

**PENGARUH POSISI PENGELASAN DAN JENIS ELEKTRODA E 7016  
DAN E 7018 TERHADAP KEKUATAN TARIK HASIL LAS BAJA  
KARBON RENDAH TRS 400**

**Skripsi**

*Diajukan Kepada Tim Penguji Skripsi Jurusan Teknik Mesin  
Sebagai Salah Satu Persyaratan Guna Memperoleh Gelar Sarjana Pendidikan*



**Oleh:**

**Muhammad Fadhil**

**1302481/2013**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK MESIN  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI PADANG  
2017**

**PERSETUJUAN SKRIPSI**

**PENGARUH POSISI PENGELASAN DAN JENIS ELEKTRODA E 7016  
DAN E 7018 TERHADAP KEKUATAN TARIK HASIL LAS BAJA  
KARBON RENDAH TRS 400**

Oleh:

Nama : **Muhammad Fadhil**  
NIM/BP : 1302481/2013  
Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin  
Jurusan : Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik Universitas Negeri Padang

Padang, 31 Januari 2017

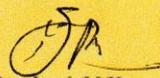
Disetujui Oleh :

Pembimbing I



**Drs. Svahrul, M.Si.**  
Nip. 19610829 198703 1 003

Pembimbing II



**Drs. Irzal, M.Kes.**  
Nip. 19610814 199103 1 004

Mengetahui  
Ketua Jurusan Teknik Mesin



**Arwizet K. S.T., M.T.**  
NIP. 19690920 199802 1 001

HALAMAN PENGESAHAN

Dinyatakan Lulus Setelah Dipertahankan di Depan Tim Penguji Skripsi  
Program Studi Pendidikan Teknik Mesin Jurusan Teknik Mesin  
Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

judul : Pengaruh Posisi Pengelasan dan Jenis Elektroda E 7016 dan  
E 7018 terhadap Kekuatan Tarik Hasil Las Baja Karbon  
Rendah TRS 400

Nama : Muhammad Fadhil

TM / BP : 2013 / 1302481

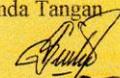
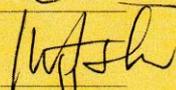
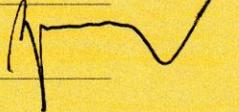
Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin

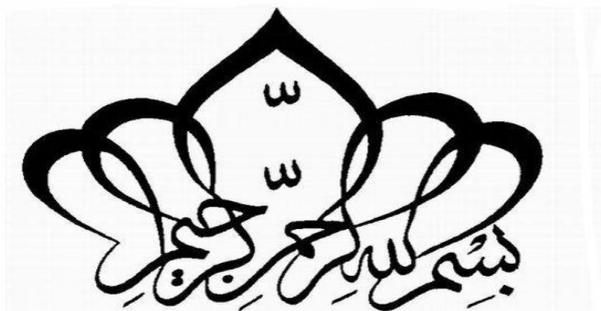
Jurusan : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Padang, 31 Januari 2017

Tim Penguji

Nama Dosen Penguji	Tanda Tangan
1. Ketua : Drs. Syahrul, M.Si.	1. 
2. Sekretaris : Drs. Irzal, M.Kes.	2. 
3. Anggota : Dr. Waskito, M.T.	3. 
4. Anggota : Drs. Nelvi Erizon, M.Pd.	4. 
5. Anggota : Zonny Amanda Putra, S.T.,M.T.	5. 



*Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih Lagi Maha Penyayang. Segala puji bagi Allah Tuhan seluruh alam. Yang Maha Pengasih, Lagi Maha Penyayang*

*(Qs. Alfatihah: 1 – 3)*

*Hai manusia, telah dibuat perumpamaan, maka dengarkanlah oleh-mu perumpamaan itu. Sesungguhnya yang kamu seru selain Allah sekali-kali tidak dapat menciptakan seekor lalat pun, walaupun mereka bersatu untuk menciptakannya. Dan jika lalat itu merampas sesuatu dari mereka, tiadalah mereka dapat merebutnya kembali dari lalat itu. Amat lemahlah yang menyembah dan amat lemah (pualalah) yang disembah.*

*(Q.S Al Hajj : 73)*

*“Allah memberikan hikmah (ilmu pengetahuan) kepada siapa yang menghendakinya dan barang siapa yang diberi hikmah (ilmu pengetahuan) sungguh telah diberi kebijakan yang banyak dan tak ada yang dapat mengambil pelajaran kecuali orang-orang yang berakal”*

*(Q.S Al Baqorah : 269)*

*Dan milik Allah meliputi rahasia langit dan bumi dan kepada-Nya segala urusan dikembalikan. Maka sembahlah Dia dan bertawakallah kepada-Nya. Dan Tuhanmu tidak akan lengah terhadap apa yang engkau kerjakan.*

*(QS: Hud: 123)*

*Dan terhadap nikmat Tuhanmu, hendaklah engkau nyatakan (dengan bersyukur)*

*(Qs. Ad-Duha: 11)*

*Apa yang kita lakukan hari akan menggambar masa depan kita. Tetap berjuang semangat berusaha, tersenyum, berdoa, kerja keras, ikhlas, shalat 5 waktu dan iktiyar. ALLAH AKAN BERSAMA-SAMA dengan ORANG YANG SELALU BERUSAHA!!!*

*Alhamdulillahirabbil alamin ku panjatkan kehadiran Allah  
Subhanawata'ala semesta alam yang maha pencipta  
atas segala karuniaNya sehingga aku selalu sehat, semangat dan  
diberikan kemudahan untuk menyelesaikan skripsi ku.  
Sholawat serta salam tak lupa aku haturkan kepada Rasulullah SAW,  
manusia terbaik yang selalu menjadi sumber inspirasi ku untuk  
selalu menjadi lebih baik disegala aspek kehidupan.*

***TERIMA KASIH BUAT AYAH DAN IBU KU!!!***

*Di hari yang spesial ini aku persembahkan sebuah gelar sarjana untuk mengobati hatiMU.  
Terimakasih untuk semua kasih sayang kalian berdua yang telah mendidik kami sesuai  
dengan syariat yang kita percayai.  
Terimakasih untuk memotivasi yang tidak pernah henti-henti kalian berikan untuk saya,  
sehingga dengan motivasi yang kalian berikan selama ini membuat hati ini yakin untuk  
berjaung sehingga saat ini anak mu telah memperoleh gelar sarjana.  
Maafin segala dosa anakmu ini kadang pernah membuat hati kalian terluka dan hati kalian  
sedih selama ini.  
Besar harapan ananda untuk dapat menjadi anak yang berbakti dan membanggakan. Ananda  
bersyukur mempunyai orang tua hebat dan luar  
biasa seperti AYAH dan IBU....*

***Kata Motivasi dari Ibu Tercinta!!!!***

*Jangan hanya berusaha saja  
TAPI  
shalat, berdoa, iktiyar dan bersyukur atas apa yang sudah ALLAH berikan kepada  
kita, maka semua apa yang kita lakukan pasti akan berhasil.*

***Kata Motivasi dari AYAH Tercinta!!!!***

*Jangan pernah mengeluh  
Bersyukur atas apa yang sudah ALLAH titipkan pada kita  
Jika sudah berhasil di masa yang akan datang jangan lupa siapa diri kita*

*\* \* Tersayang dan Kucintai, Kakak Ku Yenni Elvina \* \**

*Terimakasih atas dukungan, doa dan semangat yang telah kakak berikan  
selama ini. Berkat doa dan motivasi sehingga adek mu yang cerewet ini  
telah memperoleh gelar sarjana. Terimakasih sudah mengabdikan  
permintaan adek mu selama ini.  
Semoga kakak dikasih jodoh yang taat agama dan selalu sayang sama  
kakak dan keluarga kita ammmiiiiinnnn*

***Terimakasih buat TENGGU saya NEK DIN***

*Terimakasih atas ilmu agama yang telah kamu ajarkan kepada saya sehingga  
saya dapat mengenal pencipta alam semesta ini  
Kamu telah memberikan saya modal didunia dan akhirat nantinya Maafkanlah  
segala dosa aku selama ini, aku sayang pada MU  
Aku tidak akan pernah sanggup untuk membalas kebaikan MU mungkin  
dengan doa yang selalu kupanjat setelah shalat ku dapat membalas sedikit jasa  
MU.*

*Semoga sehat selalu dan ALLAH selalu melindungi MU. Semoga kebaikan mu  
akan dibalas oleh ALLAH SWT nantinya*

***Untuk yang kuhormati para Dosen Fakultas Teknik Mesin UNP***

Dosen Pembimbing skripsi ku *Drs. Syahrul, M.Si* dan *Drs. Irzal, M.Kes*. Terimakasih atas semua saran dan masukan selama ini sehingga aku bisa menyelesaikan skripsi sebagai syarat lulus pendidikan mahasiswa. Terima kasih banyak untuk Ketua Jurusan Teknik Mesin Bapak *Arwizet K, S.T., M.T.* dan Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Bapak *Drs. Syahrul, M.Si*. Bapak Ibu Dosen Teknik Mesin lainnya serta teknisi yang telah memberikan ilmu dan bantuannya yang kami butuhkan selama ini.

Terima kasih banyak untuk dedikasinya yang sedemikian besar telah kalian berikan kepada kami, bagi kampus, dan dunia pendidikan.

Semoga semangat pengabdian kalian akan terus menyala terang dan tak akan redup selamanya hingga ke generasi selanjutnya.

***Tak Lupa, Kawan-Kawan Seperjuangan TEKNIK MESIN FT UNP 2013.***  
*Tak terasa masa-masa ngampus sudah terlewati, setiap perjumpaan pasti ada  
perpisahan tapi semua kenangan pasti akan kekal.*

*Terimakasih kalian sudah banyah mengajarkan dan membantu aku dibumi minang  
kabau ini baik dikampus maupun diluar kampus*

*Semoga Kalian bisa menyusul meraih Gelar sarjana Secepatnya.*

Semoga persahabatan ini tidak pernah memisahkan kita sesuai dengan selogan kita  
**SOLIDARITY FOREVER**

**Buat Sahabat Aku**

*syarial, ijar, damay, ibu ipus, kak hani dan ichsan*

*tidak terasa waktu terlalu cepat berlalu sehingga aku tak sadar bahwa kita semua sudah berada di  
ujung perkuliahan*

*terimakasih buat kalian semua yang telah memberikan aku semangat dan motivasi*

*pasti aku akan sangat kangen sama tingkah laku konyol kalian, kangen canda kalian, dan semua  
hal yang telah kita lakukan selama ini dirantau orang*

*aku selalu sayang sama kalian semua*

**Keluarga Besar Aku Di Perumahan Wisma Indah V Tabing (Padang)**  
*terimakasih buat bg romi, bg revan, bg lutfi, bg kabul, bg ikbal, bg  
furqan, sayed, bg fahmi, firman, ichsan, dan alvi.  
terimakasih buat semangat dan motivasi yang kalian berikan buat aku.  
kalian adalah keluarga aku nomor dua di perantaun ini  
semoga yang belum memperoleh gelar sarjana segera menyusul  
ammiinnn ya ALLAH*

**Keluarga Besar Himpac Sumatera Barat**  
*Terimakasih Buat Keluarga Besar Organisasi Himpac Sumatera Barat  
yang telah memberikan arahan saat saya baru pertama datang ke kota padang dan  
membimbing saya di kampus sehingga saya dapat mudah beradaptasi di kampus dan di luar  
kampus  
semoga organisasi kita selalu bisa memberikan yang terbaik buat adek-adek kita yang datang  
merantau ke padang.  
semoga kedepannya organisasi himpac menjadi salah satu organisasi terbaik anak aceh yang  
ada di indonesia*

*akhir kata, semoga skripsi ini membawa manfaat bagi penulis dan pembaca. Aku mengucapkan ribuan  
terimakasih untuk kalian semua, aku bukan apa-apa tanpa kalian semua.  
semoga allah selalu melindungi kita.*

**Jangan pernah batasi kaki buat melangkah  
Tapi jangan biarkan kaki melangkah ke tempat yang salah  
Jangan pernah batasi mata buat melihat  
Tapi jangan biarkan mata melihat yang salah  
Jangan batasi tangan membuat sesuatu  
Tapi jangan biarkan tangan membuat keburukan didunia ini**

*Ttd.*

*MUHAMMAD FADHIL, S.Pd*

## ABSTRAK

### **Pengaruh Posisi Pengelasan dan Jenis Elektroda E 7016 Dan E 7018 terhadap Kekuatan Tarik Hasil Las Baja Karbon Rendah Trs 400 oleh Muhammad Fadhil.**

Suatu konstruksi memerlukan pengelasan yang berurutan dan cepat dengan posisi pengelasan yang berbeda-beda. Dengan adanya keharusan posisi pengelasan tertentu, maka akan memberikan hasil yang berbeda terhadap kekuatan hasil pengelasan. Jenis elektroda las juga sangat mempengaruhi karakteristik hasil pengelasan, pada sisi lain jenis elektroda untuk pengelasan sering menjadi pilihan pribadi tukang las itu sendiri tanpa memperhatikan kekuatan lasnya. Tujuan penelitian ini dilakukan untuk melihat kekuatan tarik terbaik dari posisi pengelasan dan jenis elektroda E 7016 dan E 7018 yang dipakai untuk mengelas baja TRS 400.

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen yang digunakan untuk mengetahui pengaruh posisi pengelasan dan jenis elektroda terhadap kekuatan tarik baja karbon rendah TRS 400. Dimana hasil pengujian diperoleh melalui percobaan langsung terhadap benda uji. Posisi pengelasan yang digunakan ada tiga jenis yaitu; posisi bawah tangan, vertikal, dan horizontal. Jenis elektroda yang dipakai adalah E 7016 dan E 7018.

Berdasarkan hasil penelitian, posisi pengelasan yang menghasilkan kekuatan tarik tertinggi adalah posisi vertikal dengan nilai rata-rata tertinggi **65,52 (Kgf/mm<sup>2</sup>)**. Jenis elektroda yang menghasilkan kekuatan tarik tertinggi adalah elektroda E 7016 dengan nilai rata-rata tertinggi **65,52 (Kgf/mm<sup>2</sup>)**. Dibandingkan dengan elektroda E 7018 dengan nilai rata-rata kekuatan tertinggi **60,26 (Kgf/mm<sup>2</sup>)**. Pada posisi pengelasan vertikal dengan nilai rata-rata kekuatan tertinggi **60,26 (Kgf/mm<sup>2</sup>)**. Dengan demikian posisi dan jenis elektroda yang terbaik dipakai untuk mengelas baja TRS 400 adalah pada posisi vertikal dengan elektroda E 7016.

Kata Kunci : Posisi Pengelasan, Jenis Elektroda, Kekuatan Tarik, Baja TRS 400.

## HALAMAN PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini yang berjudul **“Pengaruh Posisi Pengelasan dan Jenis Elektroda E 7016 Dan E 7018 terhadap Kekuatan Tarik Hasil Las Baja Karbon Rendah TRS 400”** tidak terdapat karya yang sebelumnya pernah diajukan untuk memperoleh gelar sarjana di suatu perguruan tinggi, dan sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis dan diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang tertulis sebagai acuan di dalam naskah dan buku sebagaimana yang disebutkan di dalam daftar pustaka.

Padang, Januari 2017



**nmad Fadhil**  
NIM. 1302481

## KATA PENGANTAR



Puji syukur ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan hidayah dan kekuatan sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian yang berjudul **“PENGARUH POSISI PENGELASAN DAN JENIS ELEKTRODA E 7016 DAN E 7018 TERHADAP KEKUATAN TARIK HASIL LAS BAJA KARBON RENDAH TRS 400”**. Shalawat dan salam kepada Nabi Muhammad SAW keluarga dan sahabat serta orang-orang mukmin yang tetap istiqamah di jalan-Nya.

Penyusunan penelitian ini bertujuan untuk melengkapi salah satu syarat dalam memperoleh gelar Sarjana Strata Satu (S1) Program Studi Pendidikan Teknik Mesin di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.

Dalam penulisan penelitian ini penulis banyak mendapatkan bantuan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu penyelesaian penelitian ini, terutama kepada :

1. Bapak Drs. Syahrul, M. Si. selaku Dosen Pembimbing I dan Sekaligus Sekretaris Jurusan Teknik Mesin.
2. Bapak Drs. Irzal, M.Kes. selaku Dosen Pembimbing II.
3. Bapak Dr. Waskito, M.T. selaku Dosen Peunguji I.
4. Bapak Drs. Nelvi Erizon, M. Pd. selaku Dosen Peunguji II.
5. Bapak Zonny Amanda Putra, S.T., M.T. selaku Dosen Peunguji I.
6. Bapak Dr. Fahmi Rizal, M. Pd. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
7. Bapak Arwizet K, ST,. M.T. Selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.

8. Bapak Drs. Syafri Jamain, M. Pd. Selaku Penasehat Akademik.
9. Seluruh Dosen, Teknisi dan Karyawan Universitas Negeri Padang.
10. Ayah tercinta Mahmud Ismail dan Mamak tersayang Nasriah terima kasih untuk setiap do'a yang tiada henti dan atas segala pengorbanan serta jeri payah.
11. Rekan-rekan senasib dan seperjuangan dengan saya di Jurusan Teknik Mesin, khususnya angkatan 2013.
12. Semua pihak yang ikut membantu penulis dalam menyelesaikan proposal penelitian ini.

Semoga segala bimbingan, bantuan dan do'a yang telah diberikan akan dibalas oleh Allah SWT, Amin. Penulis berupaya yang semaksimal mungkin untuk menyempurnakan penelitian ini, tetapi penulis yakin masih ada beberapa kekurangan yang perlu di perbaiki dan disempurnakan. Untuk itu, kiranya kritik dan saran sangatlah diharapkan untuk perbaikan dimasa yang akan datang.

Padang , Januari 2017

**Muhammad Fadhil**

## DAFTAR ISI

	HALAMAN
<b>KATA PENGHATAR.....</b>	<b>i</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>vii</b>
 <b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang .....	1
B. Indenfikasi Masalah .....	4
C. Batasan Masalah.....	4
D. Rumusan Masalah.....	5
E. Tujuan Penelitian .....	5
F. Mamfaat Penelitian.....	5
 <b>BAB II LANDASAN TEORI</b>	
A. Baja .....	7
1. Baja Karbon. ....	8
2. Baja Paduan.....	10
3. Baja TRS 400 .....	12
B. Pengertian Las .....	12
C. Pengertian Las Smaw .....	13
1. Jenis Elektroda .....	17
2. Fungsi Utama Fluks .....	20
3. Posisi Pengelasan .....	21
4. Arus Pengelasan .....	24
5. Kualitas Pengelasan .....	25
6. Kampuh V .....	28
7. Cacat Yang Mungkin Terjadi Pada Las .....	29

8. Metalurgi Las .....	31
D. Sifat Mekanik .....	33
E. Kekuatan .....	33
F. Uji Tarik.....	34

### **BAB III METEDOLI PENELITIAN**

A. Metode Penelitian.....	38
B. Waktu dan Tempat .....	38
C. Objek Penelitian .....	39
D. Jenis dan Sumber Data .....	39
E. Alat dan Bahan .....	40
F. Prosedur Pelaksanaan .....	41
G. Intrumen Pengumpulan Data .....	44
H. Teknik Analisa Data.....	46
I. Prosedur Penelitian .....	48

### **BAB IV HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN**

A. Hasil Uji Tarik.....	49
B. Pembahasan Hasil Pengujian Tarik.....	52
C. Grafik Hasil Penelitian.....	57

### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

A. Kesimpulan. ....	58
B. Saran.....	59

<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>60</b>
----------------------------	-----------

### **LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

### HALAMAN

#### GAMBAR

Gambar 1. Diagram CCT.....	7
Gambar 2. Las Listrik Dengan Elektroda Terbungkus .....	15
Gambar 3. Pemindahan Logam Cair .....	15
Gambar 4. Elektroda .....	18
Gambar 5. Posisi Bawah Tangan .....	22
Gambar 6. Posisi Vertikal .....	22
Gambar 7. Posisi Horizontal .....	23
Gambar 8. Posisi Atas Kepala ( <i>over head</i> ) .....	24
Gambar 9. Kampuh Sambungan Las Bentuk Lurus.....	27
Gambar 10. Sambungan Kampuh Sudut.....	27
Gambar 11. Sambungan Kampuh T.....	28
Gambar 12. Sambungan Kampuh V .....	28
Gambar 13. diagram kesimbangan Fe-C.....	32
Gambar 14. Jenis-Jenis Pembebanan .....	34
Gambar 15. Diagram Tegangan-Regangan.....	36
Gambar 16. Demensi Spesimen Uji Tarik Yang Mengacu Pada Standar ASTM E8 .....	39
Gambar 17. Spesimen benda uji.....	41

Gambar 18. Bentuk sambungan kampuh V pada spesimen.....	42
Gambar 19. Mesin uji tarik universal dengan model we-1000 .....	43
Gambar 20. Diagram prosedur pengujian .....	48
Gambar 21. Grafik Uji Tarik Baja TRS 400 Tanpa Pengelasan Dan Setelah Mengalami Mengelas.....	57

## DAFTAR TABEL

### HALAMAN

#### TABEL

Tabel 1. Klasifikasi baja karbon .....	8
Tabel 2. Spesifikasi Baja TRS 400 .....	12
Tabel 3. Hubungan Tebal Plat dan Diameter Elektroda Dengan Arus las .....	25
Tabel 4. Tarbulasi Data Pengujian Tarik .....	45
Tabel 5. Data Hasil Penelitian Uji Tarik.....	49
Tabel 6 Hasil rata-rata kekuatan tarik.....	52

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **A. Latar belakang masalah**

Pada saat ini teknik las busur listrik dengan elektroda terbungkus sangat banyak digunakan dalam hal penyambungan batang-batang pada konstruksi bangunan dan konstruksi mesin. Banyaknya penggunaan penyambungan ini disebabkan karena konstruksi bangunan dan mesin yang dibuat dengan teknik penyambungan ini lebih ringan dan proses pembuatannya juga lebih sederhana sehingga biaya keseluruhan lebih rendah. *Welding* adalah salah satu teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa tekanan dan dengan atau tanpa logam penambah dan menghasilkan sambungan yang kontinyu. Berdasarkan definisi dari DIN (*Deutch Industrie Normen*) las adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan *lumer* atau cair. Dengan kata lain las adalah sambungan setempat dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas.

Pengelasan merupakan suatu hal yang tidak dapat dipisahkan dari pertumbuhan peningkatan industri karena memegang peranan besar dalam rekayasa dan reparasi produksi logam. Hampir tidak mungkin pembangunan suatu pabrik tidak melibatkan unsur pengelasan. Ruang lingkup penggunaan teknik pengelasan dalam bidang konstruksi sangat luas, meliputi perkapalan, jembatan, rangka baja, pipa saluran, pembuatan

mobil, dan lain sebagainya. Di samping itu pengelasan digunakan untuk reparasi misalnya untuk mengisi lubang-lubang pada coran, mempertebal bagian-bagian yang sudah haus dan lain sebagainya.

Sering kali pengelasan harus dilakukan pada posisi tertentu karena mengikuti rancangan suatu konstruksi seperti pengelasan langit-langit/plafon bangunan, pada pojok bangunan, dan sebagainya. Terlebih lagi pada poses pengelasan berkelanjutan yaitu suatu konstruksi memerlukan pengelasan yang berurutan dan cepat dengan posisi pengelasan yang berbeda-beda. Dengan adanya keharusan posisi pengelasan tertentu, maka akan memberikan hasil yang berbeda terhadap kekuatan hasil lasan (Cary,1998).

Kualitas pengelasan sangat ditentukan oleh beberapa faktor. Menurut Daryanto (2012:11) beberapa faktor tersebut antara lain posisi mengelas, bahan logam yang disambung, pengaruh panas, jenis kampuh yang tepat serta jenis elektroda yang digunakan. Banyak pekerja di bidang pengelasan yang tidak mengetahui tentang penggunaan elektroda terhadap jenis posisi pengelasan dan ketebalan bahan yang akan digunakan dalam proses pengelasan. Penggunaan elektroda dan ketebalan bahan pada proses pengelasan akan sangat menentukan tipe dan diameter besar inti elektroda yang akan digunakan dalam pengelasan.

Jenis elektroda las juga sangat mempengaruhi karakteristik hasil lasan, pada sisi lain jenis elektroda untuk pengelasan sering menjadi pilihan pribadi tukang las itu sendiri tanpa memperhatikan kekuatan

lasnya. Untuk mengetahui posisi pengelasan dan jenis elektroda yang menghasilkan sifat yang paling baik, perlu dilakukan penelitian dan pengujian. Dari salah satu sifat mekanik yang paling penting dalam pengelasan adalah sifat kekuatan tarik.

Yang membuat penulis melakukan penelitian ini adalah karena pada saat melakukan praktek lapangan industri pada semester kamaren penulis melihat masih banyah pekerja yang kurang paham terhadap penggunaan elektroda terhadap baja yang akan dilas. Karena pada baja yang ada pada PT tersebut tidak semuanya sama, pasti setiap pipa baja yang digunakan pada PT tersebut berbeda karena tekanan aliran di setiap pipa baja yang mengalir pasti berbeda. Dan penulis melihat juga elektroda yang di gunakan pada pengelesan pipa baja di PT tersebut sama semua, sperti pengelasan pipa baja, pengelasan plat baja, pengelasa valve. Semua pengelasan yang dilakukan pada contoh tersebut menggunakan elektroda E 7016.

Dan penulis masih penasaran terhadap elektroda yang penulis teliti apa benar bahwa elektroda yang penulis teliti memiliki kekuatan yang sama di setiap posisi pengelasan, seperti yang sudah di standarkan oleh JIS.

Berdasarkan uraian di atas yang melatarbelakangi peneliti ingin melakukan penelitian tentang **“Pengaruh Posisi Pengelasan Dan Jenis Elektroda E 7016 dan E 7018 terhadap Kekuatan Tarik Hasil Las Baja Karbon Rendah TRS 400”**.

Untuk mengetahui pengaruh posisi pengelasan dan jenis elektroda E 7016 dan E 7018 terhadap kekuatan tarik hasil las baja karbon rendah TRS 400, maka perlukan dilakukannya pengujian terhadap benda uji hasil dari pengelasan SMAW.

### **B. Identifikasi Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat diidentifikasi masalah yang ada yaitu sebagai berikut:

1. Masih ada beberapa pekerja pada konstruksi las yang sering tidak memperhatikan faktor yang mempengaruhi kualitas las, seperti pemakaian elektroda, posisi pengelasan, dan pemilihan arus sehingga kualitas hasil las menjadi kurang baik.
2. Jenis elektroda untuk pengelasan sering menjadi pilihan pribadi tukang las itu sendiri tanpa memperhatikan kekuatan lasnya.
3. Belum diketahui posisi pengelasan yang berbeda apakah akan memberikan kekuatan yang berbeda terhadap hasil pengelasan.

### **C. Batasan Masalah**

Untuk lebih terarahnya penelitian ini, maka yang ingin penulis teliti adalah pengaruh posisi pengelasan dan jenis elektroda E 7016 dan E 7018 terhadap kekuatan tarik baja karbon rendah TRS 400 yang dilakukan pengelasan dengan las SMAW.

#### **D. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang masalah, maka peneliti merumuskan.

1. Apakah ada pengaruh posisi pengelasan terhadap kekuatan tarik baja plat TRS 400.
2. Apakah ada pengaruh pengelasan dengan menggunakan elektroda E 7016 dan E 7018 terhadap kekuatan tarik.

#### **E. Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Membuktikan pengaruh posisi pengelasan terhadap kekuatan tarik pada baja TRS 400.
2. Membuktikan kekuatan tarik pada baja TRS 400 setelah dilakukan pengelasan las SMAW menggunakan elektroda E 7016 dan E 7018.
3. Membuktikan posisi dan jenis elektroda secara bersama-sama yang memiliki nilai kekuatan tarik tertinggi/terbaik pada hasil pengelasan baja TRS 400.

#### **F. Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat yang ingin dicapai yaitu :

1. Meningkatkan pengetahuan penulis tentang sifat bahan setelah mengalami pengelasan.
2. Dari data-data ini agar dapat menjadi referensi bagi industri dan khususnya bagi peneliti yang mengadakan penelitian dibidang ilmu yang sama.

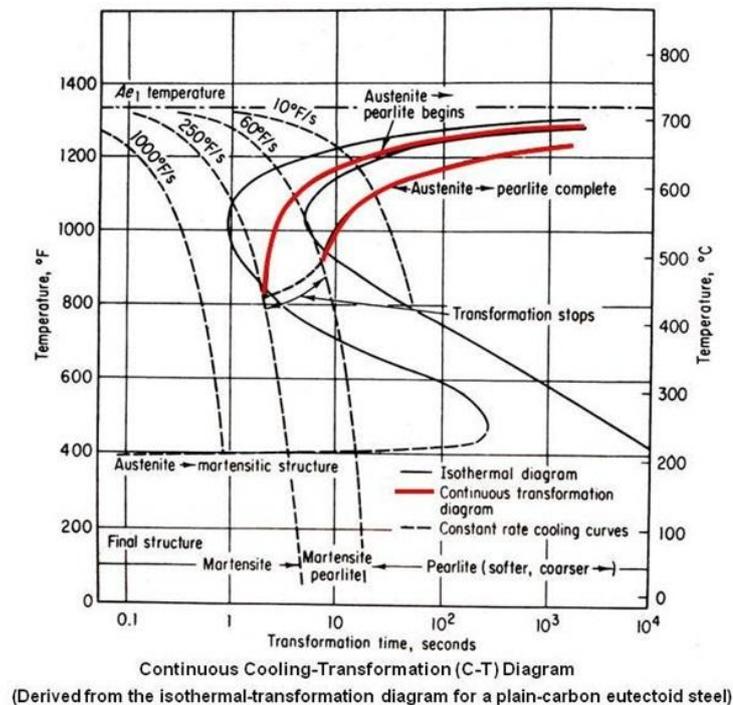
3. Sebagai syarat untuk menyelesaikan studi S1 di jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik FT UNP Padang.

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### A. Baja

Baja adalah campuran besi dan karbon, dengan kandungan karbon maksimum 1,5%. Karbon terjadi dalam wujud karbid besi, sehingga meningkatkan kekerasan baja. Baja merupakan paduan besi dan karbon yang dapat berisi konsentrasi dari elemen campuran lainnya. Ada ribuan campuran logam lainnya yang mempunyai komposisi berbeda. Sifat mekanis dari baja sangat sensitif terhadap kandungan karbon, yang mana secara normal kurang dari 1,5%. Sebagian dari baja digolongkan menurut konsentrasi karbon, yakni ke dalam baja karbon rendah, sedang dan tinggi.



Gambar 1. Diagram CCT

(<http://2.bp.blogspot.com/f6wKEM6FTre/UXVOzhnVIXI/AAAAAAAAA18/4IBbCd0HTK4/s1600/diagram+cct.jpg> : di akses 30 desember 2016 jam 21.17 WIB)

## 1. Baja karbon

Menurut Harsano Wiryosumarto dan Toshie Okumura (2000), baja karbon adalah paduan antara besi dan karbon dengan sedikit unsur lainnya misalnya: Si, Mn, P, S dan Cu. Sifat baja karbon sangat tergantung pada kadar karbon, bila kadar karbon naik, kekuatan dan kekerasannya juga bertambah tinggi tetapi perpanjangannya menurun. Karena itu baja karbon dapat diklasifikasikan menjadi tiga kelompok, yaitu baja karbon rendah, baja karbon sedang dan baja karbon tinggi.

### a. Baja karbon rendah

Baja jenis ini mempunyai kadar karbon kurang dari 0,30 %. Baja ini bersifat ulet dan tangguh serta mempunyai mampu mesin (*machineability*), mampu bentuk (*formability*) dan mampu las (*weldability*) yang lebih baik bila dibandingkan baja karbon sedang dan baja karbon tinggi. Baja karbon rendah mempunyai kepekaan yang rendah terhadap retak las dibandingkan dengan baja karbon lainnya karena kadar karbon yang paling rendah.

Pada umumnya baja jenis ini digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan komponen struktur bangunan, pipa gedung, jembatan, bodi mobil, dan lain-lainya

### b. Baja karbon sedang

Baja karbon sedang mengandung kadar karbon 0,30 % - 0,45 %. Baja ini bersifat kuat dan keras tetapi mampu lasnya tidak sebaik baja karbon rendah. Sifatnya yang mudah menjadi keras karena kadar karbon yang cukup tinggi ditambah dengan adanya

hidrogen difusi menyebabkan baja ini sangat peka terhadap retak las sehingga bisa dikatakan sifat mampu lasnya kurang baik daripada baja karbon rendah. Baja karbon sedang biasanya digunakan untuk pembuatan poros, rel kereta api, roda gigi, baut, pegas, dan komponen mesin lainnya.

c. Baja karbon tinggi

Merupakan baja dengan kadar karbon 0,45 % - 1,70 %. Secara umum, baja karbon tinggi mempunyai kekuatan dan kekerasan yang paling tinggi dibanding baja jenis lainnya karena kadar karbonnya adalah yang paling tinggi sehingga pada umumnya paling sulit dilas. Dalam pengaplikasiannya baja karbon tinggi banyak digunakan dalam pembuatan alat-alat perkakas seperti palu, gergaji, pembuatan kikir, pisau cukur, dan sebagainya.

Tabel 1. Klasifikasi Baja Karbon  
(Harsono Wiryosumarto dan Toshie Okumura, 2000 : 90)

Jenis dan kelas		Kadar karbon (%)	Kekuatan luluh (kg/mm <sup>2</sup> )	Kekuatan tarik (kg/mm <sup>2</sup> )	Perpanjangan (%)	Kekerasan brinell	Penggunaan
Baja karbon rendah	Baja lunak khusus	0,08	18 – 28	32 – 36	40 – 30	95 – 100	Pelat tipis
	Baja sangat lunak	0,08 – 0,12	20 – 29	36 – 42	40 – 30	80 – 120	Batang kawat
	Baja lunak	0,12 – 0,20	22 – 30	38 – 48	36 – 24	100 – 130	
	Baja setengah lunak	0,20 – 0,30	24 – 36	44 – 45	32 – 22	112 – 145	Konstruksi umum

Baja karbon sedang	Baja setengah keras	0,30 – 0,40	30 – 40	50 – 60	30 – 17	140 – 170	Alat-alat mesin
Baja karbon tinggi	Baja keras	0,40 – 0,45	34 – 46	58 – 70	26 – 14	160 – 200	Perkakas
	Baja sangat keras	0,50 – 0,80	36 – 47	65 – 100	20 – 11	180 - 235	Rel, pegas, dan kawat piano

## 2. Baja Paduan

Menurut Wahyudin K dan Wahjoe Hidayat (1978:47), baja paduan adalah baja yang mengandung sebuah unsur lain atau lebih dengan kadar yang berlebih pada kadar biasanya dalam baja karbon. Unsur-unsur yang biasanya terdapat dalam baja karbon adalah C, Mn, Si, P dan S. Untuk memperoleh sifat-sifat yang lebih baik maka kadar Mn atau Si ditambah, atau unsur-unsur lain seperti Cr, Ni, Mo, Co, Ti, W dan sebagainya. Dengan demikian selain memperbaiki sifat-sifat mekanisnya juga memperbaiki sifat tahan korosi, tahan suhu tinggi, tahan aus dan sifat-sifat listrik serta magnetiknya.

Unsur-unsur paduan yang dipakai dalam pembuatan baja paduan terdiri dari satu macam unsur atau lebih dengan kadarnya yang berbeda-beda, tergantung dari keperluan sehingga baja paduan menjadi banyak macam dan jenisnya. Menurut kadar unsur paduan, baja paduan dapat dibagi dalam dua golongan yaitu baja paduan rendah dan baja paduan tinggi atau baja paduan khusus. Baja paduan rendah adalah baja yang sedikit mengandung unsur paduan dibawah 10%, sedangkan baja paduan tinggi dapat mengandung unsur paduan diatas 10%.

Baja paduan rendah dibagi menurut sifatnya yaitu baja tahan suhu rendah, baja kuat dan baja tahan panas (Wiryo Sumarto, 2000).

a. Baja tahan suhu rendah.

Baja ini mempunyai kekuatan tumbuk yang tinggi dan suhu transisi yang rendah, karena itu dapat digunakan dalam konstruksi untuk suhu yang lebih rendah dari suhu biasa.

b. Baja kuat.

Baja ini dibagi dalam dua kelompok yaitu kekuatan tinggi dan kelompok ketangguhan tinggi. Kelompok kekuatan tinggi mempunyai sifat mampu las yang baik karena kadar karbonnya rendah. Kelompok ini sering digunakan dalam konstruksi las. Kelompok yang kedua mempunyai ketangguhan dan sifat mekanik yang sangat baik. Kekuatan tarik untuk baja kuat berkisar antara 50 sampai 100 kg/mm<sup>2</sup>.

c. Baja tahan panas adalah baja paduan yang tahan terhadap panas, asam dan mulur. Baja tahan panas yang terkenal adalah baja paduan jenis Cr-Mo yang tahan pada suhu 600°C.

Pengelasan yang banyak digunakan untuk baja paduan rendah adalah las busur elektroda terbungkus, las busur rendam dan las MIG (las logam gas mulia). Perubahan struktur daerah las selama pengelasan, karena adanya pemanasan dan pendinginan yang cepat menyebabkan daerah HAZ menjadi keras. Kekerasan yang tertinggi terdapat pada daerah HAZ.

### 3. Baja TRS 400

Pada penelitian ini penulis menggunakan bahan baja TRS 400 sebagai bahan penelitian. Baja TRS 400 termasuk ke dalam baja karbon rendah karena mengandung karbon kurang dari 0.30%. Karakteristik dari baja TRS 400 ini mudah untuk fabrikasi, ketangguhan dan ketahanan aus yang baik. Baja TRS 400 banyak digunakan pada kontruksi umum, pabrik semen, industri besi dan baja, dan pertambangan batu bara. Untuk spesifikasi baja TRS 400 dapat dilihat pada tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. Spesifikasi Baja TRS 400  
(PT. TIRA AUSTENITE Tbk)

TIRA STEEL NAMES	PRINCIPLE GRADE	CHEMICAL ANALYSIS (%)										MECHANICAL PROPERTIES				
		C	Cr	Ni	Mo	Mn	Si	S	P max	others	UTS-Rm		0,2Y.S -Rp0,2%		El-As %	HARDANESS VALUE HBN
											Mpa	Ksi	Mpa	Ksi		
TRS 400	FORA 400/RAEX 400	0.2	1	-	0.3	1.6	-	0.005	0.02	-	1344	195	1103	160	13	400

### B. Pengertian Las

Menurut *Welding Handbook*, proses pengelasan adalah “ proses penyambungan bahan yang menghasilkan peleburan bahan dengan memanasinya hingga suhu yang tepat dengan atau tanpa pemberian tekanan dan dengan atau tanpa pemakaian bahan pengisi”. Energi pembangkit panas dapat dibedakan menurut sumbernya: listrik, kimiawi optis, mekanis, dan bahan semi konduktor. Panas digunakan untuk mencairkan logam dasar dan bahan pengisi agar terjadi aliran bahan

(terjadi peleburan). Selain itu, panas dipakai untuk menaikkan daktilitas sehingga aliran plastis dapat terjadi walaupun bahan tidak mencair, lebih jauh lagi, pemanasan membantu penghilangan kotoran pada bahan.

Pengelasan merupakan salah satu bagian yang tak terpisahkan dari proses manufaktur. Sejalan dengan itu menurut Daryanto (2012:51) pengelasan adalah suatu proses penyambungan logam dimana logam menjadi satu akibat panas dengan atau tanpa tekanan, atau dapat didefinisikan sebagai akibat dari metalurgi yang ditimbulkan oleh gaya tarik menarik antara atom-atom. Menurut Fenny Sartika (2015:8) pengelasan dapat diartikan dengan proses penyambungan dua buah logam sampai titik rekristalisasi logam, dengan atau tanpa menggunakan bahan tambah dan menggunakan energi panas sebagai pencecair bahan yang dilas. Sebelum atom-atom tersebut membentuk ikatan, permukaan yang menjadi satu perlu bebas dari gas yang terserap atau oksida-oksida.

Bedasarkan beberapa teori di atas dapat diambil kesimpulan pengelasan adalah proses penyambungan dua buah logam atau lebih dengan cara memanaskan kedua buah logam tersebut dengan menggunakan energi panas.

### **C. Pengertian Las SMAW**

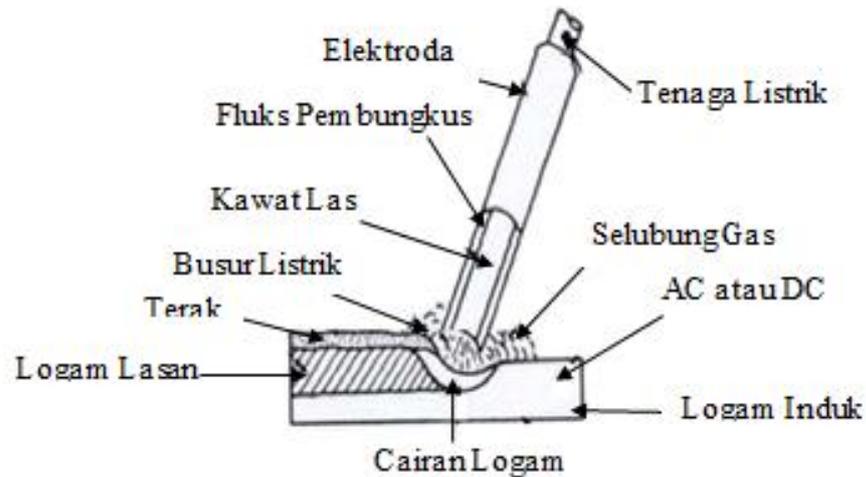
Shielded Metal Arc Welding (SMAW) dikenal juga dengan istilah Manual Metal Arc Welding (MMAW) atau Las elektroda terbungkus adalah suatu proses penyambungan dua keping logam atau lebih, menjadi suatu sambungan yang tetap, dengan menggunakan sumber panas listrik

dan bahan tambah/pengisi berupa elektroda terbungkus. Pada proses las elektroda terbungkus, busur api listrik yang terjadi antara ujung elektroda dan logam induk/benda kerja(*base metal*) akan menghasilkan panas.

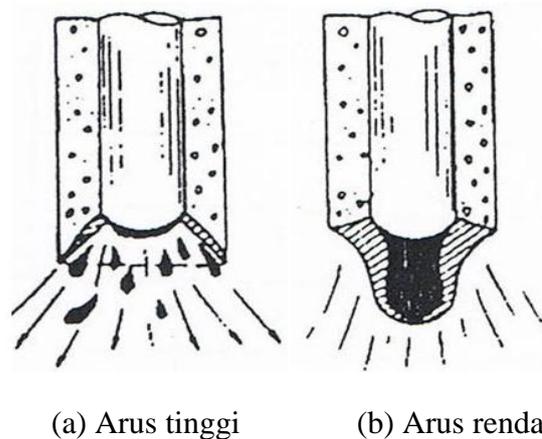
Busur listrik yang terjadi di antara ujung elektroda dan bahan dasar akan mencairkan ujung elektroda dan sebagian bahan dasar. Selaput elektroda yang turut terbakar akan mencairkan dan menghasilkan gas yang melindungi ujung elektroda kawah las, busur listrik terhadap pengaruh udara luar. Cairan selaput elektroda yang membeku akan menutupi permukaan las yang juga berfungsi sebagai pelindung terhadap pengaruh luar.

Proses pengelasan melibatkan pemanasan dan pendinginan , pada umumnya struktur mikro dari logam tergantung dari kecepatan pendinginannya dari temperatur terbentuk fase awal sampai temperatur kamar. Karena perubahan struktur ini dengan sendirinya sifat-sifat mekanik yang dimiliki juga berubah.

Secara umum dapat dikatakan bahwa logam mempunyai sifat mampu las tinggi bila pemindahan terjadi dengan butiran yang halus. Proses pemindahan logam cair sangat mempengaruhi sifat mampu las Sedangkan pola pemindahan cairan dipengaruhi oleh besar kecilnya arus dan juga oleh komposisi dari bahan fluks yang digunakan.



Gambar 2. Las listrik dengan elektroda terbungkus  
(Harsono Wiryosumarto dan Toshie Okumura, 2008:9)



(a) Arus tinggi

(b) Arus rendah

Gambar 3. Pemandahan logam cair  
(Harsono Wiryosumarto dan Toshie Okumura, 2008:9)

Menurut Harsono Wiryosumarto dan Toshie Okumura (2008:9) selama proses pengelasan bahan fluks yang digunakan untuk membungkus elektroda mencair dan membentuk terak yang kemudian menutupi logam cair yang terkumpul ditempat sambungan dan bekerja sebagai penghalang oksidasi. Selain itu menurut Daryanto (2012:92) las

listrik juga bisa digunakan untuk mengelas berbagai macam logam ferrous dan non ferrous, termasuk baja carbon dan baja paduan rendah, stainless steel, paduan-paduan nikel, cast iron, dan beberapa paduan tembaga.

kelemahannya terletak pada kekuatan sambungan las yang sangat dipengaruhi oleh kualitas pengelasan. Jika pengelasannya baik maka kekuatan sambungan akan baik, tetapi jika pengelasannya jelek/tidak sempurna maka kekuatan konstruksi juga tidak baik bahkan membahayakan dan dapat berakibat fatal. Salah satu sambungan las cacat lambat laun akan merembet rusaknya sambungan yang lain dan akhirnya bangunan dapat runtuh yang menyebabkan kerugian materi yang tidak sedikit bahkan juga korban jiwa.

Selain itu, laju pengisiannya juga lebih rendah dibandingkan proses pengelasan semi-otomatis atau otomatis. Panjang elektroda tetap dan pengelasan mesti dihentikan setelah sebatang elektroda terbakar habis. Puntung elektroda yang tersisa terbuang, dan waktu juga terbuang untuk mengganti-ganti elektroda. Menurut Daryanto (2012:92) slag atau terak yang terbentuk harus dihilangkan dari lapisan las sebelum lapisan berikutnya didepositkan. Langkah ini mengurangi efisiensi pengelasan hingga sekitar 50%.

Asap dan gas yang terbentuk juga merupakan masalah, sehingga diperlukan ventilasi memadai pada pengelasan di dalam ruang tertutup.

Pandangan mata pada kawah las agak terhalang oleh slag pelindung dan asap yang menutupi endapan logam. Untuk mendapatkan pengelasan yang baik menurut Daryanto (2012:92) dibutuhkan juru las yang sangat terampil untuk dapat menghasilkan pengelasan berkualitas radiography apabila mengelas pipa atau plat hanya dari arah satu sisi.

Kelebihan menurut Daryanto (2012:92) las listrik adalah proses las busur yang paling sederhana dan serba guna. Karena sederhana dan mudah dalam mengangkut peralatan dan perlengkapannya, membuat proses las listrik ini mempunyai aplikasi yang luas. SMAW bisa dilakukan pada berbagai posisi atau lokasi yang bisa dijangkau dengan sebatang elektroda. Sambungan-sambungan pada daerah dimana pandangan mata terbatas masih bisa dilas dengan cara membengkokkan elektroda.

### **1. Jenis Elektroda**

Bagian terpenting dalam las busur listrik adalah elektroda las. Jenis elektroda yang dipergunakan menentukan hasil pengelasan sehingga sangat penting untuk mengetahui sifat dan jenis dari masing-masing elektroda sebagai dasar pemilihan elektroda yang tepat. Jenis elektroda yang dipergunakan menentukan hasil pengelasan sehingga sangat penting untuk mengetahui sifat dan jenis dari masing-masing elektroda sebagai dasar pemilihan elektroda yang tepat Fenny Sartika (2015:13)

Menurut I Gusti Ngurah Nitya Santhiarsadan I Nyoman Budiarsa (2007 : 107) Elektroda Pada dasarnya bila ditinjau dari logam yang dilas kawat elektroda dibedakan menjadi lima, yaitu : baja lunak, baja karbon

tinggi, baja paduan, besi tuang dan logam *non ferro*. Karena *filler metal* harus mempunyai kesamaan sifat dengan logam induk, maka sekaligus ini berarti bahwa tiada elektroda yang dapat dipakai untuk semua jenis dari pengelasan.

Kawat Elektroda terdiri dari dua bagian yaitu bagian yang berselaput (*fluks*) dan tidak berselaput yang merupakan pangkal untuk menjepitkan tang las, yang ditunjukkan pada Gambar 3. Sedangkan fungsi fluks sendiri adalah untuk melindungi logam cair dari lingkungan udara, menghasilkan gas pelindung, menstabilkan busur.



Gambar 5. Elektroda  
(dokumentasi pribadi)

Menurut Daryanto (2012:61) elektroda baja lunak dan baja paduan rendah untuk las busur listrik menurut klasifikasi AWS (*American Welding Society*) dinyatakan dengan tanda E XXXX yang artinya sebagai berikut:

E = Menyatakan elektroda busur listrik.

XX = (angka kedua dan ketiga) sesudah E menyatakan kekuatan tarik deposit las dalam ribuan lb/in<sup>2</sup>.

- X = (angka ketiga) menyatakan posisi pengelasan. Angka 1 untuk pengelasan segala posisi. Angka 2 untuk pengelasan posisi datar di bawah tangan.
- X = (angka keempat) menyatakan jenis selaput dan jenis arus yang cocok dipakai untuk pengelasan.

Menurut Daryanto (2012:63) Selaput elektroda jenis ini mengandung hydrogen yang rendah (kurang dari 0,5 %), sehingga deposit las juga dapat bebas dari porositas. Elektroda ini dipakai untuk pengelasan yang memerlukan mutu tinggi, bebas porositas, misalnya untuk pengelasan bejana dan pipa yang akan mengalami tekanan. Jenis-jenis elektroda hydrogen rendah misalnya E 7015, E 7016 dan E 7018.

Selaput elektroda jenis E 6027, E 7014, E 7018, E 7024 dan E 7028 mengandung serbuk besi untuk meningkatkan efisiensi pengelasan. Umumnya selaput elektroda akan lebih tebal dengan bertambahnya persentase serbuk besi. Dengan adanya serbuk besi dan bertambah tebalnya selaput akan memerlukan ampere yang lebih tinggi.

Dari uraian diatas maka, penulis menggunakan elektroda E 7016 dan E 7018 untuk melihat pengaruh posisi pengelasan dan jenis elektroda E 7016 dan E 7018 terhadap kekuatan tarik pada baja karbon rendah TRS 400.

## 2. Fungsi Utama Fluks

Fungsi utama dari salutan fluks pada elektroda adalah:

a. Fluks Memfasilitasi Penyalaan Busur dan Meningkatkan Intensitas dan Stabilitas Busur.

b. Fluks Menimbulkan Gas Untuk Melindungi Busur.

Fluks akan terurai dan menimbulkan gas ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2$ , dan sebagainya) yang mengelilingi busur. Hal ini menjaga bentuk butiran logam dan cairan teroksidasi atau nitrasi yang disebabkan oleh kontak dengan atmosfer.

c. Slag / terak melindungi logam las dan membantu pembentukan rigi selama pengelasan, fluks mencair menjadi terak yang melindungi cairan dan rigi las dengan cara menutupinya. Dengan berbagai kekentalan (viskositas) dari terak, memungkinkan untuk melaksanakan pengelasan dalam berbagai posisi dan memperbaiki bentuk dari rigi las.

d. Fluks Menghaluskan Kembali Logam Las dengan Deoksidasi.

Bila pengelasan dilaksanakan pada udara terbuka, logam las tidak bisa terhindar dari oksidasi walau penimbul gas dan pembentuk terak digunakan. Elemen deoksidasi seperti mangan(Mn) dan silikon(Si) telah ditambahkan pada fluks, melindungi pembentukan lubang cacing dan meningkatkan kekuatan dan ketangguhan dari logam las.

e. Fluks Perlu Ditambahi Elemen Campuran ke Logam Deposit.

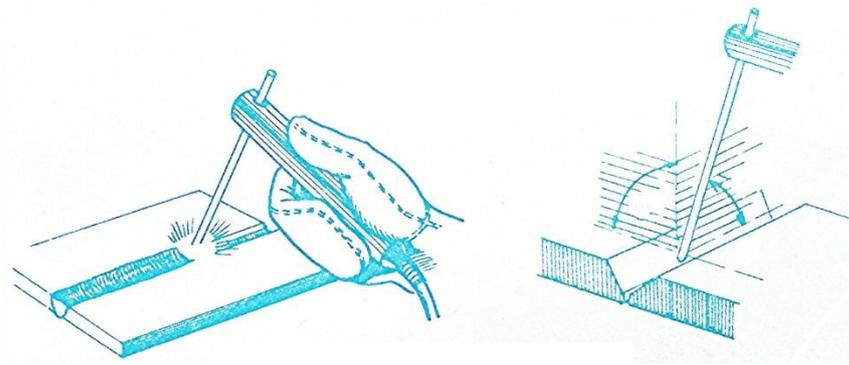
Elemen campuran yang tepat yang ditambahkan dari fluks untuk endapan logam akan meningkatkan ketahanan terhadap korosi, panas dan abrasi.

### 3. Posisi Pengelasan

a. Posisi Bawah Tangan

Menurut Daryanto (2012:67) posisi pengelasan yang paling mudah dilakukan adalah posisi di bawah tangan. Oleh sebab itu, untuk menyelesaikan setiap pekerjaan pengelasan sedapat mungkin di usahakan pada posisi di bawah tangan. Kemiringan elektroda 10-20 derajat terhadap garis vertikal kearah jalan elektroda dan 70-80 derajat terhadap benda kerja.

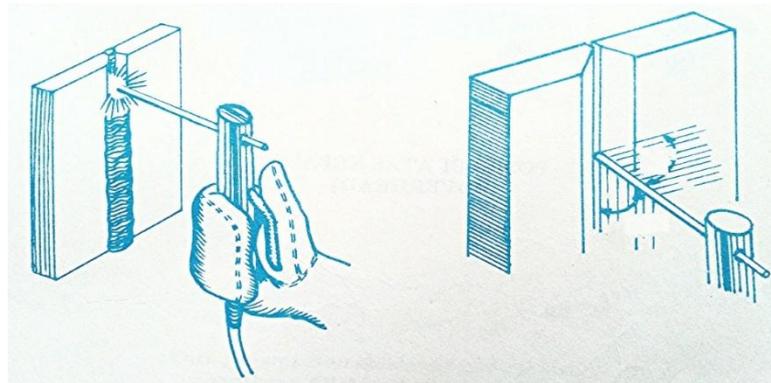
Menurut I Gusti Ngurah Nitya Santhiarsadan I Nyoman Budiarsa (2007 : 109) Posisi pengelasan, pengaturan posisi. Posisi pengelasan yang diambil oleh operator las biasanya tergantung dari letak kampuh- kampuh atau celah-celah benda kerja yang akan dilas. Posisi-posisi pengelasan sesuai dengan standar AWS (*American Welding Society*).



Gambar 6. Posisi bawah tangan  
(Sriwidharto 1987:31)

b. Posisi Tegak (vertikal)

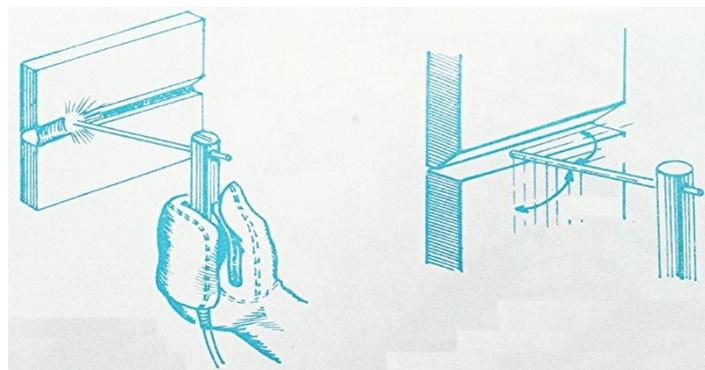
Mengelas posisi tegak adalah apabila dilakukan arah pengelasan ke atas atau ke bawah. Pengelasan ini termasuk pengelasan yang paling sulit karena bahan cair yang mengalir atau menumpuk di arah bawah dapat diperkecil dengan kemiringan elektroda dibuat miring 5-10 derajat terhadap vertikal dan 70-85 derajat ke arah benda kerja.



Gambar 7. Posisi vertikal  
(Sriwidharto 1987:31)

c. Posisi Datar (horizontal)

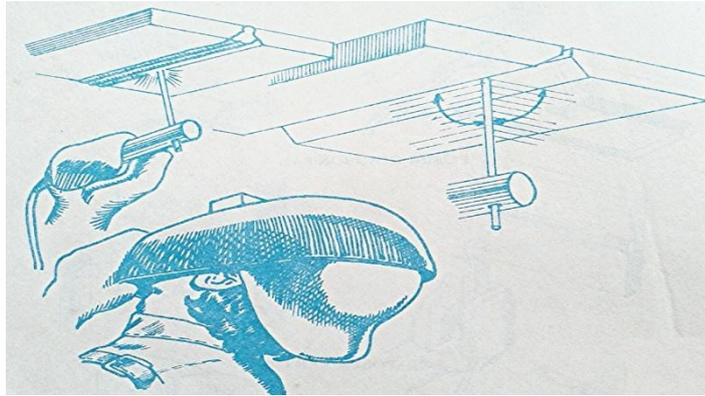
Mengelas dengan horizontal biasa disebut juga mengelas merata dimana kedudukan benda kerja dibuat tegak dan arah elektroda mengikuti horizontal. Sewaktu mengelas elektroda dibuat miring sekitar 5-10 derajat terhadap garis vertikal dan 70-80 derajat ke arah benda kerja.



Gambar 8. Posisi horizontal  
(Sriwidharto 1987:31)

d. Posisi Atas Kepala (*overhead*)

Posisi pengelasan ini sangat sulit dan berbahaya karena bahan cair banyak berjatuhan dapat mengenai juru las, oleh karena itu diperlukan perlengkapan yang serba lengkap. Mengelas dengan posisi ini benda kerja terletak pada bagian atas juru las dan kedudukan elektroda sekitar 50-20 derajat terhadap garis vertical dan 75-85 derajat terhadap benda kerja.



Gambar 9. Posisi di atas kepala  
(Sriwidharto 1987:32)

Berdasarkan uraian di atas maka penulis mengambil 3 posisi pengelasan yaitu posisi bawah tangan, posisi vertical, dan horizontal untuk di lakukan pengujian dan penelitian terhadap kekuatan tarik baja karbon rendah TRS 400.

#### **4. Arus Pengelasan**

Menurut Daryanto (2012:60) besar arus pada pengelasan mempengaruhi hasil las karena bila arus terlalu rendah akan menyebabkan sukarnya penyalaan busur listrik dan busur listrik yang terjadi 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 yang kurang dalam. Sebaliknya bila arus terlalu besar maka elektroda akan mencair terlalu cepat dan menghasilkan permukaan las yang lebih lebar dan penembusan yang dalam. sebaliknya bila arus terlalu besar maka elektroda akan mencair terlalu cepat dan menghasilkan permukaan las yang yang lebih lebar dan penembusan yang dalam. Oleh

sebab itu besar arus untuk pengelasan tergantung pada jenis kawat las yang dipakai, posisi pengelasan serta tebal bahan dasar.

Tabel 3. hubungan tebal plat dan diameter elektroda dengan arus las  
( workshop SMK Negeri 1 Bukittinggi)

No	Tebal Bahan (mm)	Diameter Elektroda (mm)	Kuat Arus (ampere)
1	Sampai – 1	1,5	20 – 30
2	1 – 1,5	2	35 – 60
3	1,5 – 2,5	2,5	60 – 100
4	2,5 – 4,0	3,2	90 – 120
5	4 – 6,0	4	120 – 180
6	6 – 10	5	150 – 220
7	10 – 16	6	200 – 300
8	Diatas 16	8	280– 400

## 5. Kualitas Hasil Pengelasan

Kualitas hasil pengelasan ditentukan oleh beberapa faktor antara lain: teknik pengelasan, bahan logam yang di sambung, pengaruh panas serta jenis kampuh yang tepat.

### a. Teknik pengelasan

Menurut Daryanto (2012: 11) faktor yang mempengaruhi kualitas las pada pengelasan ini adalah posisi mengelas, bentuk kampuh sambungan, kecepatan pengelasan, ukuran elektroda (las busur).

### b. Bahan logam yang disambung

Logam yang di panasi sampai keadaan lumer/meleleh, maka pada proses pendinginan kembali akan terjadi perubahan elastisitas logam, jika didinginkan secara perlahan logam akan kembali menjadi kenyal

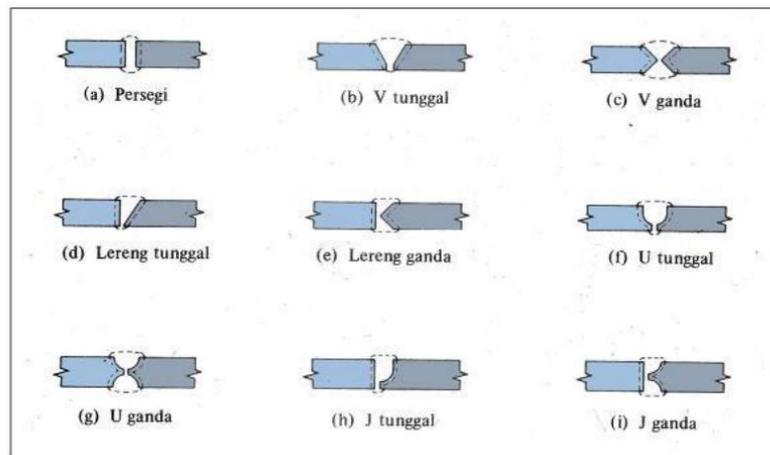
dan jika didinginkan mendadak (dengan cepat) logam akan menjadi getas. Logam yang dipanasi tersebut akan mengalami perubahan komposisi kimia yang terkandung, terutama unsur karbon (C). Logam yang meleleh pada temperatur tinggi akan lebih banyak mengandung gas dari logam yang meleleh pada temperatur rendah, dan berakibat logam menjadi keropos. Untuk menghindari keropos tersebut maka sewaktu pengelasan perlu diberi bahan fluks (bahan pelindung). Perlu diketahui pula bahwa logam yang disambung diusahakan mempunyai titik lebur yang sama, sehingga proses penyambungan menjadi sempurna.

c. Pengaruh Panas

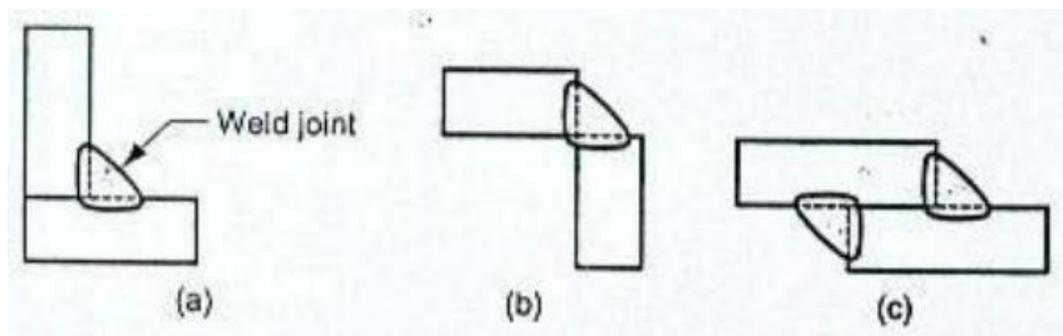
Akibat pengaruh panas terjadi ekspansi dan pemuaian, sehingga menimbulkan tegangan-tegangan sekunder yang tidak diinginkan. Pada proses pendinginan logam lasan yang meleleh/cair akan menjalani proses pembekuan. Selama pembekuan akan terjadi reaksi pemisahan (retak), terbentuk lobang halus, serta terbentuk oksida-oksida. Reaksi pemisahan ada beberapa macam yakni: (a) pemisahan makro, yaitu: terjadinya perubahan pada garis lebur menuju kegaris sumbu las; (b) pemisahan gelombang, yaitu: terputusnya gelombang manik las; dan (c) pemisahan mikro, yaitu: terjadinya perubahan komponen dalam satu pilar atau bagian dari satu pilar.

#### d. Macam-Macam Kampuh Sambungan Las

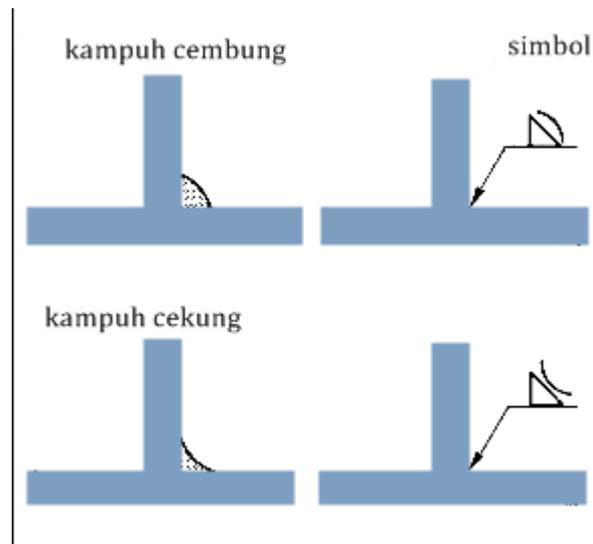
Pada rancang bangun suatu konstruksi ada terbagi macam bentuk kampuh sambungan las. Dalam uraian ini dibedaka menjadi tiga kelompok kampuh sambungan las yakni: kampuh lurus, kampuh sudut, dan kampuh T.



Gambar 10. kampuh sambungan las bentuk lurus  
(Edih supardi 1996: 12)



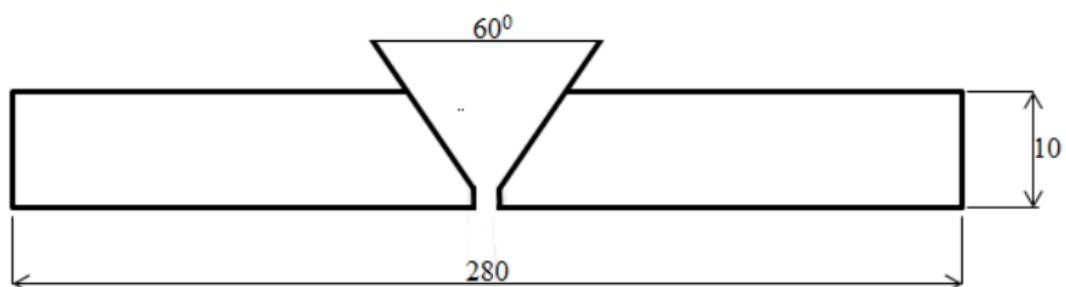
Gambar 11. sambungan kampuh sudut  
(Edih supardi 1996: 13)



Gambar 12. sambungan kampung T  
(Edih supardi 1996: 14)

## 6. Kampung V

Sambungan kampung V dipergunakan untuk menyambung logam/plat yang tebalnya antara 6 - 15 mm dengan sudut kampung dibuat antara  $60^{\circ}$  -  $80^{\circ}$  dan jarak lobang (logam yang satu dengan logam yang lain) sekitar 2 mm serta tinggi lobang antara 1 - 2 mm. Sewaktu mengelas kampung V terbuka hendaknya diberi plat penahan cairan sepanjang kampung yang gunanya untuk mencegah cairan bertumbuk di sebelah bawah kampung dan plat penahan tersebut dapat dibuka apabila diperlukan.



Gambar 13. sambungan kampung v

Dari beberapa sambung kampuh yang sudah disebutkan di atas maka penulis mengambil satu jenis sambungan kampuh yaitu sambungan kampuh V untuk dilakukan pengujian atau penelitian pengaruh posisi pengelasan dan jenis elektroda E 7016 dan E 7018 terhadap kekuatan pada baja karbon rendah TRS 400.

## **7. Cacat Yang Mungkin Terjadi Pada Las**

Menurut Daryanto (2012: 6) teknik dan prosedur pengelasan yang tidak baik menimbulkan cacat pada las yang menyebabkan diskontinuitas dalam las. Cacat yang umumnya di jumpai adalah: peleburan tidak sempurna, penetrasi kampuh yang memadai, porositas, peleburan berlebihan, masuknya terak, dan retak-retak.

### **a. Peleburan Yang Tidak Sempurna**

Peleburan yang tidak sempurna terjadi karena logam dasar dan logam las yang berdekatan tidak melebur bersama secara menyeluruh. Ini dapat terjadi jika permukaan yang disambung tidak dibersihkan dengan baik dan dilapisi kotoran, terak, oksida, atau bahan lainnya. Penyebab lain dari cacat las ini adalah pemakaian peralatan las yang arus listriknya tidak memadai, sehingga logam dasar tidak mencapai titik lebur. Laju pengelasan yang terlalu cepat dengan menimbulkan pengaruh yang sama.

### **b. Penetrasi Kampuh Yang Tidak Memadai**

Penetrasi kampuh yang tidak memadai adalah keadaan di mana kedalaman las kurang dari tinggi alur yang ditetapkan. Cacat ini, yang

terutama berkaitan dengan las tumpul, terjadi akibat perencanaan alur yang tidak sesuai dengan proses pengelasan yang dipilih, elektroda yang terlalu besar, arus listrik yang tidak memadai, atau laju pengelasan yang terlalu cepat.

c. Porositas

Prioritas bila rongga-rongga atau kantung-kantung gas yang kecil terperangkap selama proses pendinginan. Cacat ini di timbulkan oleh arus listrik yang terlalu tinggi atau busur nyala yang terlalu tinggi. Porositas dapat terjadi secara merata tersebar dalam las, atau dapat merupakan rongga yang besar terpusat di dasar las sudut atau dasar dekat pelat pelindung pada las tumpul.

d. Peleburan Berlebihan

Arti peleburan berlebihan (*undercutting*) adalah terjadinya alur pada bahan dasar di dekat ujung kaki las yang tidak terisi logam las. Arus listrik dan panjang busur las nyala yang berlebihan dapat membakar atau menimbulkan alur pada logam dasar.

e. Kemasukan Terak

Terak terbnetuk selama proses pengelasan akibat reaksi kimia lapisan elektroda yang mencair, serta terdiri dari oksida logam dari senyawa lain. Karena kerapatan terak lebih kecil dari logam las yang mencair, terak biasanya berada pada permukaan dan dapat dihilangkan dengan mudah setelah dinginkan. Namun, pendinginan sambungan yang terlalu cepat dapat menjerat terak sebelum naik kepermukaan.

Bila beberapa lintasan las dibutuhkan untuk memperoleh ukuran las yang dikehendaki, pembuat las harus membersihkan terak yang ada sebelum memulai lintasan yang baru. Kelainan terhadap hal ini merupakan penyebab utama masuknya terak.

f. Retak

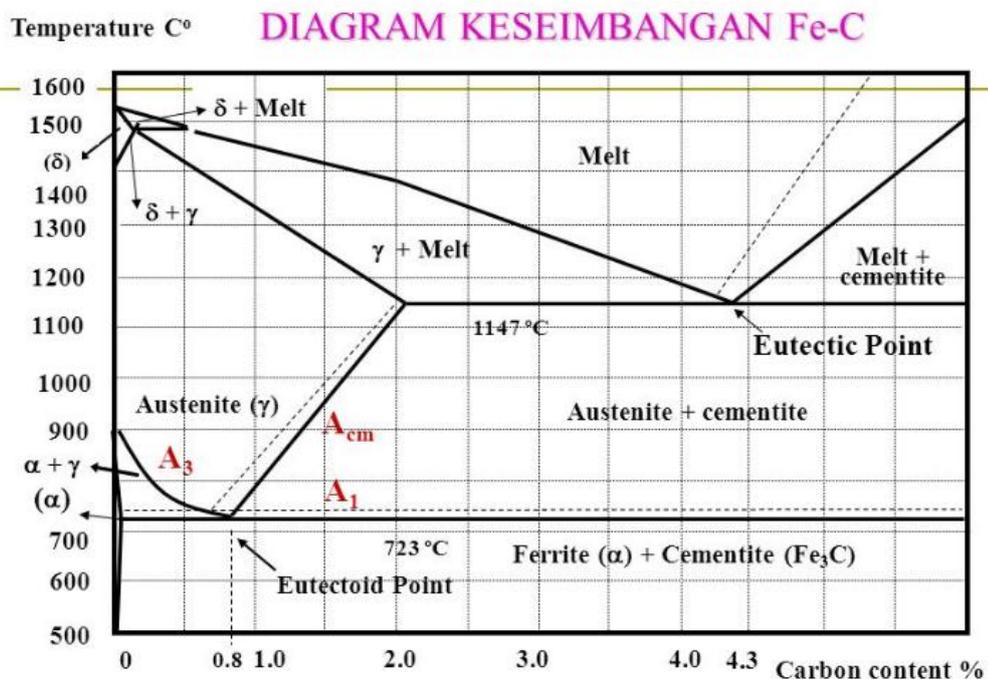
Retak adalah pecah-pecah pada logam las, baik searah ataupun transversal terhadap garis las, yang ditimbulkan oleh tegangan internal. Retak pada logam las dapat mencapai logam dasar, atau retak terjadi seluruhnya pada logam dasar di sekitar las. Retak mungkin merupakan cacat las yang paling berbahaya: retak, retak halus yang disebut *retak mikro (mikrofissures)*.

## 8. Metalurgi Las

Aspek metalurgi adalah meliputi siklus termal dan pengaruhnya terhadap perubahan struktur mikro serta faktor-faktor yang mempengaruhi sifat mampu las dari logam yang disambung. Siklus termal sendiri merupakan proses pemanasan dan pendinginan di daerah lasan (Harsono Wiryosumarto dan Toshie Okumura, 2008: 58).

Proses pengelasan melibatkan pemanasan dan pendinginan, pada umumnya struktur mikro dari logam tergantung dari kecepatan pendinginannya dari temperatur terbentuk fase awal sampai temperatur kamar. Karena perubahan struktur ini dengan sendirinya sifat-sifat mekanik yang dimiliki juga berubah. Pada dasarnya daerah lasan terdiri dari tiga bagian logam yaitu logam lasan (*weld metal*), daerah terkena

pengaruh panas yang sering disebut dengan *heat affected zone (HAZ)*, dan logam induk yang tidak terpengaruh panas. Daerah logam lasan adalah bagian dari logam yang pada waktu pengelasan mencair dan kemudian membeku. Daerah pengaruh panas (HAZ) adalah logam dasar yang bersebelahan dengan logam las yang selama proses pengelasan mengalami siklus termal pemanasan dan pendingin cepat. Logam induk tidak terpengaruh panas adalah bagian logam dasar dimana panas dan temperatur pengelasan tidak menyebabkan terjadinya perubahan-perubahan struktur dan sifat. Selain ketiga bagian itu masih ada bagian lain yaitu daerah yang membatasi antara logam las dan daerah HAZ yang disebut dengan batas las.



Gambar 14. diagram kesimbangan Fe-C  
<https://www.google.co.id/webhp?sourceid=chrome-instant&ion=1&espv=2&ie=UTF-8#q=gambar+diagram+metarulgi+pengelasan>:  
 di akses 30 desember 2016 jam 21.17 WIB)

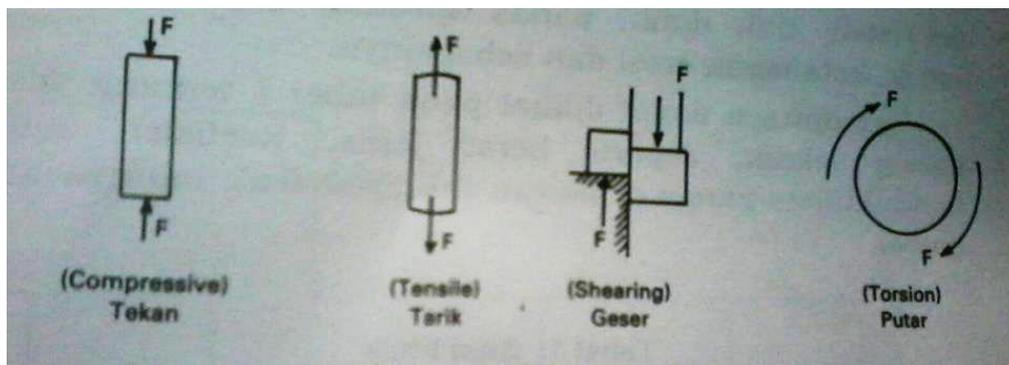
#### **D. Sifat Mekanik**

Menurut Edin Supardi (1996: 3) sifat mekanik adalah sifat dari bahan yang dikaitkan dengan kemampuan bahan tersebut menahan beban. Dalam praktek, suatu bahan yang dibebani harus mampu menahan beban tersebut tanpa timbul kerusakan. Jika suatu bahan mempunyai sifat mekanik tertentu yang baik, tetapi sifat lain kurang menguntungkan, maka daripada memikirkan untuk menggantikannya, lebih baik diambil langkah-langkah untuk mengatasi kekurangan tersebut. Sebagai contohnya, baja mempunyai kekuatan yang tinggi tetapi mudah berkarat. Untuk tindakan pencegahan karat, maka baja dilindungi dengan cat atau digalvanisasi.

Yang termasuk sifat-sifat mekanik itu adalah: kekuatan, kekerasan, elastisitas, plastisitas, kekakuan, kelelahan, keuletan (*ductility*), kegetasan, dan mulur.

#### **E. Kekuatan (*strength*)**

Menurut Edin Supardi (1996: 4) kekuatan bahan adalah yang paling penting dari sifat mekanik. Sifat ini menunjukkan kekuatan bahan untuk menahan beban tanpa kerusakan. Kekuatan ini bervariasi menurut bentuk dari beban yang diberikan, sehingga ada kekuatan atau ketahanan terhadap tekan (*compressive*), tarikan (*tensile*), ketahanan terhadap geser (*shearing*), dan ketahanan terhadap puntiran (*torsion*).



Gambar 15. jenis-jenis pembebanan  
(Edih Supardi 1996: 4)

Dari beberapa jenis kekuatan yang sudah disebutkan di atas maka penulis mengambil satu jenis kekuatan yaitu kekuatan tarik untuk dilakukan pengujian atau penelitian untuk melihat pengaruh posisi pengelasan dan jenis elektroda E 7016 dan E 7018 terhadap kekuatan tarik pada baja karbon rendah TRS 400.

#### F. Uji Tarik

Kekuatan tarik (*ultimate tensile strenght*) merupakan salah satu sifat penting suatu bahan. Uji tarik dapat dipakai untuk mengetahui bahan liat atau tidak dengan cara mengukur perpanjangannya.

Uji tarik rekayasa banyak dilakukan untuk melengkapi informasi rancangan dasar kekuatan suatu bahan dan sebagai data pendukung bagi spesifikasi bahan (Dieter, 1987). Pada uji tarik, benda uji diberi beban gaya tarik sesumbu yang bertambah secara kontinyu, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan terhadap perpanjangan yang dialami benda uji (Davis, Troxell, dan Wiskocil, 1955). Kurva tegangan regangan rekayasa diperoleh dari pengukuran perpanjangan benda uji. Menurut Drs. Edin Suapardi (1996: 14) kekuatan tarik adalah kemampuan suatu bahan

terhadap beban tarik. Hal ini diukur dari beban/gaya maksimum berbanding terbalik dengan luas penampang bahan uji, yang memiliki satuan Mpa atau Newton per milimeter persegi atau kilogram/mm<sup>2</sup> atau pound/inchi<sup>2</sup> (pSi).

Dari beberapa teori diatas dapat diambil kesimpulan, uji tarik adalah kemampuan suatu logam untuk mendapat gambaran tentang sifat-sifat dan keadaan suatu logam terhadap kekuatan tarik.

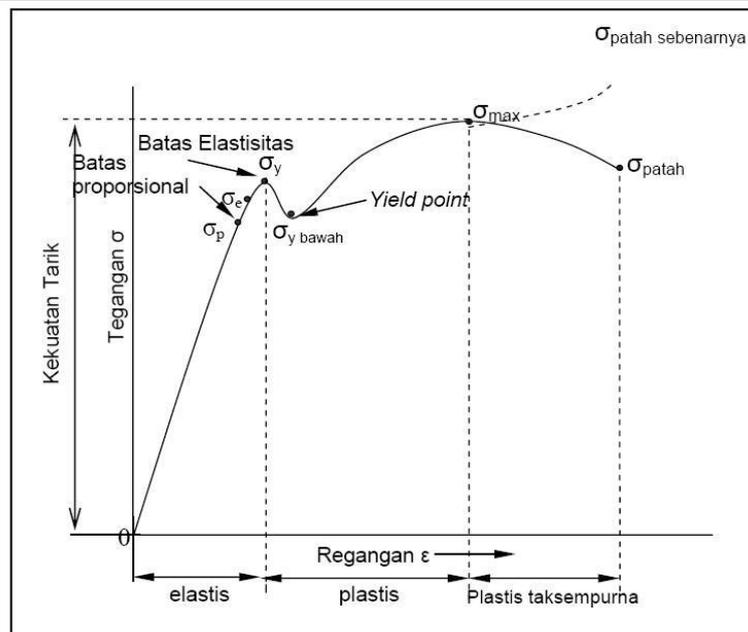
Keuletan (*ductility*) adalah ukuran kemampuan bahan terhadap perubahan bentuk tanpa terjadi/patah.

Untuk mengetahui keuletan suatu bahan perlu diukur perpanjangan dan dinyatakan dengan harga  $\Delta l$  (perpanjangan) dibagi panjang awal kali 100% ukuran keuletan dapat pula diketahui dari besar (Reduction of Areal). Prosentase kontraksi, yaitu luas penampang mula dikurangi luas penampang putus dibagi luas penampang mula dan dikalikan seratus persen.

Deformasi menurut istilah umum adalah perubahan fisik dari suatu bahan, deformasi terjadi bila dikenai beban.

Deformasi elastis adalah bila bahan dikenai beban (F) tertentu dan bila beban dilepaskan maka bahan tersebut kembali ke bentuk semula.

Deformasi plastis adalah bila bahan dikenai dengan beban (F) dan setelah dilepaskan beban tersebut, bahan itu tidak kembali ke bentuk semula, sebagai contoh suatu bahan yang kena palu, atau pada pencetakan kaoseri dengan sistem pres.



Gambar 16. diagram tegangan-regangan  
(Edih supardi 1996: 28)

## 1. Dasar-Dasar Uji Tarik

Uji tarik dilakukan dengan jalan memberikan beban tarik pada kedua ujung batang uji secara perlahan-lahan sampai batang uji tersebut putus. Dengan pengujian ini dapat diketahui kekuatan tarik, beban luluh, modulus elastisitas, ketangguhan (*toughness*) dan kontraksi dari suatu bahan.

Untuk menghitung kekuatan tarik, regangan dan kontraksi adalah sebagai berikut :

$$\sigma_{\mu} = \frac{F_{max}}{A_0} \quad (\text{N/mm}^2)$$

$$e = \frac{l_f - l_0}{l_0} \times 100\% = \frac{\Delta l}{l_0} \times 100\%$$

$$\varphi = \frac{A_0 - A_f}{A_0} \times 100\%$$

Dimana:  $\sigma_u$  = Kekuatan tarik (N/mm<sup>2</sup>)

$e$  = Regangan (%)

$\varphi$  = Kontraksi (%)

$l_0$  = panjang mula (mm)

$l_f$  = panjang setelah patah (mm)

$F_{max}$  = Beban maksimum (Newton)

$A_0$  = luas penampang sebelum patah (mm<sup>2</sup>)

$A_f$  = Luas penampang setelah patah (mm<sup>2</sup>)

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### A. Kesimpulan

Berdasarkan pengujian yang sudah dilakukan oleh peneliti pada baja karbon rendah TRS 400 dengan mengunkan posisi pengelasan yang berbeda yaitu posisi bawah tangan, posisi vertikal, dan posisi horizontal dengan elektroda E 7016 dan E 7018 maka dapat penulis ambil kesimpulan :

##### 1. Posisi pengelasan

Posisi pengelasan memberikan nilai yang nyata terhadap kekuatan tarik, dimana posisi pengelasa vertikal miliki nilai rata-rata kekuatan tarik yang lebih tinggi yaitu **65,52 (Kgf/mm<sup>2</sup>)**. dari tiga jenis posisi pengelasan yang peneliti lakukan yaitu, posisi bawah tangan, posisi vertikal, dan posisi horizontal. Dimana posisi yang berbeda akan memberi nilai yang berbeda juga.

##### 2. Jenis elektroda

Jenis elektroda juga sangat berpengaruh terhadap kekuatan tarik yang peneliti lakukan pada pengujian ini. Dimana nilai rata-rata kekuatan tarik yang paling tinggi didapat pada elektroda E 7016 yaitu **65,52 (Kgf/mm<sup>2</sup>)**.

Sehingga penggunaan elektroda yang kita gunakan harus sangat diperhatikan sebelum melakukan pengelasan

##### 3. Setelah dilakukan penelitian, bahwa posisi pengelasan yang berbeda dengan elektroda yang berbeda akan memberikan kekuatan yang berbeda terhadap hasil pengelasan. Ini terbukti posisi pengelasan yang

menghasilkan kekuatan tarik terbaik adalah posisi pengelasan vertikal dengan memakai elektroda E 7016 dengan nilai rata-rata tertinggi **65,52 (Kgf/mm<sup>2</sup>)**, dibandingkan dengan posisi pengelasan yang lain yang dilakukan penelitian yaitu; posisi bawah tangan dan horizontal, serta elektroda E 7018

## **B. Saran**

1. Agar mendapat hasil yang sempurna diharapkan kepada seluruh peneliti dibidang ilmu yang sama diharapkan melakukan penelitian yang teliti agar memperoleh hasil yang maksimal.
2. Untuk memperoleh hasil yang maksimal jangan lakukan pengelasan yang sembarangan. Lakukan pengelasan yang sudah ahli dan memiliki sertifikat yang di akui oleh tingkat nasional.
3. Diharapkan agar bisa melanjutkan penelitian ini kepada kawan-kawan dan adek-adek kelas. Dan diharapkan ada orang yang ingin meneliti terhadap percampuran elektroda E 7016 dan E 7018 terhadap kekuatan tarik.