung kabel satunya dihubungkan ke elektroda melalui kabel elektroda dan pemegang elektroda.

Busur nyala listrik terjadi pada saat elektroda menyentuh benda kerja, kemudian secepat mungkin ditarik kembali dan diberikan jarak tertentu dengan benda kerja. Temperatur yang dihasilkan oleh busur nyala listrik mencapai  $4000^{\circ}$  C. panas yang dihasilkan akan melelehkan bagian benda kerja dan ujung elektroda, menghasilkan lubang logam cair yang biasa disebut kawah lasan. Kawah lasan yang berupa paduan lelehan benda kerja dan elektroda akan membeku pada saat elektroda bergeser sepanjang jalur sambungan yang akan dibuat, sehingga dihasilkan sambungan las yang kuat berupa paduan logam dari bahan tambah dan benda kerja yang disambung.

## 2.9 Pembentukan Busur Nyala Listrik

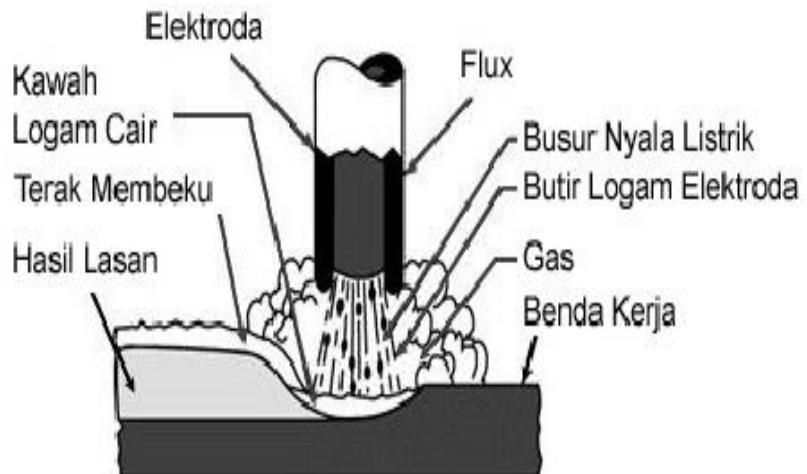
Sumber listrik dihubungkan ke benda kerja sedemikian rupa sehingga kutup sumber yang satu terhubung ke benda kerja (berfungsi sebagai katoda), kutup yang lain dihubungkan dengan elektroda (berfungsi sebagai anoda). Pada saat elektroda didekatkan /ditempelkan ke benda kerja, akan terjadi hubungan singkat antara kutup-kutup sumber listrik.

Elektron mengalir dengan kecepatan tinggi dari kutup katoda (benda kerja) ke kutup anoda, (yang berupa elektroda) melompati ruang udara diantara katoda dan anoda. Aliran elektron menimbulkan aliran Ion positif dari kutup anoda ke kutup katoda, yang kita istilahkan sebagai aliran arus listrik. Arus listrik yang melompat melalui ruang udara kita lihat sebagai busur nyala listrik. Semakin besar aliran arus listrik yang terjadi, busur nyala listrik yang tercipta juga semakin besar.



Gambar 2.3 Pembentukan busur nyala listrik.

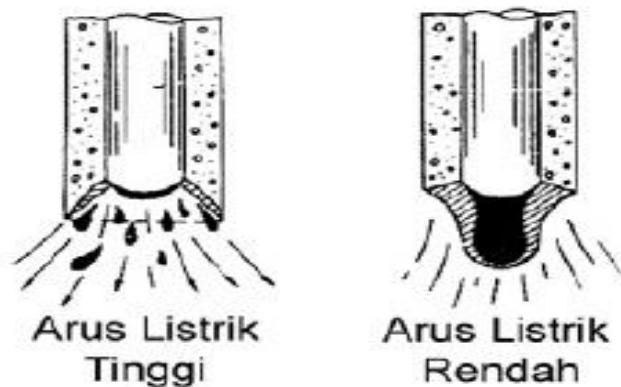
Sumber: Dasar-dasar pengelasan, W. Keynyon terjemahan Dines Ginting.



Gambar 2.4 Pembentukan busur nyala listrik.

Sumber: Dasar-dasar pengelasan, W. Keynyon terjemahan Dines Ginting.

Apabila arus listrik yang mengalir besar, butir-butir logam akan menjadi halus. Tetapi jika arus listriknya terlalu besar, butir-butir logam tersebut akan terbakar sehingga kampuh sambungan menjadi rapuh.



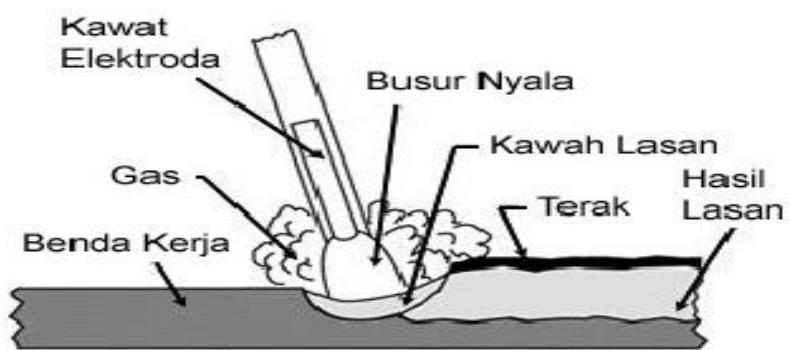
Gambar 2.5 Peleburan butiran logam elektroda.

Sumber: Dasar-dasar pengelasan, W. Keynyon terjemahan Dines Ginting.

Besar kecilnya butir - butir cairan logam elektroda juga dipengaruhi oleh komposisi bahan fluks yang dipakai sebagai pembungkus Elektroda. Selama pengelasan fluks akan mencair membentuk terak dan menutup cairan logam lasan. Selama proses pengelasan, fluks yang tidak terbakar akan berubah menjadi gas. Terak dan gas yang terjadi selama proses pengelasan tersebut akan melindungi cairan logam lasan dari pengaruh udara luar (oksidasi) dan memantapkan busur nyala listrik. Dengan adanya fluks, pemindahan logam cair Elektroda las menjadi lancar dan stabil

## 2.10 Perlindungan Terhadap Busur Nyala Listrik

Bagaimanapun, proses pengelasan busur nyala listrik tidak hanya sekedar menggeser elektroda sepanjang jalur sambungan. Pada suhu tinggi, logam memiliki kecenderungan mudah bereaksi terhadap zat-zat yang terkandung dalam udara, terutama terhadap oksigen dan nitrogen. Pada saat pengelasan, apabila terjadi kontak langsung antara kawah lasan dengan udara bebas, oksid dan nitrid akan terbentuk sehingga menurunkan kekuatan dan keuletan sambungan. Perlindungan terhadap busur nyala listrik akan mengurangi hubungan kawah lasan dengan udara bebas sehingga melindungi sambungan lasan dari proses oksidasi yang akan merusak mutu lasan.



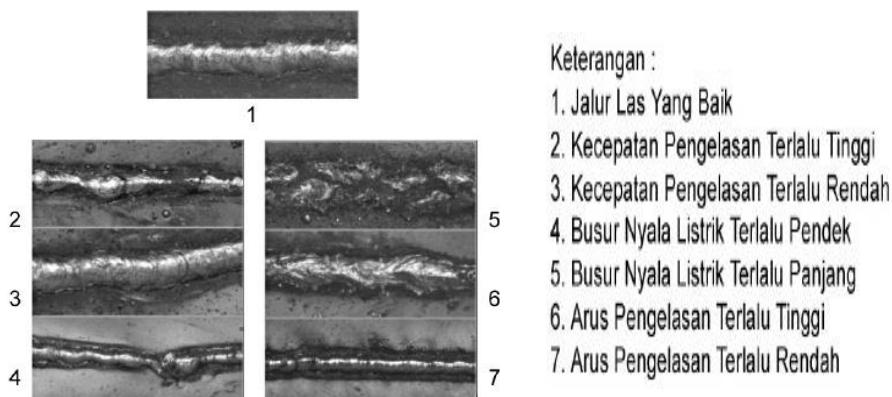
Gambar 2.6 Ilustrasi Perlindungan Terhadap Kawah Lasan dan Sambungan Las pada las Busur Nyala Listrik dengan Elektroda Terbungkus

Sumber: Dasar-dasar pengelasan, W. Keynyon terjemahan Dines  
Ginting

Gambar di atas menunjukkan ilustrasi perlindungan busur nyala listrik dan kawah lasan pada las busur nyala listrik dengan Elektroda terbungkus. Fluks yang digunakan untuk membungkus elektroda berfungsi menghasilkan gas dan terak. Gas berfungsi sebagai pelindung kawah lasan, sedangkan terak yang dihasilkan berfungsi untuk melindungi sambungan las dari oksidasi akibat terhubung dengan udara luar

## 2.11 Penyulutan Elektroda

Hasil pengelasan terbaik akan didapatkan dengan cara mengatur panjang busur nyala, mengatur kecepatan pengelasan dan pemakanan elektroda (*feeding*) secara konstan sesuai dengan kecepatan lebur elektroda. Penyulutan elektroda dilakukan dengan mengadakan hubungan singkat pada ujung Elektroda dengan logam benda kerja yang kemudian secepat mungkin memisahkannya dengan jarak tertentu (biasanya setengah dari diameter elektroda).



Gambar 2.7 Pengaruh kecepatan, arus pengelasan terhadap hasil lasan

Sumber: Dasar-dasar pengelasan, W. Keynyon terjemahan Dines Ginting.

## 2.12 Uji Tarik

Uji tarik (*Tension Test*) adalah salah satu pengujian yang sederhana dan paling luas digunakan untuk menentukan karakteristik deformasi pada material akibat beban luar yang bekerja. Uji tarik adalah pengujian bahan dengan cara menariknya hingga terjadi patah. Uji tarik banyak dilakukan untuk melengkapi informasi rancangan dasar kekuatan suatu bahan dan sebagai data pendukung bagi spesifikasi bahan. Pada uji tarik benda uji diberi beban gaya tarik sesumbu yang bertambah besar secara *continue*, bersamaan dengan ini dilakukan pengamatan mengenai perpanjangan yang di alami benda uji.

Uji tarik adalah salah satu uji stress-strain mekanik yang bertujuan untuk mengetahui kekuatan bahan terhadap gaya tarik. Dalam pengujiannya, bahan uji ditarik sampai putus

Engineering Strain (regangan):

Keterangan :  $L_o$  = Panjang Mula-mula (mm)

$L_i$  = Panjang akhir (mm)

$\Delta L$  = Pertambahan Panjang (mm)

$\varepsilon$  = Regangan

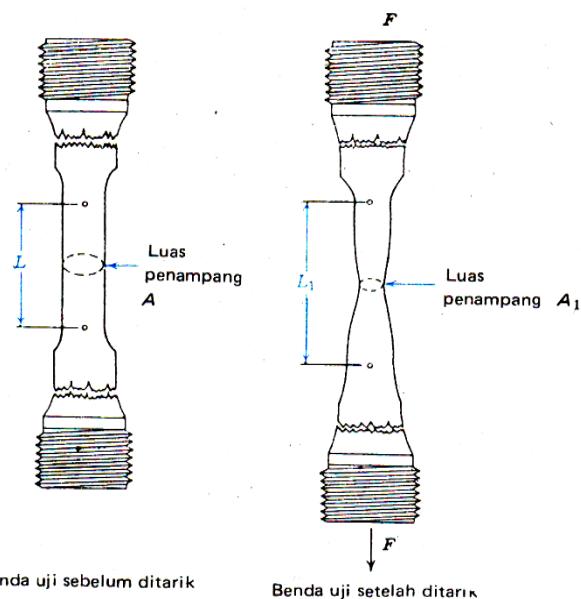
### Engineering Stresses (Tegangan):

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \dots \quad 2.2$$

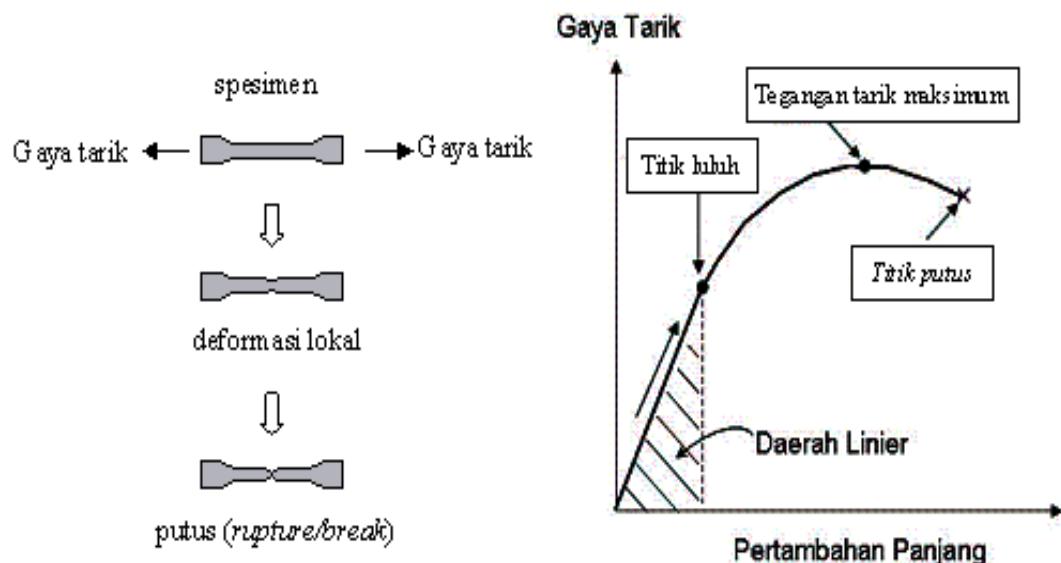
Keterangan:  $\sigma$  = Tegangan ( $N/m^2$ )

F = Beban yang diberikan (N)

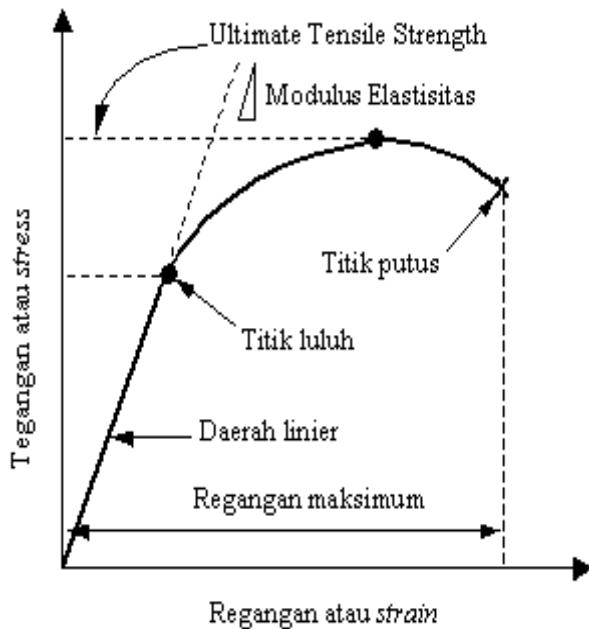
$A_0$  = Luas penampang bahan sebelum dibebani (mm)



Gambar 2.8 Material yang diuji tarik.



Gambar 2.9 Gambaran singkat uji tarik



Gambar 2.10 Kurva Tegangan-Regangan

1. Daerah Linier adalah hubungan antara beban atau gaya yang diberikan berbanding lurus
2. Titik Luluh atau kekuatan luluh adalah perubahan dari deformasi elstis ke deformasi plastis
3. Kekuatan Tarik Maksimum atau adalah beban maksimum benda uji
4. Titik Putus adalah besarnya Tegangan dimana bahan yang diuji putus atau patah

## **BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN**

### **3.1 Tempat dan Waktu Pelaksanaan**

Tempat penelitian : Laboratorium Otomotif Politeknik Negeri Jember

Tempat Pengukuran : Laboratorium teknik Sipil ( UM )

Tanggal Pengukuran : 12 September – 22 September 2016

Waktu pelaksanaan : 07.00 s/d Selesai.

### **3.2 Bahan dan Alat**

#### **3.2.1 Bahan yang digunakan adalah :**

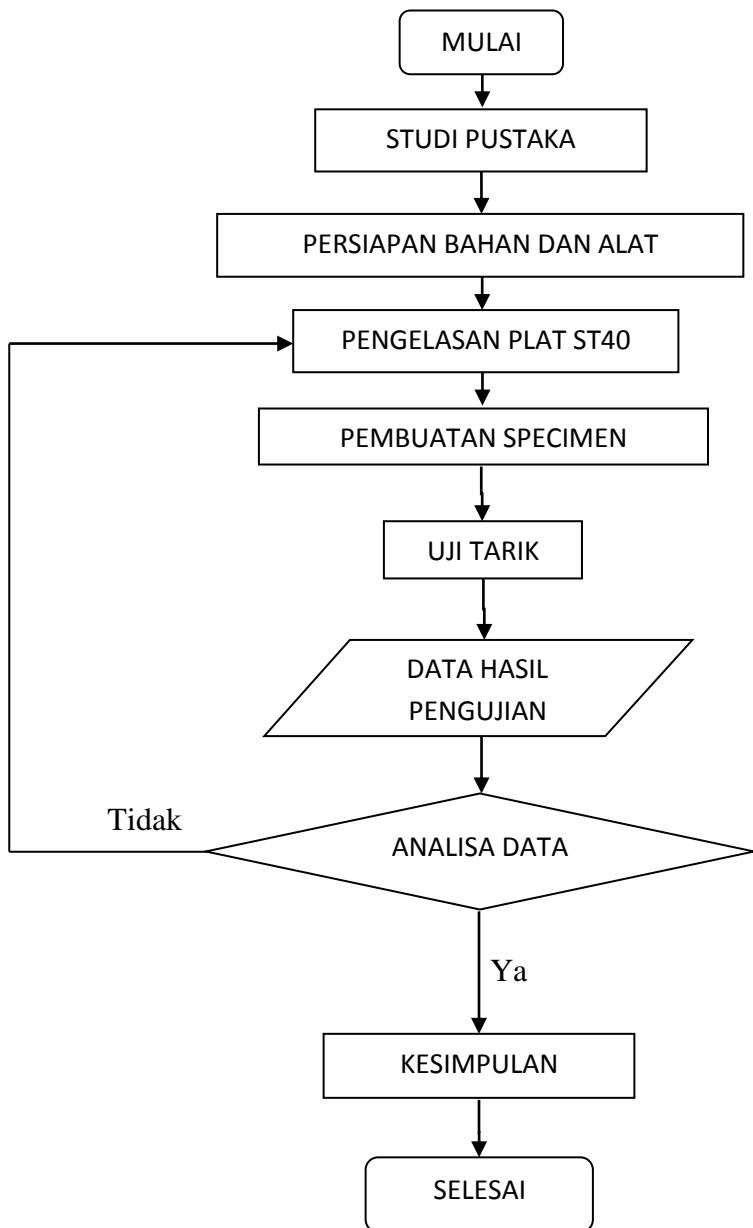
- a) Elektroda Las Listrik E 6013 Ø 2.6 mm
- b) Resibon Potong
- c) Plat ST40 ketebalan 5mm

#### **3.2.2 Alat yang digunakan adalah :**

- a) Alat Uji Tarik (*Tensile test*).
- b) Inverter Las Listrik.
- c) Pemotong Pelat (*Gerinda tangan* ).
- d) Penggaris / Jangka Sorong.
- e) Tang Penjepit.

### 3.3 Metode Penelitian

Dalam penelitian tugas akhir ini dapat dijelaskan secara sederhana oleh diagram proses alur penelitian adalah sebagai berikut:



Gambar 3.1 Flow Chart

### 3.4 Uji Tarik

Prosedur pembuatan specimen menurut standard ASTM E8 Pembuatan bahan uji dengan besar dimensi spesimen, sebagai berikut :

#### 3.4.1 Tabel Dimensi Spesimen dengan Arus Listrik 80 A

Pola	Ukuran Spesimen ( mm )			Ulangan ( kali )
	Panjang	Lebar	Tinggi	
Melingkar	165	5	20	5
Segitiga	165	5	20	5
Zigzag	165	5	20	5

#### 3.4.2 Tabel Dimensi Spesimen dengan Arus Listrik 100 A

Pola	Ukuran Spesimen ( mm )			Ulangan ( kali )
	Panjang	Lebar	Tinggi	
Melingkar	165	5	20	5
Segitiga	165	5	20	5
Zigzag	165	5	20	5

#### 3.4.3 Tabel Dimensi Spesimen dengan Arus Listrik 120 A

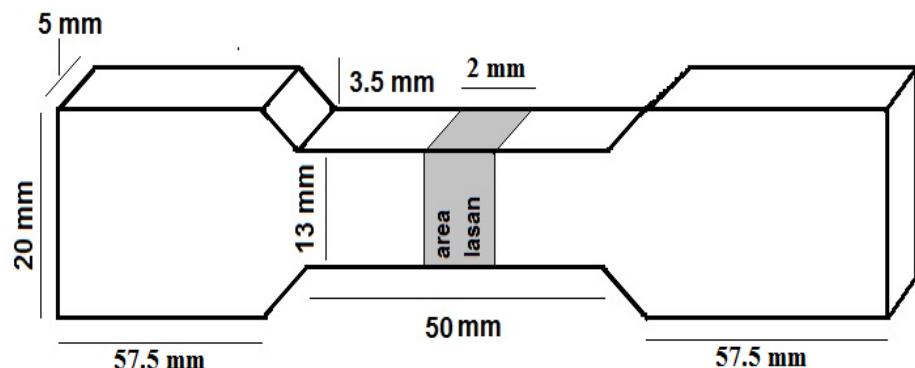
Pola	Ukuran Spesimen ( mm )			Ulangan ( kali )
	Panjang	Lebar	Tinggi	
Melingkar	165	5	20	5
Segitiga	165	5	20	5
Zigzag	165	5	20	5

#### 3.4.4 Tabel Dimensi Spesimen dengan Arus Listrik 140 A

Pola	Ukuran Spesimen ( mm )			Ulangan ( kali )
	Panjang	Lebar	Tinggi	
Melingkar	165	5	20	5
Segitiga	165	5	20	5
Zigzag	165	5	20	5

### 3.4.5 Tabel Dimensi Spesimen dengan Arus Listrik 160 A

Pola	Ukuran Spesimen ( mm )			Ulangan ( kali )
	Panjang	Lebar	Tinggi	
Melingkar	165	5	20	5
Segitiga	165	5	20	5
Zigzag	165	5	20	5



Gambar 3.2 Bentuk specimen uji tarik

Prosedur pengujian dalam melakukan uji tarik.

1. Menyiapkan mesin uji tarik
2. Memasang spesimen pada mesin uji tarik
3. Memasang strain gauge pada badan spesimen
4. Menjalankan mesin uji tarik dan mencatat perubahan panjang, perbedaan lebar yang dipengaruhi besarnya beban
5. Setelah percobaan, diukur panjang spesimen uji setelah patah.

### 3.5 Parameter pengamatan

Variabel bebas :

- \* Arus yang digunakan dalam proses pengelasan listrik adalah 80A, 100A, 120A, 140A, dan 160A.
- \* Jenis pengujian

Variable terikat :

- \* Kekuatan Bahan.

Variable terukur :

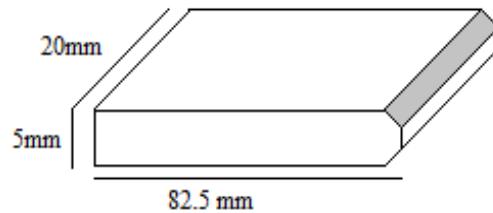
- \* Nilai Kekuatan Bahan.

Dengan cara pengukuran pada :

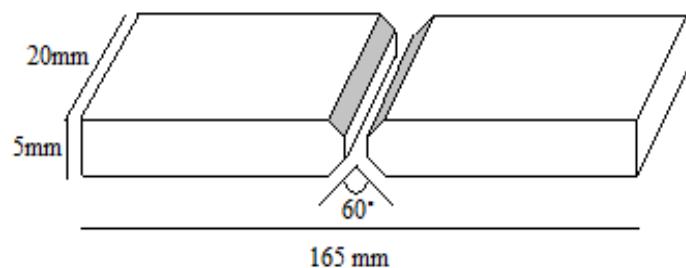
- \* Pengujian kekuatan bahan.

### 3.6 Prosedur Pembuatan Spesimen

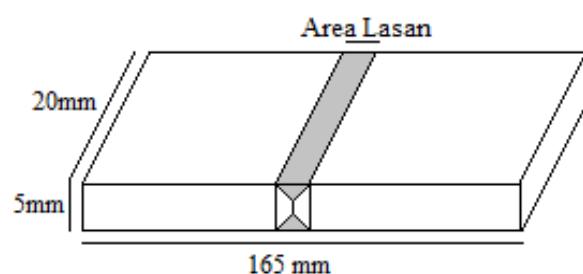
#### 3.6.1 Spesimen Uji Tarik



Gambar 3.4 Bentuk specimen satu sisi



Gambar 3.5 Bentuk specimen dua sisi



Gambar 3.6 Bentuk specimen setelah di Las

### 3.7 Penerapan rumus

Rumus yang digunakan Uji Tarik :

1. Regangan

$$\varepsilon = \frac{L_i - L_o}{L_o} = \frac{\Delta L}{L_o}$$

2. Tegangan

$$\sigma = \frac{F}{A_o}$$

Keterangan :

$L_o$  = Panjang Mula-mula       $\sigma$  = Tegangan ( $N/m^2$ )

$L_i$  = Panjang akhir       $F$  = Beban yang diberikan( $N$ )

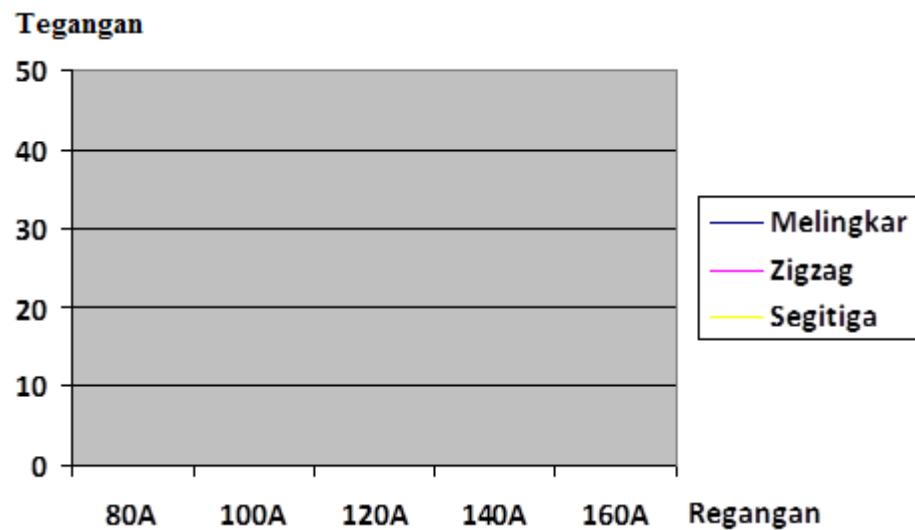
$\Delta L$  = Pertambahan Panjang

$\varepsilon$  = Regangan (mm)

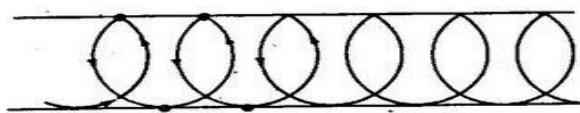
$A_o$  = Luas penampang bahan sebelum dibebani ( $m^2$ )

Dari data yang diperoleh akan di hasilkan rata-rata dari masing-masing alur pengelasan terhadap hasil variasi arus las listrik beserta pola alur pengelasannya.

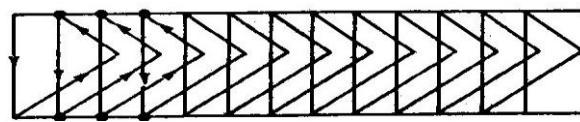
### 3.7.1 Grafik Perbandingan Tegangan dan Regangan Uji Tarik Las Listrik



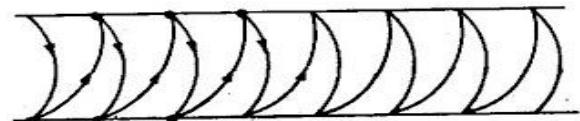
### 3.8 Pola alur pengelasan



Alur Melingkar



Alur segitiga



Alur Zig-zag

## BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Pengujian Tarik

Tabel 4.1.1 Hasil uji tarik las listrik Arus 80 A

No	Alur Pengelasan	Load & Deformasi	Pola Pengujian Arus 80 A					
			ke-1	ke-2	ke-3	ke-4	ke-5	Rata- rata
1	Melingkar	L (N)	20.711	19.799	20.168	19.571	19.611	19.972
		D (mm)	2.133	2.155	2.116	2.103	2.184	2.138
2	Segitiga	L (N)	18.214	18.269	19.408	19.517	18.649	18.811
		D (mm)	2.211	2.219	2.221	2.210	2.211	2.214
3	Zigzag	G (N)	17.889	17.563	17.726	17.509	17.184	17.574
		L (mm)	2.345	2.315	2.310	2.302	2.319	2.318

Keterangan : L = Load (Newton)

D = Deformasi (mm)

Pada tabel di atas menunjukkan nilai rata-rata patahan uji tarik terbesar pada sambungan las listrik pola alur melingkar yaitu rata-rata nilainya sebesar 19.972 Newton. Untuk nilai deformasinya terdapat pada pola alur pengelasan zigzag sebesar 2.318 mm.

Tabel 4.1.2 Hasil uji tarik las listrik Arus 100 A

No	Alur Pengelasan	Load & Deformasi	Pola Pengujian Arus 100 A					
			ke-1	ke-2	ke-3	ke-4	ke-5	Rata- rata
1	Melingkar	L (N)	20.873	21.144	21.470	20.927	21.199	21.123
		D (mm)	2.022	2.001	2.069	2.005	2.025	2.024
2	Segitiga	L (N)	20.493	20.214	20.168	20.113	19.288	20.055
		D (mm)	2.101	2.107	2.103	2.109	2.102	2.104
3	Zigzag	L (N)	19.408	18.703	19.245	19.435	19.649	19.288
		D (mm)	2.215	2.219	2.211	2.212	2.201	2.212

Keterangan : L = Load (Newton)

D = Deformasi (mm)

Pada tabel di atas menunjukkan nilai rata-rata patahan uji tarik terbesar pada sambungan las listrik pola alur melingkar yaitu rata-rata nilainya sebesar 21.123 Newton. Untuk nilai deformasinya terdapat pada pola alur pengelasan zigzag sebesar 2.212 mm.

Tabel 4.1.3 Hasil uji tarik las listrik Arus 120 A

No	Alur Pengelasan	Load & Deformasi	Pola Pengujian Arus 120 A					
			ke-1	ke-2	ke-3	ke-4	ke-5	Rata-rata
1	Melingkar	L (N)	21.578	21.775	22.229	22.338	22.175	22.019
		D (mm)	1.901	1.919	1.921	9.917	1.914	3.514
2	Segitiga	L (N)	21.416	21.687	20.710	20.656	20.765	21.047
		D (mm)	2.059	2.019	2.023	2.005	2.011	2.023
3	Zigzag	L (N)	19.453	19.462	19.788	20.005	20.168	19.775
		D (mm)	2.120	2.112	2.115	2.119	2.114	2.116

Keterangan : L = Load (Newton)

D = Deformasi (mm)

Pada tabel di atas menunjukkan nilai rata-rata patahan uji tarik terbesar pada sambungan las listrik pola alur melingkar yaitu rata-rata nilainya sebesar 22.019 Newton. Untuk nilai deformasinya terdapat pada pola alur pengelasan zigzag sebesar 2.116 mm.

Tabel 4.1.4 Hasil uji tarik las listrik Arus 140 A

No	Alur Pengelasan	Load & Deformasi	Pola Pengujian Arus 140 A					
			ke-1	ke-2	ke-3	ke-4	ke-5	Rata-rata
1	Melingkar	L (N)	22.501	22.722	22.392	22.989	22.881	22.697
		D (mm)	1.836	1.841	1.826	1.826	1.822	1.830
2	Segitiga	L (N)	21.307	21.199	21.578	21.470	21.416	21.394
		D (mm)	1.937	1.952	1.936	1.946	1.923	1.939
3	Zigzag	L (N)	20.927	20.873	20.927	20.819	20.927	20.895
		D (mm)	2.125	2.089	2.074	2.088	2.053	2.086

Keterangan : L = Load (Newton)

D = Deformasi (mm)

Pada tabel di atas menunjukkan nilai rata-rata patahan uji tarik terbesar pada sambungan las listrik pola alur melingkar yaitu rata-rata nilainya sebesar 22.697 Newton. Untuk nilai deformasinya terdapat pada pola alur pengelasan zigzag sebesar 2.086 mm.

Tabel 4.1.5 Hasil uji tarik las listrik Arus 160 A

No	Alur Pengelasan	Load & Deformasi	Pola Pengujian Arus 160 A					
			ke-1	ke-2	ke-3	ke-4	ke-5	Rata-rata
1	Melingkar	L (N)	24.020	23.857	23.749	24.074	24.020	23.944
		D (mm)	1.743	1.714	1.716	1.747	1.725	1.729
2	Segitiga	L (N)	22.012	22.284	22.501	22.338	22.446	22.316
		D (mm)	1.843	1.837	1.837	1.888	1.856	1.852
3	Zigzag	L (N)	21.524	21.633	21.524	21.119	21.524	21.465
		D (mm)	1.931	1.935	1.979	1.912	1.943	1.940

Keterangan : L = Load (Newton)

D = Deformasi (mm)

Pada tabel Arus 160 A di atas menunjukkan nilai rata-rata patahan uji tarik terbesar pada sambungan las listrik pola alur melingkar yaitu rata-rata nilainya sebesar 23.944 Newton. Untuk nilai deformasinya terdapat pada pola alur pengelasan zigzag sebesar 2.940 mm.

Pada tabel di atas menunjukkan nilai rata-rata patahan uji tarik terbesar pada sambungan terdapat pada sambungan las listrik arus 160 A dengan pola alur pengelasan melingkar yaitu rata-rata nilainya sebesar 23.944 Newton. Untuk nilai deformasi terbesar terdapat pada pengelasan 80 A pola alur zigzag sebesar 2.318 mm.

Data tabel di atas dilanjutkan mencari nilai modulus elastisitas yang dibutuhkan pada saat spesimen mengalami patahan. Dalam mencari nilai modulus elastisitas, diharuskan mencari nilai Tegangan dan Regangan dari material tersebut. Dimana rumus yang dipakai untuk mencari nilai tegangan adalah :

$$\sigma = F / A$$

Keterangan:  $\sigma$  = Tegangan ( $N/mm^2$ )

F = Beban yang diberikan (N)

A = Luas penampang bahan sebelum dibebani ( $mm^2$ ).

Tabel 4.6 Hasil Nilai Tegangan pada sambungan Las Listrik Arus 80 A

No	Pola alur pengelasan	Gaya (N)	Luas Permukaan (mm <sup>2</sup> )	Tegangan (N/mm <sup>2</sup> )	Tegangan (N/m <sup>2</sup> )
1	Melingkar	20.711	45.5	0.45519	0.0045519
		19.799	45.5	0.43514	0.0043514
		20.168	45.5	0.44325	0.0044325
		19.571	45.5	0.43013	0.0043013
		19.611	45.5	0.43101	0.0043101
		Rata-rata		<b>0.43895</b>	<b>0.0043895</b>
2	Segitiga	18.214	45.5	0.40031	0.0040031
		18.269	45.5	0.40152	0.0040152
		19.408	45.5	0.42655	0.0042655
		19.517	45.5	0.42895	0.0042895
		19.788	45.5	0.43490	0.0043490
		Rata-rata		<b>0.41844</b>	<b>0.0041844</b>
3	Zigzag	17.889	45.5	0.39316	0.0039316
		17.563	45.5	0.38600	0.0038600
		17.726	45.5	0.38958	0.0038958
		17.509	45.5	0.38481	0.0038481
		17.184	45.5	0.37767	0.0037767
		Rata-rata		<b>0.38625</b>	<b>0.0038625</b>

Pada tabel tegangan di atas menunjukkan bahwa nilai tegangan tertinggi pada arus 80 A terdapat pada pola alur sambungan Melingkar memiliki nilai tegangan rata-rata **0.43895 (N/mm<sup>2</sup>)** atau **0.0043895 (N/m<sup>2</sup>)**. Nilai tegangan menunjukkan seberapa kuat spesimen jika di berikan beban tarik tersebut.

Tabel 4.7 Hasil nilai tegangan pada sambungan las listrik Arus 100 A

No	Pola alur pengelasan	Gaya (N)	Luas Permukaan (mm <sup>2</sup> )	Tegangan (N/mm <sup>2</sup> )	Tegangan (N/m <sup>2</sup> )
1	Melingkar	20.873	45.5	0.45875	0.0045875
		21.144	45.5	0.46470	0.0046470
		21.470	45.5	0.47187	0.0047187
		20.927	45.5	0.45993	0.0045993
		21.199	45.5	0.46591	0.0046591
		Rata-rata		<b>0.46423</b>	<b>0.0046423</b>
2	Segitiga	20.493	45.5	0.45040	0.0045040
		20.214	45.5	0.44426	0.0044426
		20.168	45.5	0.44325	0.0044325
		20.113	45.5	0.44204	0.0044204
		19.788	45.5	0.43490	0.0043490
		Rata-rata		<b>0.44297</b>	<b>0.0044297</b>
3	Zigzag	19.408	45.5	0.42655	0.0042655
		18.703	45.5	0.41105	0.0041105
		19.245	45.5	0.42297	0.0042297
		19.435	45.5	0.42714	0.0042714
		18.649	45.5	0.40987	0.0040987
		Rata-rata		<b>0.41952</b>	<b>0.0041952</b>

Pada tabel tegangan di atas menunjukkan bahwa nilai tegangan tertinggi pada arus 100 A terdapat pada pola alur sambungan Melingkar memiliki nilai tegangan rata-rata **0.46423 (N/mm<sup>2</sup>)** atau **0.0046423 (N/m<sup>2</sup>)**. Nilai tegangan menunjukkan seberapa kuat spesimen jika di berikan beban tarik tersebut.

Tabel 4.8 Hasil nilai tegangan pada sambungan las listrik Arus 120 A

No	Pola alur pengelasan	Gaya (N)	Luas Permukaan (mm <sup>2</sup> )	Tegangan (N/mm <sup>2</sup> )	Tegangan (N/m <sup>2</sup> )
1	Melingkar	21.578	45.5	0.47424	0.0047424
		21.775	45.5	0.47857	0.0047857
		22.229	45.5	0.48855	0.0048855
		22.338	45.5	0.49095	0.0049095
		22.175	45.5	0.48736	0.0048736
		Rata-rata		<b>0.48393</b>	<b>0.0048393</b>
2	Segitiga	21.416	45.5	0.47068	0.0047068
		21.687	45.5	0.47664	0.0047664
		20.710	45.5	0.45516	0.0045516
		20.656	45.5	0.45398	0.0045398
		20.765	45.5	0.45637	0.0045637
		Rata-rata		<b>0.46257</b>	<b>0.0046257</b>
3	Zigzag	19.453	45.5	0.42754	0.0042754
		19.462	45.5	0.42774	0.0042774
		19.788	45.5	0.43490	0.0043490
		20.005	45.5	0.43967	0.0043967
		20.168	45.5	0.44325	0.0044325
		Rata-rata		<b>0.43462</b>	<b>0.4003462</b>

Pada tabel tegangan di atas menunjukkan bahwa nilai tegangan tertinggi pada arus 120 A terdapat pada pola alur sambungan Melingkar memiliki nilai tegangan rata-rata **0.48393 (N/mm<sup>2</sup>)** atau **0.0048493 (N/m<sup>2</sup>)**. Nilai tegangan menunjukkan seberapa kuat spesimen jika di berikan beban tarik tersebut.

Tabel 4.9 Hasil nilai tegangan pada sambungan las listrik Arus 140 A

No	Pola alur pengelasan	Gaya (N)	Luas Permukaan (mm <sup>2</sup> )	Tegangan (N/mm <sup>2</sup> )	Tegangan (N/m <sup>2</sup> )
1	Melingkar	22.501	45.5	0.49453	0.0049453
		22.772	45.5	0.50048	0.0050048
		22.392	45.5	0.49213	0.0049213
		22.989	45.5	0.50525	0.0050525
		22.881	45.5	0.50288	0.0050288
		Rata-rata		<b>0.49905</b>	<b>0.0049905</b>
2	Segitiga	21.307	45.5	0.46829	0.0046829
		21.199	45.5	0.46591	0.0046591
		21.578	45.5	0.47424	0.0047424
		21.470	45.5	0.47187	0.0047187
		21.416	45.5	0.47068	0.0047068
		Rata-rata		<b>0.47020</b>	<b>0.0047020</b>
3	Zigzag	20.927	45.5	0.45993	0.0045993
		20.873	45.5	0.45875	0.0045875
		20.765	45.5	0.45637	0.0045637
		20.819	45.5	0.45756	0.0045756
		20.927	45.5	0.45993	0.0045993
		Rata-rata		<b>0.45851</b>	<b>0.0045851</b>

Pada tabel tegangan di atas menunjukkan bahwa nilai tegangan tertinggi pada arus 140 A terdapat pada pola alur sambungan Melingkar memiliki nilai tegangan rata-rata **0.49905 (N/mm<sup>2</sup>)** atau **0.0049905 (N/m<sup>2</sup>)**. Nilai tegangan menunjukkan seberapa kuat spesimen jika di berikan beban tarik tersebut.

Tabel 4.10 Hasil nilai tegangan pada sambungan las listrik Arus 160 A

No	Pola alur pengelasan	Gaya (N)	Luas Permukaan (mm <sup>2</sup> )	Tegangan (N/mm <sup>2</sup> )	Tegangan (N/m <sup>2</sup> )
1	Melingkar	24.020	45.5	0.52791	0.0052791
		23.857	45.5	0.52433	0.0052433
		23.749	45.5	0.52196	0.0052196
		24.074	45.5	0.52910	0.0052910
		24.020	45.5	0.52791	0.0052791
		Rata-rata		<b>0.52624</b>	<b>0.0052624</b>
2	Segitiga	22.012	45.5	0.48378	0.0048378
		22.282	45.5	0.48971	0.0048971
		22.501	45.5	0.49453	0.0049453
		22.338	45.5	0.49095	0.0049095
		22.446	45.5	0.49332	0.0049332
		Rata-rata		<b>0.49046</b>	<b>0.0049046</b>
3	Zigzag	21.524	45.5	0.47305	0.0047305
		21.633	45.5	0.47545	0.0047545
		21.524	45.5	0.47305	0.0047305
		21.199	45.5	0.46591	0.0046591
		21.524	45.5	0.47305	0.0047305
		Rata-rata		<b>0.47211</b>	<b>0.0047211</b>

Pada tabel tegangan di atas menunjukkan bahwa nilai tegangan tertinggi pada arus 160 A terdapat pada pola alur sambungan Melingkar memiliki nilai tegangan rata-rata **0.52624 (N/mm<sup>2</sup>)** atau **0.0052624 (N/m<sup>2</sup>)**. Nilai tegangan menunjukkan seberapa kuat spesimen jika diberikan beban tarik tersebut.

Pada semua tabel tegangan di atas menunjukkan bahwa nilai tegangan tertinggi pada arus 160 A terdapat pada pola alur sambungan Melingkar memiliki nilai tegangan rata-rata **0.52624 (N/mm<sup>2</sup>)** atau **0.0052624 (N/m<sup>2</sup>)**.

Kemudian untuk mencari nilai regangan maka menggunakan rumus seperti dibawah.

$$\text{Regangan } \varepsilon = \frac{L_i - L_o}{L_o} = \frac{\Delta L}{L_o}$$

Keterangan       $L_o$       = Panjang Mula-Mula ( mm )  
                    $L_i$       = Panjang Akhir (mm)  
                    $\Delta L$       = Pertambahan Panjang ( mm )  
                    $\varepsilon$       = Regangan ( mm )

Tabel 4.11 Nilai Regangan pada Las Listrik Arus 80 A

No	Melingkar	Panjang	Regangan	Segitiga	Panjang	Regangan	Zig-zag	Panjang	Regangan	
	$\Delta L$	Awal (mm)		$\Delta L$	Awal (mm)		$\Delta L$	Awal (mm)		
1	2.133	165	0.01293	2.211	165	0.01340	2.345	165	0.01421	
2	2.155	165	0.01306	2.219	165	0.01345	2.315	165	0.01403	
3	2.116	165	0.01282	2.221	165	0.01346	2.310	165	0.01400	
4	2.103	165	0.01275	2.210	165	0.01339	2.302	165	0.01395	
5	2.184	165	0.01324	2.211	165	0.01340	2.319	165	0.01405	
Rata-rata			<b>0.01296</b>	Rata-rata			<b>0.01342</b>	Rata-rata		<b>0.01405</b>

Pada tabel regangan di atas menunjukkan bahwa nilai rata-rata regangan pada arus 80 A pola alur melingkar yaitu 0.01296 mm, alur segitiga yaitu 0.01342 mm, alur zigzag yaitu 0.01405 mm.

Tabel 4.12 Nilai Regangan pada Las Listrik Arus 100 A

No	Melingkar	Panjang	Regangan	Segitiga	Panjang	Regangan	Zig-zag	Panjang	Regangan	
	$\Delta L$	Awal (mm)		$\Delta L$	Awal (mm)		$\Delta L$	Awal (mm)		
1	2.022	165	0.01225	2.101	165	0.01273	2.215	165	0.01342	
2	2.011	165	0.01219	2.107	165	0.01277	2.219	165	0.01345	
3	2.069	165	0.01254	2.103	165	0.01275	2.211	165	0.01340	
4	2.005	165	0.01215	2.109	165	0.01278	2.212	165	0.01341	
5	2.025	165	0.01227	2.102	165	0.01274	2.201	165	0.01334	
Rata-rata			<b>0.01228</b>	Rata-rata			<b>0.01275</b>	Rata-rata		<b>0.01340</b>

Pada tabel regangan di atas menunjukkan bahwa nilai rata-rata regangan pada arus 100 A pola alur melingkar yaitu 0.01228 mm, alur segitiga yaitu 0.01275 mm, alur zigzag yaitu 0.01340 mm.

Tabel 4.13 Nilai Regangan pada Las Listrik Arus 120 A

No	Melingkar	Panjang	Regangan	Segitiga	Panjang	Regangan	Zig-zag	Panjang	Regangan
	$\Delta L$	Awal (mm)		$\Delta L$	Awal (mm)		$\Delta L$	Awal (mm)	
1	1.901	165	0.01152	2.059	165	0.01248	2.120	165	0.01285
2	1.919	165	0.01163	2.019	165	0.01224	2.112	165	0.01280
3	1.921	165	0.01164	2.023	165	0.01226	2.115	165	0.01282
4	1.917	165	0.01162	2.005	165	0.01215	2.119	165	0.01284
5	1.914	165	0.01160	2.011	165	0.01219	2.114	165	0.01281
Rata-rata		<b>0.01160</b>		Rata-rata		<b>0.01226</b>	Rata-rata		<b>0.01282</b>

Pada tabel regangan di atas menunjukkan bahwa nilai rata-rata regangan pada arus 120 A pola alur melingkar yaitu 0.01160 mm, alur segitiga yaitu 0.01226 mm, alur zigzag yaitu 0.01282 mm.

Tabel 4.14 Nilai Regangan pada Las Listrik Arus 140 A

No	Melingkar	Panjang	Regangan	Segitiga	Panjang	Regangan	Zig-zag	Panjang	Regangan
	$\Delta L$	Awal (mm)		$\Delta L$	Awal (mm)		$\Delta L$	Awal (mm)	
1	1.836	165	0.01113	1.937	165	0.01174	2.125	165	0.01288
2	1.841	165	0.01116	1.952	165	0.01183	2.089	165	0.01266
3	1.826	165	0.01107	1.936	165	0.01173	2.074	165	0.01257
4	1.826	165	0.01107	1.946	165	0.01179	2.088	165	0.01266
5	1.822	165	0.01104	1.923	165	0.01166	2.053	165	0.01244
Rata-rata		<b>0.01109</b>		Rata-rata		<b>0.01175</b>	Rata-rata		<b>0.01264</b>

Pada tabel regangan di atas menunjukkan bahwa nilai rata-rata regangan pada arus 140 A pola alur melingkar yaitu 0.01109 mm, alur segitiga yaitu 0.01175 mm, alur zigzag yaitu 0.01264 mm.

Tabel 4.15 Nilai Regangan pada Las Listrik Arus 160 A

No	Melingkar	Panjang	Regangan	Segitiga	Panjang	Regangan	Zig-zag	Panjang	Regangan
	$\Delta L$	Awal (mm)		$\Delta L$	Awal (mm)		$\Delta L$	Awal (mm)	
1	1.743	165	0.01056	1.843	165	0.01117	1.931	165	0.01170
2	1.714	165	0.01039	1.837	165	0.01113	1.935	165	0.01173
3	1.716	165	0.01040	1.837	165	0.01113	1.979	165	0.01199
4	1.747	165	0.01059	1.888	165	0.01144	1.912	165	0.01159
5	1.725	165	0.01045	1.856	165	0.01125	1.943	165	0.01178
Rata-rata		<b>0.01048</b>		Rata-rata		<b>0.01123</b>	Rata-rata		<b>0.01176</b>

Pada tabel regangan di atas menunjukkan bahwa nilai rata-rata regangan pada arus 160 A pola alur melingkar yaitu 0.01048 mm, alur segitiga yaitu 0.01123 mm, alur zigzag yaitu 0.01176 mm.

Pada tabel di atas diketahui bahwa nilai regangan untuk las listrik paling besar terdapat pada arus 80 A pola alur sambungan zigzag yaitu rata-rata 0.01405 mm. Nilai regangan menunjukkan perubahan panjang pada spesimen jika diberikan beban.

Setelah nilai regangan dan tegangan diketahui, maka dapat diketahui nilai modulus elastisitasnya . Adapun hasil modulus elastisitas sebagaimana disajikan pada tabel di bawah ini:

$$\boxed{\text{Modulus Elastisitas} = \sigma/\epsilon}$$

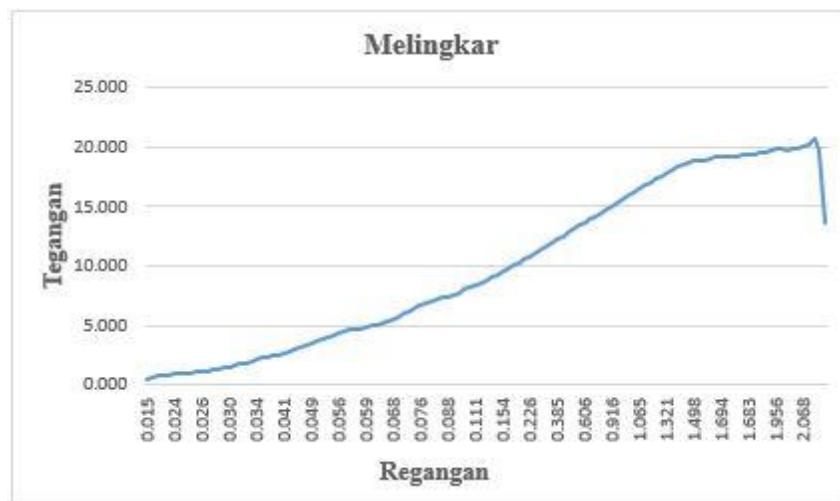
4.16 Tabel hasil perhitungan Modulus Elastisitas rata-rata

No	Arus	Pola alur lasan	$\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\epsilon$	$\sigma / \epsilon$ (N/mm <sup>2</sup> )
1	80 A	Melingkar	0.43895	0.01296	33.86960
2		Segitiga	0.41844	0.01342	31.18033
3		Zigzag	0.38625	0.01405	27.49110
4	100 A	Melingkar	0.46423	0.01228	37.80375
5		Segitiga	0.44297	0.01275	34.74275
6		Zigzag	0.41952	0.01340	31.30746
7	120 A	Melingkar	0.48393	0.01160	41.71810
8		Segitiga	0.46257	0.01226	37.73002
9		Zigzag	0.43462	0.01282	33.90172
10	140 A	Melingkar	0.49905	0.01264	39.48180
11		Segitiga	0.47020	0.01109	42.39856
12		Zigzag	0.45851	0.01175	39.02213
13	160 A	Melingkar	0.52624	0.01048	50.21374
14		Segitiga	0.49046	0.01123	43.67409
15		Zigzag	0.47211	0.01176	40.14541

Pada tabel modulus elastisitas di atas menunjukkan bahwa nilai modulus elastisitas terendah terdapat pada arus 80 A pola alur zigzag yaitu 27.49110 (N/mm<sup>2</sup>), dan tertinggi terdapat pada arus 160 A alur Melingkar yaitu 50.21374 (N/mm<sup>2</sup>).

## 4.2 Pembahasan Uji Tarik

Pada pengujian tarik dari data yang telah diolah pada tabel diatas dapat diubah menjadi bentuk grafik untuk mempermudah pembacaan data. Untuk pengelasan dengan arus 80 A dapat dilihat pada Gambar dibawah.



Gambar 4.1 Grafik nilai pengelasan Alur Melingkar

Pada grafik pengelasan arus 80 A alur melingkar diatas nilai tegangan mencapai 20.711 N sebelum akhirnya patah dan nilai regangan mencapai 2.133 mm.



Gambar 4.2 Grafik nilai Pengelasan Alur Segitiga

Pada grafik pengelasan arus 80 A alur segitiga diatas nilai tegangan mencapai 19.517 N/mm sebelum akhirnya patah dan nilai regangan mencapai 2.210 mm.



Gambar 4.3 Grafik nilai pengelasan Alur Zigzag

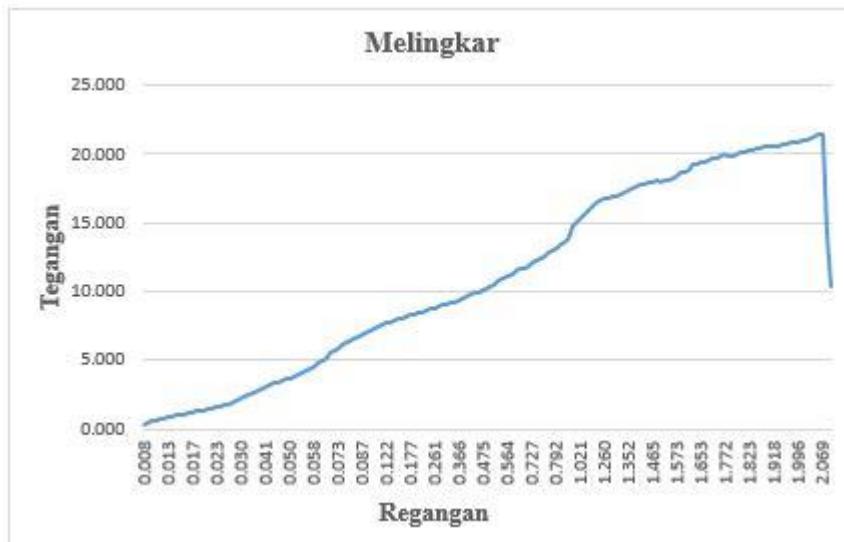
Pada grafik pengelasan arus 80 A alur zigzag diatas nilai tegangan mencapai 17.889 N/mm sebelum akhirnya patah dan nilai regangan mencapai 2.345 mm.



Gambar 4.4 Grafik nilai rata-rata Las Listrik Arus 80 A

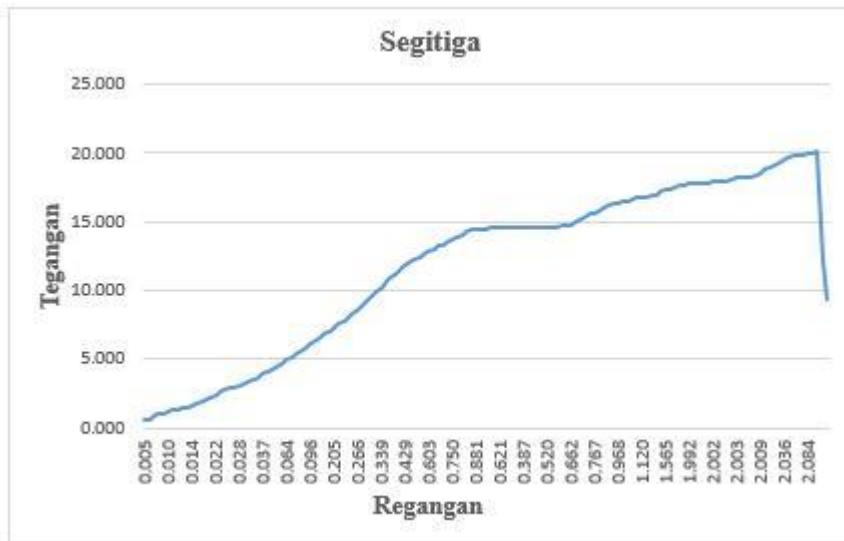
Pada grafik diatas pengelasan las listrik dengan arus 80 A dengan pola alur pengelasan Melingkar diketahui nilai Tegangan maksimal sebesar 20.711 N/mm, Untuk nilai Regangan mencapai 2.133 mm. Dengan pola alur pengelasan Segitiga diketahui nilai Tegangan maksimal sebesar 19.517 N/mm, Untuk nilai Regangan mencapai 2.210 mm. Dan dengan pola alur pengelasan Zigzag diketahui nilai Tegangan maksimal sebesar 17.889 N/mm, Untuk nilai Regangan mencapai 2.345 mm.

Untuk pengelasan dengan arus 100 A dapat dilihat pada Gambar dibawah.



Gambar 4.5 Grafik nilai pengelasan Alur Melingkar

Pada grafik pengelasan arus 100 A alur segitiga diatas nilai tegangan mencapai 21.470 N/mm sebelum akhirnya patah dan nilai regangan mencapai 2.069 mm.



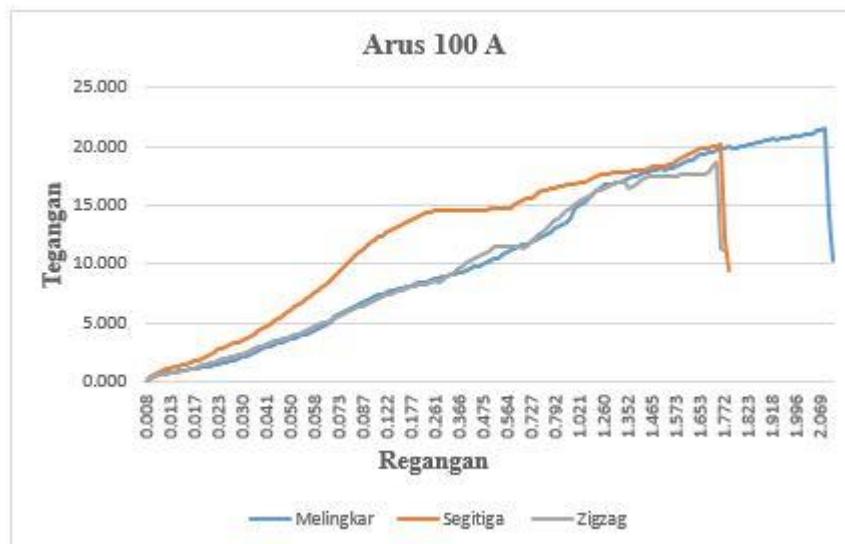
Gambar 4.6 Grafik nilai pengelasan Alur Segitiga

Pada grafik pengelasan arus 100 A alur segitiga diatas nilai tegangan mencapai 20.493 N/mm sebelum akhirnya patah dan nilai regangan mencapai 2.109 mm



Gambar 4.7 Grafik nilai pengelasan Alur Zigzag

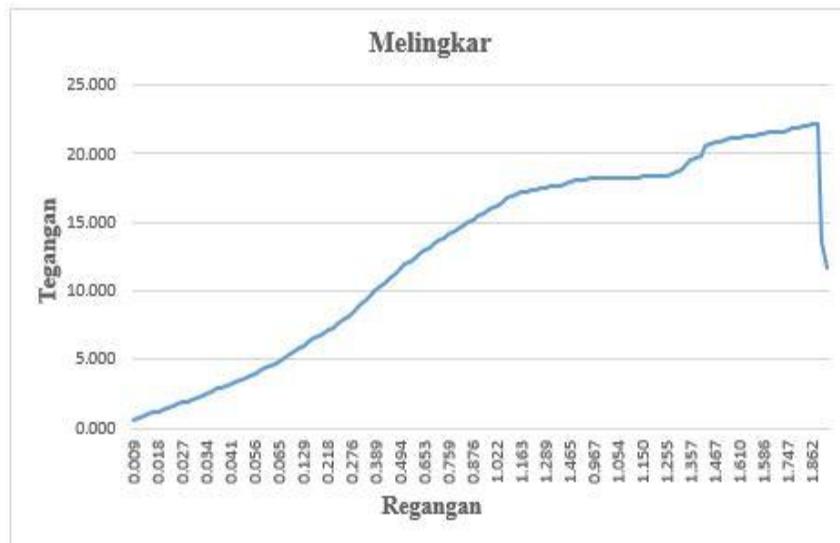
Pada grafik pengelasan arus 100 A alur Zigzag diatas nilai tegangan mencapai 19.435 N/mm sebelum akhirnya patah dan nilai regangan mencapai 2.211 mm.



Gambar 4.8 Grafik nilai rata-rata las listrik arus 100 A

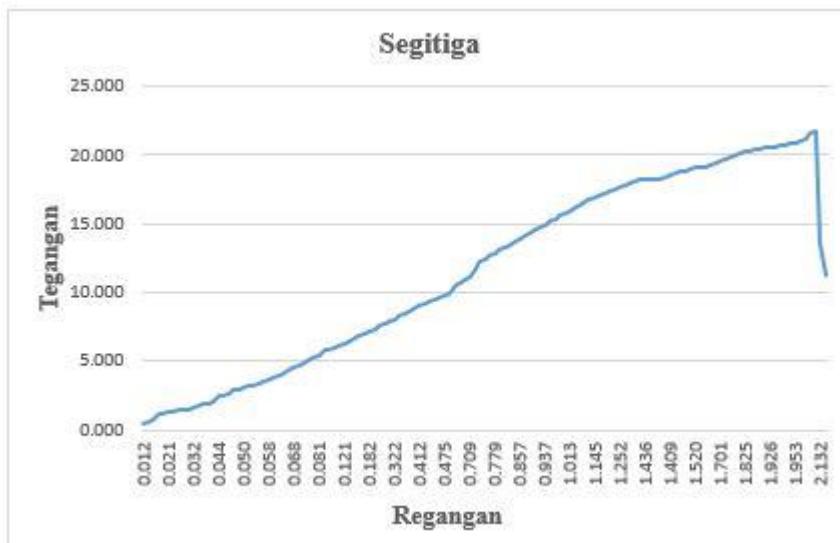
Pada grafik diatas pengelasan las listrik dengan arus 100 A dengan pola alur pengelasan Melingkar diketahui nilai Tegangan maksimal sebesar 21.470 N/mm, Untuk nilai Regangan mencapai 2.069 mm. Dengan pola alur pengelasan Segitiga diketahui nilai Tegangan maksimal sebesar 20.493 N/mm, Untuk nilai Regangan mencapai 2.109 mm. Dan dengan pola alur pengelasan Zigzag diketahui nilai Tegangan maksimal sebesar 19.435 N/mm, Untuk nilai Regangan mencapai 2.211 mm.

Untuk pengelasan dengan arus 120 A dapat dilihat pada Gambar dibawah.



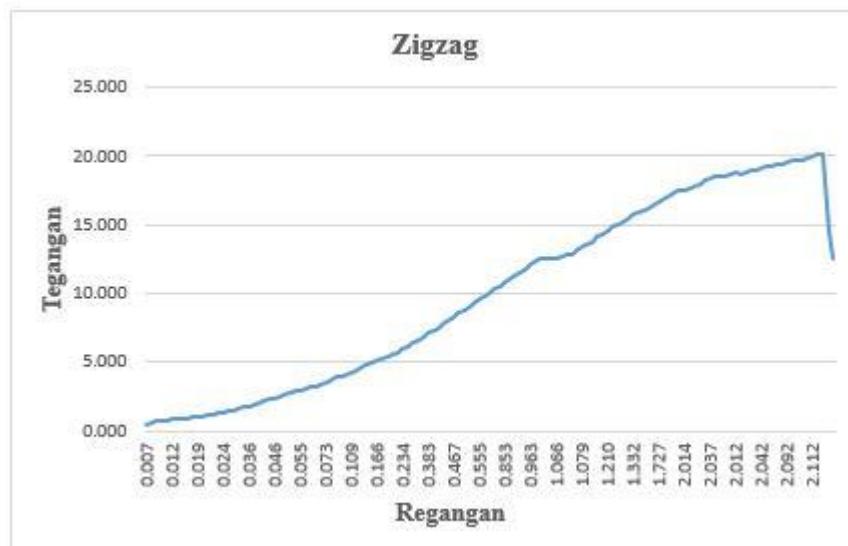
Gambar 4.9 Grafik nilai pengelasan Alur Melingkar

Pada grafik pengelasan arus 120 A alur melingkar diatas nilai tegangan mencapai 22.338 N/mm sebelum akhirnya patah dan nilai regangan mencapai 1.921 mm.



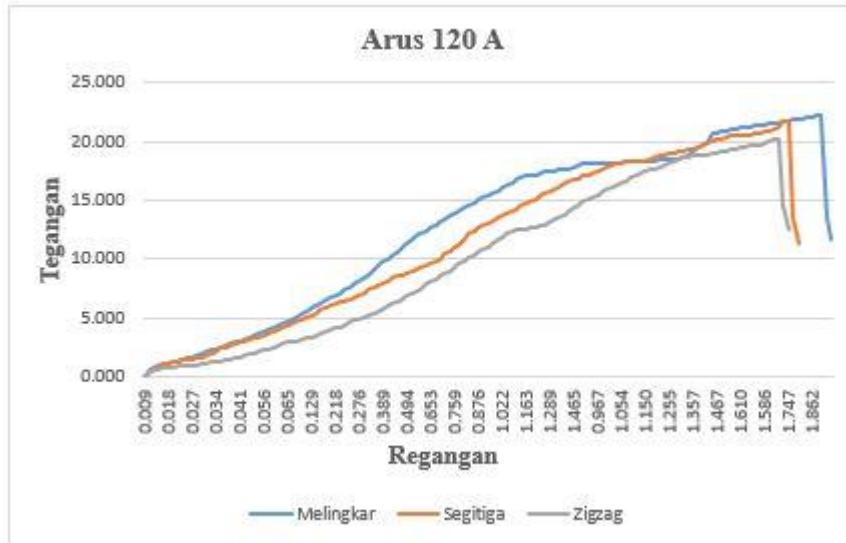
Gambar 4.10 Grafik nilai pengelasan Alur Segitiga

Pada grafik pengelasan arus 120 A alur segitiga diatas nilai tegangan mencapai 21.687 N/mm sebelum akhirnya patah dan nilai regangan mencapai 2.059 mm.



Gambar 4.11 Grafik nilai pengelasan Alur Zigzag

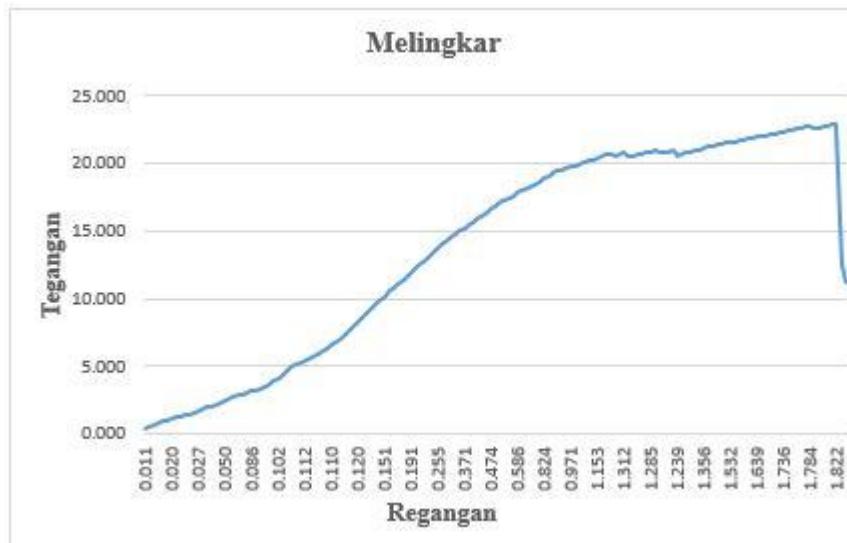
Pada grafik pengelasan arus 120 A alur Zigzag diatas nilai tegangan mencapai 20.168 N/mm sebelum akhirnya patah dan nilai regangan mencapai 2.120 mm.



Gambar 4.12 Grafik nilai rata-rata las listrik arus 120 A

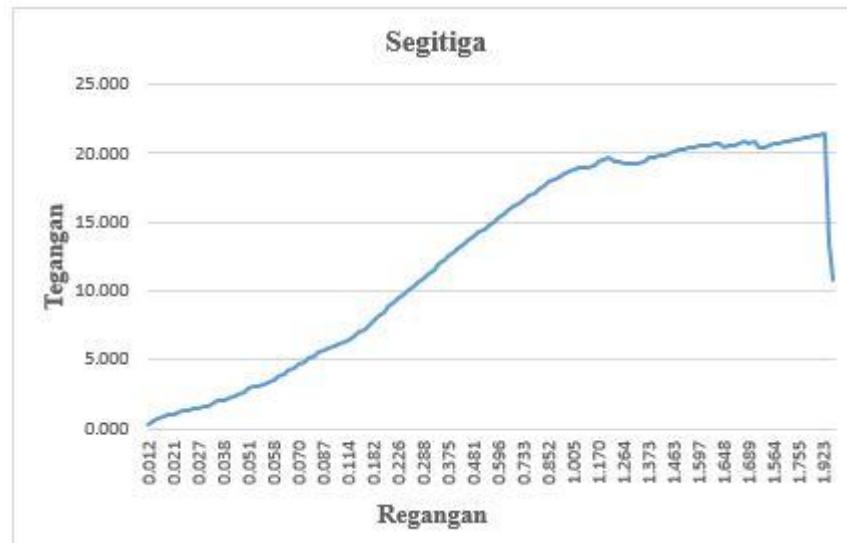
Pada grafik diatas pengelasan las listrik dengan arus 120 A dengan pola alur pengelasan Melingkar diketahui nilai Tegangan maksimal sebesar 22.338 N/mm, Untuk nilai Regangan mencapai 1.921 mm. Dengan pola alur pengelasan Segitiga diketahui nilai Tegangan maksimal sebesar 21.687 N/mm, Untuk nilai Regangan mencapai 2.059 mm. Dan dengan pola alur pengelasan Zigzag diketahui nilai Tegangan maksimal sebesar 20.168 N/mm, Untuk nilai Regangan mencapai 2.120 mm.

Untuk pengelasan dengan arus 140 A dapat dilihat pada Gambar dibawah.



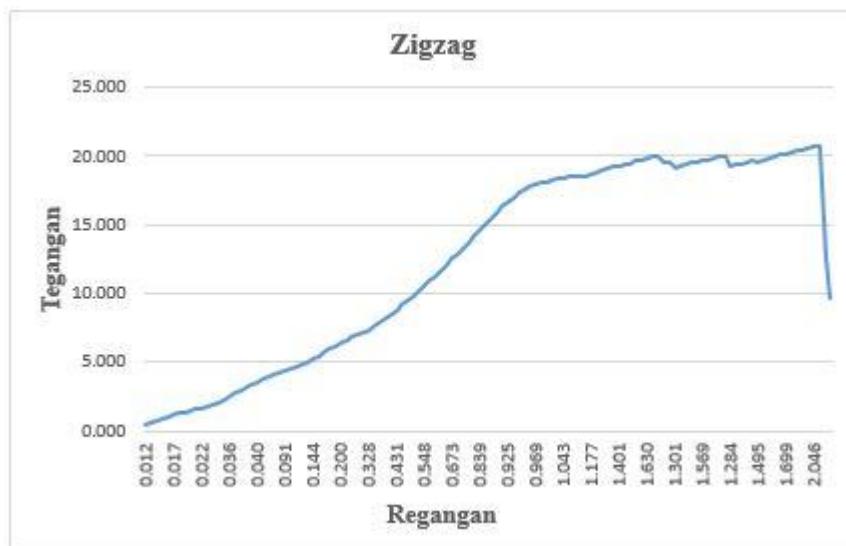
Gambar 4.13 Grafik nilai pengelasan Alur Melingkar

Pada grafik pengelasan arus 140 A alur melingkar diatas nilai tegangan mencapai 22.989 N/mm sebelum akhirnya patah dan nilai regangan mencapai 1.841 mm.



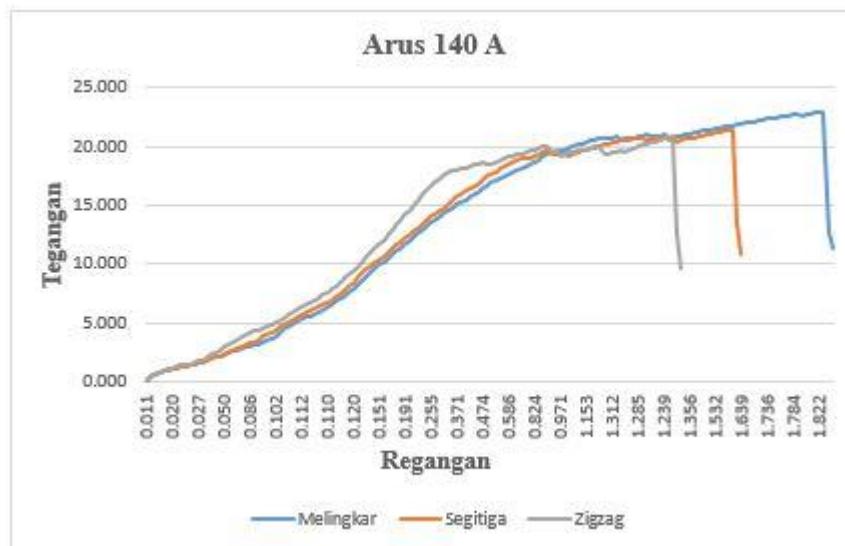
Gambar 4.14 Grafik nilai pengelasan Alur Segitiga

Pada grafik pengelasan arus 140 A alur segitiga diatas nilai tegangan mencapai 21.578 N/mm sebelum akhirnya patah dan nilai regangan mencapai 1.952 mm.



Gambar 4.15 Grafik nilai pengelasan Alur Zigzag

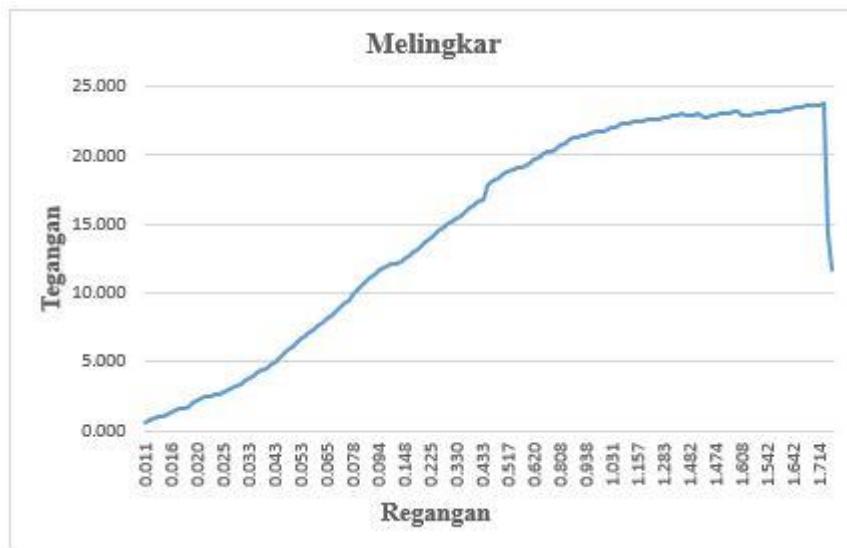
Pada grafik pengelasan arus 140 A alur Zigzag diatas nilai tegangan mencapai 20.927 N/mm sebelum akhirnya patah dan nilai regangan mencapai 2.125 mm.



Gambar 4.16 Grafik nilai rata-rata las listrik arus 140 A

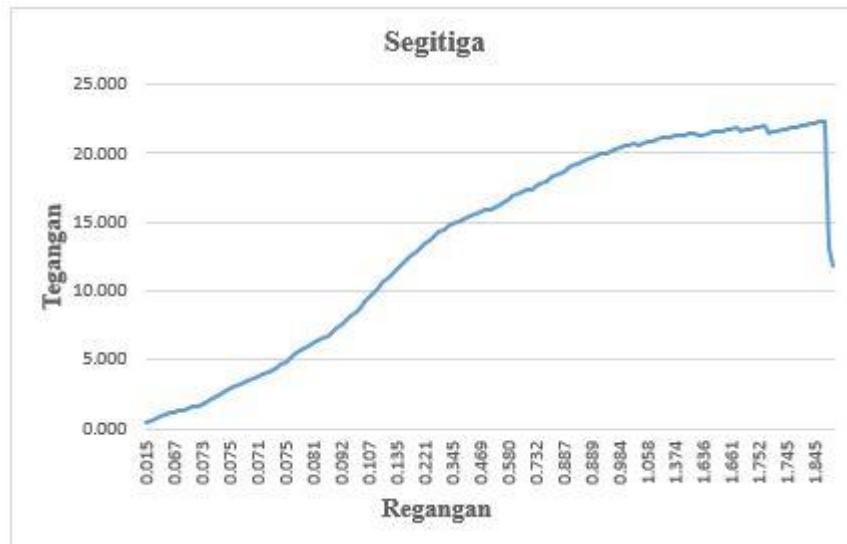
Pada grafik diatas pengelasan las listrik dengan arus 140 A dengan pola alur pengelasan Melingkar diketahui nilai Tegangan maksimal sebesar 22.989 N/mm, Untuk nilai Regangan mencapai 1.841 mm. Dengan pola alur pengelasan Segitiga diketahui nilai Tegangan maksimal sebesar 21.578 N/mm, Untuk nilai Regangan mencapai 1.952 mm. Dan dengan pola alur pengelasan Zigzag diketahui nilai Tegangan maksimal sebesar 20.927 N/mm, Untuk nilai Regangan mencapai 2.125 mm.

Untuk pengelasan dengan arus 160 A dapat dilihat pada Gambar dibawah.



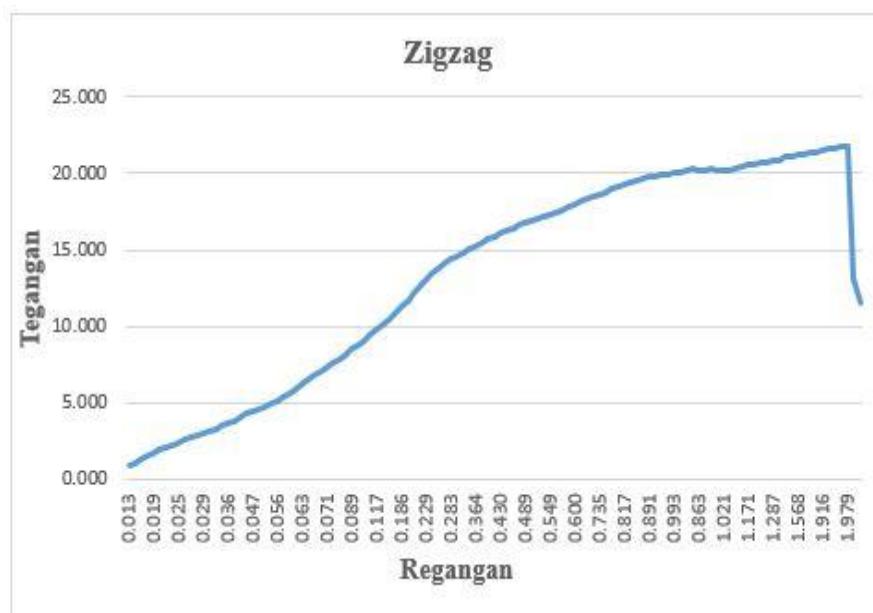
Gambar 4.17 Grafik nilai pengelasan Alur Melingkar

Pada grafik pengelasan arus 160 A alur Melingkar diatas nilai tegangan mencapai 24.047 N/mm sebelum akhirnya patah dan nilai regangan mencapai 1.747 mm.



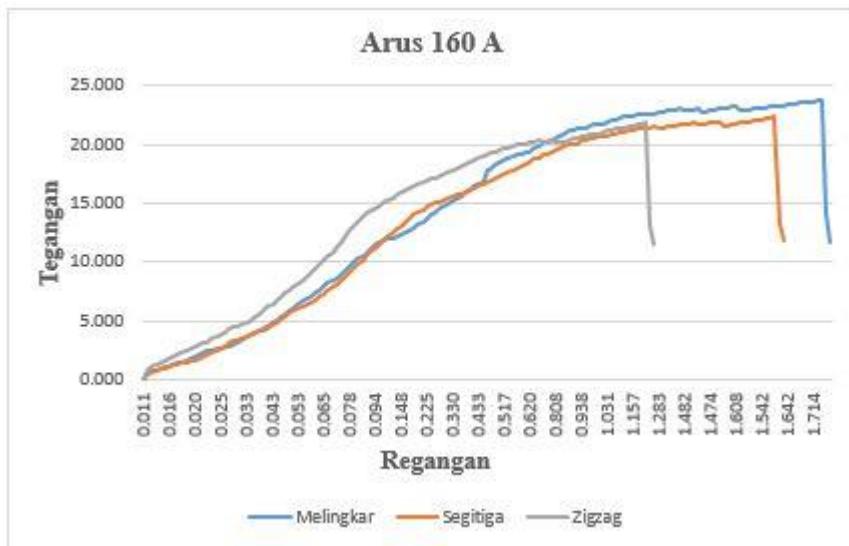
Gambar 4.18 Grafik nilai pengelasan Alur Segitiga

Pada grafik pengelasan arus 160 A alur segitiga diatas nilai tegangan mencapai 22.501 N/mm sebelum akhirnya patah dan nilai regangan mencapai 1.888 mm.



Gambar 4.19 Grafik nilai pengelasan Alur Zigzag

Pada grafik pengelasan arus 160 A alur Zigzag diatas nilai tegangan mencapai 21.633 N/mm sebelum akhirnya patah dan nilai regangan mencapai 1.979 mm.



Gambar 4.20 Grafik nilai rata-rata las listrik arus 160 A

Pada grafik diatas pengelasan las listrik dengan arus 160 A dengan pola alur pengelasan Melingkar diketahui nilai Tegangan maksimal sebesar 24.074 N/mm, Untuk nilai Regangan mencapai 1.747 mm. Dengan pola alur pengelasan Segitiga diketahui nilai Tegangan maksimal sebesar 22.501 N/mm, Untuk nilai Regangan mencapai 1.888 mm. Dan dengan pola alur pengelasan Zigzag diketahui nilai Tegangan maksimal sebesar 21.633 N/mm, Untuk nilai Regangan mencapai 1.979 mm.

## BAB 5 KESIMPULAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penyusunan skripsi yang berjudul Analisa Kekuatan Sambungan Pengelasan Las Listrik Dengan Variasi Arus Pada Plat ST40 diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dalam variasi arus pengelasan ini semakin tinggi arus yang digunakan untuk penyambungan material nilai kekuatan/tegangan yang didapat semakin tinggi tetapi nilai regangan semakin menurun.
2. Jika nilai modulus elastisitas semakin besar, maka semakin kecil regangan elastic yang dihasilkan sifat material tersebut getas. Jika nilai modulus elastisitas semakin kecil, maka semakin besar regangan elastic yang dihasilkan dan sifat material tersebut ulet. Nilai modulus elastisitas tertinggi di dapat pada arus 160 A dengan pola alur melingkar yaitu  $50.21374 \text{ N/mm}^2$ . Nilai modulus elastisitas terendah di dapat pada arus 80 A dengan pola alur Zigzag yaitu  $27.49110 \text{ N/mm}^2$ .
3. Semakin tinggi nilai Tegangan maka semakin kecil nilai Regangan berarti nilai modulus Elastisitasnya kecil, Jika semakin tinggi nilai Regangan maka semakin rendah nilai Tegangan berarti nilai Modulus Elastisitasnya besar.

### 5.2 Saran

Adapun saran yang dapat di kemukakan untuk membantu kesempurnaan Analisa Kekuatan Sambungan Pengelasan Las Listrik Pada Plat ST40, antara lain:

1. Diharapkan alat uji tarik untuk segera dapat digunakan di Politeknik Negeri Jember. Demi memenuhi fasilitas lab.Otomotif dalam melakukan pengujian.
2. Dalam penelitian ini dapat dikembangkan melalui variasi Arus yang lain, Bahan yang berbeda,dan pengujian yang berbeda.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, S. , 1997, *Las Listrik dan Otogen*, Ghalia Indonesia, Jakarta.
- ASTM E23. (1986). *Metal Test Methods And Analytical Procedures*, American Society for Testing Materials, Philadelphia, PA.
- Basuki W.,2009, *Analisis Perlakuan Panas pada Pengelasan terhadap sifat mekanik hasil* , *Jurnal Teknologi Technoscientia*, Vol.2 No.1 Agustus,Teknik ITN Malang.
- Cary, B. Howard (1989). *Modern Welding Technologi*, second edition, Prentice Hall International, Inc. Engewood. New Jersy.
- Frans, M.P. 2009. *Studi Eksperimen Dan Simulasi Pada Kampuh Pengelasan Busur Listrik Plat Baja St 40*. Skripsi. Departemen Teknik Mesin. Fakultas Teknik. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Wiryosumarto, Harsono. 2000. *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta : PT. Pradnya Paramita.
- Dadang. 2013. *Teknik Dasar Pengerjaan Logam* ( Suwardi&Tarkina). Hal 143 – 202. Malang: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.
- Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan (KEMENDIKBUD). 2013. *Teknik Pengelasan Oksi Asetilena (OAW) Kelas XI-Smester 3*. BSE. Hal 83 – 85.
- Marwanto A. 2007. *Shield Metal Arc Welding*. Materi Pelatihan Lifeskill. Jurusan Pendidikan Teknik Mesin. Fakultas Teknik. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Mukti, W.S. 2007. *Perubahan Ketangguhan Bahan ST 40 Yang Telah Mengalami Proses Double Hardening Dengan Carburizing*. Skripsi. Pendidikan Teknik Mesin. Fakultas Teknik. Semarang: Universitas Negeri Semarang.

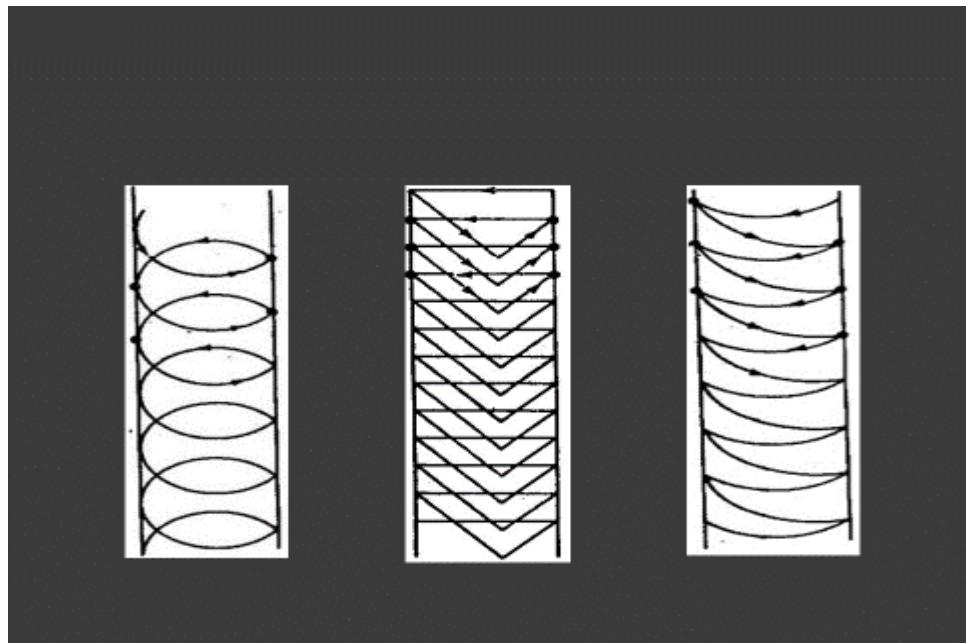
Zulheri, S. 2010. *Studi Perbandingan Kekuatan Tarik Pada Pengelasan Plat Baja St 40 Tebal 3 mm.* Skripsi. Departemen Teknik Mesin. Fakultas Teknik. Medan: Universitas Sumatera Utara.

## LAMPIRAN

### 1. Proses Pemotongan plat dan Pembuatan Kampuh



### 2. Menentukan Alur Pengelasan yang akan digunakan



### 3. Proses Pengelasan



### 4. Proses setelah dipotong



### 5. Proses pengujian



### 6. Spesifikasi Pengelasan

1. Plat ST40
2. Arus yang digunakan 80A, 100A, 120A, 140A, 160A
3. Pola Alur Pengelasan : Melingkar, Segitiga, Zigzag