

**ANALISIS TEGANGAN UJI TARIK HASIL PENGELASAN BAJA  
KARBON SEDANG 0,30% MENGGUNAKAN ELEKTRODA RD 260 – 2,0  
MM MERK NIKKO STEEL DENGAN ARUS AC DAN ARUS DC**

**TUGAS AKHIR**

*Diajukan Kepada Tim Penguji Jurusan Teknik Mesin Sebagai Salah Satu Syarat  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Pendidikan Teknik Mesin*



Oleh  
**KORI SEPTIKO**  
97681/2009

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK MESIN  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI PADANG  
2013**

## PENGESAHAN

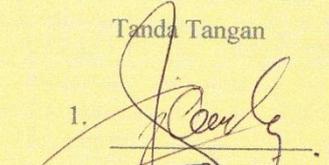
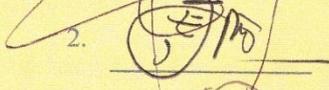
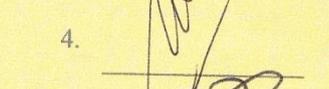
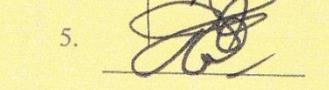
Dinyatakan lulus setelah dipertahankan didepan Tim Penguji Tugas Akhir  
Program Studi Pendidikan Teknik Mesin Jurusan Teknik Mesin  
Fakultas.Teknik Universitas Negeri Padang

**Judul** : Analisis Tegangan Uji Tarik Hasil Pengelasan Baja  
Karbon Sedang 0,30% Menggunakan Elektroda RD 260-  
2,0 mm Merk Nikko Steel Dengan Arus AC Dan Arus DC

Nama : Kori Septiko  
Nim/Bp : 97681/2009  
Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin  
Jurusan : Teknik Mesin  
Fakultas : Fakultas Teknik

Padang, 16 Januari 2013

### Tim Penguji

	Nama Dosen Penguji	Tanda Tangan
1. Ketua	: Drs. Darmawi, M.Pd	1. 
2. Sekretaris	: Drs. Irzal, M.Kes	2. 
3. Anggota	: Drs. Syafri Jamain, M.Pd	3. 
4. Anggota	: Drs. Purwantono, M.Pd	4. 
5. Anggota	: Drs. Muhakir, MP	5. 

## Abstrak

**Kori Septiko** : Analisis Tegangan Uji Tarik Hasil Pengelasan Baja Karbon Sedang 0,30% Menggunakan Elektroda RD 260 - 2,0 mm Merk Nikko Steel dengan Arus AC dan Arus DC.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan arus pengelasan terhadap kekuatan tarik las SMAW dengan Elektroda RD 260 - 2,0 mm Merk Nikko Steel Dengan Arus AC Dan Arus DC. Penelitian ini menggunakan bahan baja karbon sedang yang mengandung kadar karbon 0,30%. membuat spesimen uji tarik yang sesuai dengan standar mesin Uji Tarik Tensometer tipe W, melakukan pengujian, mengamati letak titik putus spesimen setelah pengujian, menganalisis tegangan, membandingkan hasil analisis tegangan spesimen hasil pengelasan arus AC dan arus DC serta menyimpulkan.

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dimulai dengan membuat spesimen sesuai kemampuan alat uji Tensometer Type W. Dengan pengambilan 9 random spesimen yang terdiri dari 4 spesimen dengan perlakuan pengelasan dengan menggunakan las AC, 4 spesimen dengan perlakuan pengelasan dengan menggunakan las DC dan 1 spesimen baja karbon sedang 0,30% tanpa perlakuan pengelasan. Masing-masing spesimen dianalisa setelah dilakukan uji tarik dan mengambil sebuah kesimpulan dengan catatan yang terbesar angkanya itulah yang paling tinggi nilai tegangannya.

Dari hasil penelitian yang dilakukan pada spesimen dengan membuat dan menguji spesimen dengan mesin uji tarik Tensometer Type W maka didapatkan pada spesimen Las AC nilai rata-rata Titik Luluh  $222,443 \text{ N/mm}^2$ , Tegangan Maksimum ( $\sigma_{\max}$ )  $289,926 \text{ N/mm}^2$ , Titik Putus  $164,958 \text{ N/mm}^2$ . Pada spesimen las DC nilai rata-rata Titik Luluh  $237,439 \text{ N/mm}^2$ , Tegangan Maksimum ( $\sigma_{\max}$ )  $299,923 \text{ N/mm}^2$ , titik putus  $189,951 \text{ N/mm}^2$ . Pada spesimen tanpa las nilai titik luluh  $299,924 \text{ N/mm}^2$ , tegangan maksimum ( $\sigma_{\max}$ )  $269,839 \text{ N/mm}^2$ , titik putus  $549,86 \text{ N/mm}^2$ . Hasil penelitian ini menunjukkan hasil pengelasan baja karbon Sedang 0,30% menggunakan elektroda RD 260 – 2,0 mm Merk Nikko Steel dengan arus DC Lebih besar nilai tegangannya  $10 \text{ N/mm}^2$ . Dari kondisi ini sebaiknya dalam pengelasan baja karbon sedang menggunakan Las DC.

**Kata kunci:** *Analisis Tegangan Uji Tarik Hasil Pengelasan Baja Karbon Sedang 0,30% Menggunakan Elektroda RD 260 – 2,0 mm Merk Nikko Steel Dengan Arus DC memiliki nilai tegangan yang lebih tinggi.*

## Abstract

**Kori Septiko** : Analysis Of Voltage Pull Test Results Using 0.30% Medium Carbon Steel Welding Electrodes RD 260-2.0 mm Brand Nikko Steel With Flow AC And Flow DC.

This study aimed to determine the effect of the use of welding current on tensile strength with the SMAW welding Electrode RD 260 to 2.0 mm Brand Nikko Steel With AC and DC current flows. This study used a medium carbon steel containing 0.30% carbon content. tensile test specimens were made according to standard test engine Tensometer Pull type W, test, observe the location of the breaking point specimens after testing, stress analysis, stress analysis comparing specimens welding AC and DC currents and concluded.

This study used an experimental method starts by creating a suitable specimen test equipment capability Tensometer Type W. By taking 9 (nine) random specimens consisting of 4 specimens with treatment welding using AC welding, 4 specimens with treatment using DC welding of carbon steel and 1 specimen was 0.30% without treatment welding. Each specimen was analyzed after tensile test and take a conclusion with the record of the largest number that is the most highly rated voltage.

From the results of research conducted on specimens with creating and testing specimens with tensile testing machine Tensometer Type W are obtained on specimens Las AC average yield point **222,443** N/mm<sup>2</sup>, Tension Maximum ( $\sigma$  max) **289,926** N/mm<sup>2</sup>, Point Disconnect **164,958** N/mm<sup>2</sup>. In DC welding specimens average value of the yield point **237,439** N/mm<sup>2</sup>, Maximum Voltage ( $\sigma$  max) **299,923** N/mm<sup>2</sup>, the breaking point **189,951** N/mm<sup>2</sup>. In specimens without weld yield point value of **299.924** N/mm<sup>2</sup>, maximum stress ( $\sigma$  max) **629.839** N/mm<sup>2</sup>, the breaking point **549,86** N/mm<sup>2</sup>. The results of this study show Medium carbon steel welded using electrodes RD 0.30% 260 to 2.0 mm Brand Nikko Steel with AC currents Bigger voltage value 10 N/mm<sup>2</sup>. Of these conditions should be in the medium carbon steel welding uses Las DC.

**Keywords:** *Analysis of Voltage Test Results Drag Welding 0.30% Medium Carbon Steel Electrodes Using RD 260 to 2.0 mm Brand Nikko Steel With DC current has a higher voltage rating.*

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>PERSETUJUAN TUGAS AKHIR</b> .....	ii
<b>PENGESAHAN</b> .....	iii
<b>ABSTRAK</b> .....	iv
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	x
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xiii
<b>PERSEMBAHAN</b> .....	xv
<b>SURAT PERNYATAAN</b> .....	xviii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	xix
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang .....	1
B. Identifikasi Masalah .....	2
C. Batasan Masalah .....	3
D. Rumusan Masalah .....	3
E. Tujuan Penelitian .....	3
F. Manfaat Penelitian .....	4
<b>BAB II LANDASAN TEORI</b>	
A. Klasifikasi cara-cara pengelasan .....	5
B. Las Listrik dengan menggunakan Arus AC .....	6
C. Las Listrik dengan menggunakan Arus DC .....	7
D. Kemungkinan Terjadi Lokasi Titik Putus Sambungan Las .....	8

1. Weld Metal ( <i>Logam Las</i> ) .....	9
2. Fusion Line ( <i>garis gabungan/batas las</i> ) .....	9
3. Daerah HAZ ( <i>Heat Afected Zone</i> ) .....	10
4. Parent Metal ( <i>logam Induk</i> ).....	10
E. Pengelasan .....	11
F. Las Elektroda Terbungkus (SMAW) .....	11
G. Prinsip Pengoperasian .....	13
1. Pemilihan Elektroda .....	14
2. Klasifikasi Elektroda .....	14
3. Bahan Fluks .....	16
4. Penempatan Elektroda .....	17
H. Parameter Las .....	18
1. Tegangan Busur Las .....	18
2. Besar Arus Pengelasan .....	18
3. Kecepatan Pengelasan .....	19
4. Kerusakan Las .....	19
I. Pengujian Komposisi Baja Karbon Rendah .....	19
J. Pengelasan Baja Karbon Sedang .....	20
1. Karbon (C) .....	20
2. Silikon (Si) .....	20
3. Pospor (P) .....	21
4. Mangan (Mn) .....	21
5. Sulfur (S) .....	21
K. Pembekuan Dan Stuktur Logam Las .....	22
L. Reaksi Metalurgi Yang Terjadi Dalam Proses Pembekuan.....	23

1. Pemisahan .....	23
2. Lubang-lubang halus .....	24
3. Retak las .....	24
M. Struktur Mikro Daerah Pengaruh Panas .....	24
N. Siklus Termal .....	25
O. Pengujian Bahan .....	26
P. Pengujian Tarik ( <i>Tensile test</i> ) .....	27

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

A. Jenis dan Sumber .....	29
B. Objek Penelitian .....	29
C. Instrumen Penelitian .....	30
D. Jadwal dan Prosedur Penelitian .....	30
E. Waktu dan Tempat Penelitian .....	32
F. Teknik Pengambilan Data .....	32
1. Persiapan Sebelum Pengelasan .....	32
2. Pembentukan Spesimen .....	33
3. Pengujian Tarik .....	33
4. Mengamati Lokasi Titik Putus .....	34
5. Tabel Tabulasi Data .....	34
6. Kalkulasi Perhitungan .....	35
a. Titik Lulu .....	35
b. Tegangan .....	36
c. Regangan .....	36
d. Modulus Elastisitas .....	37
G. Teknik Analisa Data .....	37

## **BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

A. Objek Penelitian .....	39
B. Data Hasil Penelitian .....	40
C. Grafik Hasil Penelitian .....	40
1. Spesimen Las AC .....	40
2. Spesimen Las DC .....	41
3. Spesimen Tanpa Las .....	42
4. Grafik Tegangan Las AC, DC, Tanpa Las dan Elektroda .....	42
D. Pembahasan .....	43
1. Lokasi Putus .....	43
2. Tegangan Tarik Las AC, DC Tanpa Las dan Elektroda.....	45
3. Perbedaan .....	45

## **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

A. Kesimpulan .....	46
B. Saran .....	47

<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>48</b>
-----------------------------	-----------

<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>49</b>
-----------------------	-----------

## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
Gambar 1. Klasifikasi cara pengelasan .....	6
Gambar 2. Daerah HAZ las .....	8
Gambar 3. Temperatur Pada Daerah Las .....	8
Gambar 4. Las Busur Dengan Elektroda Terbungkus .....	12
Gambar 5. Perpindahan Logam Cair .....	12
Gambar 6. Elektroda .....	14
Gambar 7. Penulisan Jenis Eletroda .....	14
Gambar 8. Arah Pembekuan dari Logam Las .....	23
Gambar 9. Perubahan sifat fisis pada sambungan las cair .....	24
Gambar 10. Diagram Fasa pada hasil pengelasan .....	25
Gambar 11. Diagram Continuous Cooling Transformation/CCT .....	25
Gambar 12. Siklus Termal Las pada beberapa jarak dari Batas Las .....	26
Gambar 13. Diagram Tarik dari logam baja karbon rendah .....	28
Gambar 14. Ukuran Spesimen .....	29
Gambar 15. Profil Tarikan .....	37
Gambar 16. Spesimen Las AC .....	39
Gambar 17. Spesimen Las DC .....	39
Gambar 18. Grafik Tegangan Regangan Spesimen Pertama Las AC .....	41
Gambar 19. Grafik Tegangan Regangan Spesimen Kedua Las AC .....	41
Gambar 20. Grafik Tegangan Regangan Spesimen Ketiga Las AC .....	42
Gambar 21. Grafik Tegangan Regangan Spesimen Keempat Las AC .....	43
Gambar 22. Grafik Tegangan Regangan Spesimen Pertama Las DC .....	43
Gambar 23. Grafik Tegangan Regangan Spesimen Kedua Las DC .....	44
Gambar 24. Grafik Tegangan Regangan Spesimen Ketiga Las DC .....	45

Gambar 25. Grafik Tegangan Regangan Spesimen Keempat Las DC .....	46
Gambar 26. Grafik Tegangan Regangan Spesimen Tanpa Las .....	46
Gambar 27. Grafik Tegangan Spesimen Las AC, DC dan Tanpa Las .....	47
Gambar 22. Lokasi putus spesimen Las AC setelah di uji tarik .....	49
Gambar 23. Lokasi putus spesimen Las DC setelah di uji tarik .....	49
Gambar 24. Daerah HAZ las .....	49

## DAFTAR TABEL

	<b>Halaman</b>
Tabel 1. Kekuatan Tarik .....	15
Table 2. Pengolongan dan posisi pengelasan yang tepat .....	16
Table 3. Jenis selaput, arus, busur, penembusan, dan kadar .....	16
Table 4. Nilai Besaran Arus Untuk Pengelasan SMAW .....	18
Tabel 5. Klasifikasi baja menurut tingkat deoksidasi .....	19
Tabel 6. Klasifikasi Baja Karbon .....	21
Tabel 7. Perkiraan Waktu Pendinginan Las Busur .....	26
Tabel 8. Jadwal Pelaksanaan Penelitian .....	31
Tabel 9. Tabel Tabulasi Data Pengujian Tarik Arus AC dan Arus DC .....	35
Tabel 10. Data Proses Pengelasan .....	39
Tabel 11. Tabulasi Hasil Pengujian Tarik Spesimen AC, DC dan Tanpa Las ...	40
Tabel 12. Lokasi Putus Spesimen Setelah Diuji Tarik .....	48
Tabel 13. Tegangan Uji Tarik Tanpa Las, Elektroda, Las AC dan Las DC .....	49

## DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN	HALAMAN
1. Kartu Pengajuan Bimbingan Skripsi .....	49
2. Surat Tugas Pembimbing 1 (Satu) .....	50
3. Surat Tugas Pembimbing 2 (Dua) .....	51
4. Lembar Konsultasi Tugas Akhir .....	52
5. Sertifikat Las .....	54
6. Surat Izin Pemakaian Labor Bahan .....	55
7. Analisa Data Hasil Uji Tarik Spesimen Las AC .....	56
a. Analisis Pengujian Spesimen Las AC ke 1 (satu) .....	56
b. Analisis Pengujian Spesimen Las AC ke 2 (dua) .....	56
c. Analisis Pengujian Spesimen Las AC ke 3 (tiga) .....	57
d. Analisis Pengujian Spesimen Las AC ke 4 (empat) .....	57
8. Analisa Data Hasil Uji Tarik Spesimen Las DC .....	58
a. Analisis Pengujian Spesimen Las DC ke 1 (satu) .....	58
b. Analisis Pengujian Spesimen Las DC ke 2 (dua) .....	58
c. Analisis Pengujian Spesimen Las DC ke 3 (tiga) .....	59
d. Analisis Pengujian Spesimen Las DC ke 4 (empat) .....	59
9. Analisa Data Hasil Uji Tarik Spesimen Tanpa Las .....	60
10. Kurva Uji Tarik Spesimen Kelompok Kontrol Perlakuan Las AC .....	61
11. Kurva Uji Tarik Spesimen Kelompok Kontrol Perlakuan Las DC .....	63
12. Kurva Uji Tarik Spesimen Kelompok Kontrol Tanpa Las .....	65
13. Ilustrasi Pengambilan Data .....	66
14. Gambar 11.1 Mesin Las DC .....	66

15. Gambar 11.2 Mesin Las AC .....	66
16. Gambar 11.3 Pengelasan Spesimen Las AC .....	67
17. Gambar 11.4 Pengelasan Spesimen Las DC .....	67
18. Gambar 11.5 Spesimen setelah pengelasan dengan arus DC .....	67
19. Gambar 11.6 Spesimen setelah pengelasan dengan arus AC .....	68
20. Gambar 11.7 Pemotongan spesimen dengan Mesin Gergaji Besi .....	68
21. Gambar 11.8 Spesimen setelah dipotong .....	68
22. Gambar 11.9 Spesimen setelah dibubut .....	69
23. Gambar 11.10 Spesimen setelah dibubut CNC .....	69
24. Gambar 11.11 Mesin uji tarik Tensometer 2000 type W .....	69
25. Faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan las .....	70
26. Biodata Penulis .....	77

## PERSEMBAHAN

*“sesungguhnya dalam kesulitan itu ada kemudahan maka apabila kamu telah selesai satu urusan, kerjakanlah dengan sungguh-sungguh urusan yang lain, dan hanya kepada Tuhanmulah kamu berharap” (Q.S Alam Nasyrat : 6-8)*  
*“ya Allah berikanlah aku rahmat, ilham dan hidayah agar menjadi hamba yang selalu bersyukur atas segala nikmat-Mu, yang telah engkau berikan kepadaku dan kepada kedua orang tuaku dan agar aku selalu istiqamah mengerjakan amal shaleh dalam rangka mendekati diri kepada-Mu dan masukkanlah aku kedalam golongan hambamu yang beruntung”*

*Alhamdulillahilahirabil’alamin segala puji bagi-Mu ya Rabb, zat yang maha agung lagi maha penyayang. Izinkanlah hambamu yang lemah dan hina ini untuk mengucapkan rasa syukur di hadapan-Mu. Dalam sujud syukur ku, Atas izin dan kuasamu ya Rabb, Dengan tetesan keringat, air mata dan usaha kerasku, Sebuah karya kecil sederhana ini terwujud.*

*Seiring rasa syukur pada-Mu ya Rabb, yang maha pengasih dengan segala limpahan kasih sayang-Nya, yang maha pengampun atas segala kehilafan dan dosa ini. Engkau hadirkan disisi hamba sosok yang sangat berarti, kubanggakan dan kucintai, ayahanda **Sukino** dan Ibunda **Suryani**. Ayah, ketegaran dan tanggungjawabmu memimpin kami dan menjadikan kami anak-anak yang senantiasa mendekati diri terhadap-Nya, ayah, terimakasih atas kepercayaanmu, semoga menjadi kenangan dan bekal bagi kami kelak dalam mengarungi samudera kehidupan yang penuh tantangan ini.*

*Ibu, senyum, belaian, kasih sayang dan nasehatmu akan selalu terpatri dalam sanubariku, dalam lelap ku memimpikanmu, dalam do’aku merindukanmu, ibu terimakasih atas segala pengorbananmu untukku.*

*“ya Rabb ampunilah dosaku dan dosa kedua orang tuaku, berikanlah ampunan dan kasih sayang-Mu untuk mereka, limpahkanlah rahmat, karunia dan hidayah bagi mereka, jadikan dan tempatkanlah kelak ditempat hamba-hamba-Mu yang engkau muliakan, amin ya rabbal’alamin”.*

*Ayah dan ibu, dengan do’a dan ridhomu kuraih prestasi, kupersembahkan karya mungil dan sederhana ini. Semoga bisa menjadi setitik bukti baktiku atas segala pengorbananmu, semoga bisa menjadi setetes obat atas rasa lelah, sakit dan sedihmu, semoga bisa menjadi sekilas jawaban atas besarnya harapanmu, meskipun aku takkan sanggup membalas semua pemberian dan pengorbananmu, meskipun tidak akan sanggupku mengobati rasa lelah, sakit dan sedihmu, meskipun tidak akan sanggupku mengobati rasa lelah, sakit dan sedihmu, meskipun tidak akan sanggupku mewujudkan segala harapan mulia darimu. Salam*

*kasih sayang buat saudaraku tercinta karena Allah, bang Yopi zailani, kak Siti sundari sukoco, dan semua keluarga besarku terimakasih atas do'a dan dukungannya, semoga kebahagiaan ini menjadikan kita selalu bersama dan menjadikan kita insan yang shaleh dan shalehah yang selalu berbakti dan menjadi kebanggaan bagi mereka, bangsa, negara dan agama.*

*Rasa hormat dan terima kasih yang tak terhingga kepada Bapak Drs. Darmawi, M.Pd dan Bapak Irzal, M.Kes yang telah membimbingku menyelesaikan karya mungil dan sederhana ini, dan kepada seluruh Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Mesin yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan kepadaku. Semoga Allah membalasnya dengan pahala yang berlipat ganda dan menjadikan kita sebagai para pewaris syurga-Nya.*

*Buat sahabatku Teknik Mesin 2009*

*Jangan pernah merasa lelah dan putus asa untuk senantiasa melakukan usaha, perubahan dan perbaikan diri. Dalam usaha memang kita tidak pernah tahu kapan ujungnya, namun yang pasti dia adalah sebuah proses yang panjang.*

*Sesungguhnya resapan peristiwa masa lalu dan saat ini, tidak akan bisa lenyap dengan mudah dari hati, tidak bisa dengan sederhana diselesaikan melalui tulisan diatas kertas. Tidak bisa dituntaskan hanya dengan tausiyah ataupun ceramah.*

*Karena perubahan yang kita inginkan memerlukan waktu yang panjang, keseriusan kita yang terus-menerus, kesabaran yang berlipat dan upaya kita yang tak kenal henti sebelum terwujudnya impian kita. Semangat dan teruslah semangat untuk mengejar impianmu, karena masa depanmu bukan orang yang menentukan tetapi kitalah yang bisa menentukan masa depan kita.*

*Buat ikhwahfilah yang mempersembahkan dirinya di jalan Allah yang mulia ini, Sesungguhnya Allah telah memilih diantara hamba-hambanya yang shalih, untuk tetap berjuang mempertahankan agama-Nya, dan beruntunglah bagi mereka yang terpilih itu hingga nanti perjuangan di jalan Allah ini akan menjadi alasan, mengapa mereka terdaftar sebagai orang-orang yang dianugerahi jannah-Nya.*

*Tetaplah semangat dan terus bergerak di jalan cahaya ini! Janji Allah itu pasti. Tidak pernah terbayangkan dan terlintas dalam pikiran, apa yang menjadi jawaban dari ketenangan dan tujuan hidup ini, rasa syukurku kepadamu ya Rabb, engkau pertemukan aku dalam lingkaran tarbiyah, yang penuh dengan ukhuwah, tidak terbayangkan bagaimana hidupku hari ini jika tidak tersentuh dengan dunia dakwah alhamdulillah, istiqamahkan hamba di jalan-Mu ini ya rabb.*

*Syukranjazakallah khair...*

*Bang Rian Julius sapta, Bang Hade, Mas Heri, Bang Muflihun, Bang Andika Walid (Oji) Ori Dwi Firmansyah, dan teman-teman yang namanya gak ana sebutkan disini afwan jiddan atas bantuan dan bimbingannya selama ini, semoga Allah*

*memberikan kemudahan kepada kita semua untuk mencapai kesuksesan dunia dan akhirat, Amin.... .*

*Buat keluarga besar PUSKOMDA FSLDK SUMBAR 2012-2014 UKK 90, LRAI, FORMIS FT dan LDF se-UNP semoga kebersamaan kita di dalam akwah kampus yang singkat ini, tidak membuat kita lelah dan menyerah dalam menghadirkan segala kebaikan dalam diri, keluarga, masyarakat, agama dan negara.*

*Indahnya ukhuwah, pentingnya tarbiyah dan nikmatnya hidayah... semoga menjadikan kita termasuk kedalam golongan yang kelak dikumpulkan di jannatullah. Dan berada disisi kekasih Allah... Rasulullah SAW... Amin ya rabb.*

*Ana mohon maaf atas segala kekurangan dan kelalaian selama menjalankan amanah kehilafan yang telah ikhwafillah percayakan.*

*Banyak hati yang telah tersakiti, banyak jiwa yang terdzalimi, hanya maaf yang ku pinta untuk membersihkan jiwa ini. Semoga Allah selalu melimpahkan rahmat, karunia dan hidayahnya kepada kita semua. Tiada tempat berharap kecuali hanya kepada-Nya Allah yang maha pengasih lagi maha penyayang dan bijaksana.*

*“Sukes Dunia Beruntung Akhirat”*

*Hamba Allah*

*Kori Septiko*

### SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa tugas akhir ini benar-benar karya saya sendiri. Sepengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan tata penulisan karya ilmiah yang lazim.

Padang, Januari 2013  
Yang menyatakan



Kori Septiko

## KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah penulis ucapkan kepada ALLAH SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul *“Analisis Tegangan Uji Tarik Hasil Pengelasan Baja Karbon Sedang 0,30% Menggunakan Elektroda RD 260 – 2,0 mm Merk Nikko Steel Dengan Menggunakan Arus AC Dan Arus DC”* ini dengan baik. Tugas Akhir ini di tulis dalam rangka memenuhi salah satu prasyarat menyelesaikan studi di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.

Dalam penulisan tugas akhir ini, penulis banyak mendapatkan bantuan, bimbingan dan petunjuk dari berbagai pihak, pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Drs. Darmawi, M.Pd, selaku Pembimbing Akademik sekaligus selaku Dosen pembimbing I.
2. Bapak Drs. Irzal, M. Kes, selaku Dosen pembimbing II.
3. Bapak Dr. Ganefri, M.Pd, selaku Dekan Fakultas Teknik UNP
4. Bapak Drs. Nelvi Erizon, M.Pd, selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin
5. Bapak Drs. Syafri Jamain, M.Pd, selaku tim penguji.
6. Bapak Drs. Purwantono, M.Pd, selaku tim penguji.
7. Bapak Drs. Muhakir, MP, selaku tim penguji.
8. Seluruh Dosen, Teknisi dan karyawan Universitas Negeri Padang.
9. Kedua orang tua dan kakak tercinta yang selalu mendoakan dan memberi semangat dukungan moral, material, serta kasih sayang yang tidak ternilai harganya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.

10. Rekan-rekan seperjuangan di Jurusan Teknik Mesin, khususnya angkatan 2009 semoga sukses selalu.
11. Saudara-saudari seperjuangan di LRAI UNP, FORMIS FT UNP, LDF UNP, UKK UNP, Tetap istiqamah di jalan Allah.
12. Adik-adik di wisma Asyamil, AL-Hadid, Arrayya, Ijuddin, Tetap semangat, jangan biarkan waktumu berlalu tanpa ada manfaat, serius belajar, ingat pesan kakak-kakak dan orang tua kita.
13. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang telah memberikan bantuan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Semoga bantuan yang telah diberikan menjadi amal ibadah dan di terima serta di balas oleh Allah SWT, Amiin. Penulis menyadari dalam penulisan tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Untuk itu, kritik dan saran sangat di harapkan untuk perbaikan di masa yang akan datang.

Padang, Januari 2013

Penulis

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Pengembangan teknologi di bidang konstruksi yang semakin maju tidak dapat dipisahkan dari pengelasan karena mempunyai peranan penting dalam rekayasa dan reparasi logam. Pembangunan konstruksi dengan logam pada masa sekarang ini banyak melibatkan unsur pengelasan khususnya bidang rancang bangun karena sambungan las merupakan salah satu pembuatan sambungan yang secara teknis memerlukan keterampilan yang tinggi bagi pengelasnya agar diperoleh sambungan dengan kualitas baik. Lingkup penggunaan teknik pengelasan dalam konstruksi sangat luas meliputi perkapalan, jembatan, rangka baja, bejana tekan, sarana transportasi, rel, pipa saluran dan lain sebagainya.

Dan pengelasan yang akan dibahas pada penelitian ini adalah pengelasan pada penyambungan baja karbon sedang dengan kadar karbon 0,30% dengan arus AC dan DC. Pengelasan adalah menyambung logam dengan menggunakan panas. Agar sambungan antara kedua bagian logam memiliki mutu yang baik maka di perlukan pengelasan yang tepat, sambungan serta bentuk alur kampuh las yang sesuai dengan hasil pengelasan tersebut. Las Listrik merupakan salah satu cara pengembangan teknologi di bidang konstruksi yang semakin maju dan tidak dapat dipisahkan dari pengelasan karena mempunyai peranan penting dalam rekayasa dan reparasi logam.

Dalam praktek pengelasan baja karbon sedang 0,30% dengan arus AC dan arus DC sangat penting diperhatikan. Karena dengan penggunaan arus listrik dan prosedur pengelasan yang tepat akan mempengaruhi kualitas lasan. Menurut penulis penggunaan las busur arus AC ataupun DC ketika pengelasan, hal tersebut memiliki pengaruh terhadap kekuatan las.

Akan tetapi penulis belum mengetahui secara ilmiah seberapa besar kekuatan hasil pengelasan tersebut. Dari tujuan penelitian penulis ingin mengetahui seberapa besar perbedaan kekuatan hasil pengelasan apabila kita mengelas menggunakan Elektroda RD 260-2,0 mm Merk Nikko Steel. Berdasarkan latar belakang tersebut di atas maka dalam penelitian ini penulis mengambil judul :

*“Analisis Tegangan Uji Tarik Hasil Pengelasan Baja Karbon Sedang 0,30% Menggunakan Elektroda RD 260 – 2,0 mm Merk Nikko Steel Dengan Arus AC dan Arus DC.”*

## **B. Identifikasi Masalah**

Berdasarkan Latar belakang masalah tersebut di atas, maka penelitian ini dapat penulis identifikasi masalahnya sebagai berikut:

1. Menentukan lokasi titik putus tegangan uji tarik las arus AC dan arus DC
2. Menentukan besar tegangan uji tarik las arus AC dan arus DC
3. Membandingkan tegangan uji tarik hasil pengelasan dengan menggunakan arus AC dan arus DC

### C. Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah dan identifikasi masalah yang tertulis diatas, maka batasan masalah pada penelitian ini adalah melakukan proses pengelasan baja karbon sedang 0,30% dengan menggunakan arus AC dan arus DC yang sesuai dengan *Welding procedure specification*, pembuatan spesimen uji tarik yang sesuai dengan standar mesin Uji Tarik Tensometer tipe W, melakukan pengujian, mengamati letak titik putus spesimen setelah diuji, menganalisis tegangan, membandingkan hasil analisis tegangan pengelasan arus AC dan arus DC serta menyimpulkan.

### D. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah, identifikasi masalah, dan batasan masalah yang telah di uraikan diatas, maka penelitian ini merumuskan permasalahanya yaitu:

1. Dimanakah lokasi titik putus kedua sistem pengelasan ini?
2. Seberapa besar tegangan tarik sambungan las arus AC dan arus DC?
3. Apakah terdapat perbedaan tegangan tarik antara sambungan las arus AC dan arus DC?

### E. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk:

1. Menentukan lokasi titik putus uji tarik las arus AC dan arus DC.
2. Menentukan tegangan tarik sambungan las arus AC dan DC.

3. Menentukan apakah terdapat perbedaan antara kedua tegangan sambungan las Arus AC dan Arus DC.

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

Penelitian ini di harapkan dapat di manfaatkan sebagai kajian teoritis dan praktis bagi pihak-pihak terkait yang berkompeten dalam bidang penelitian dan industri yaitu:

1. Sebagai bahan masukan bagi para ahli teknik mesin dalam proses pengelasan las listrik.
2. Sebagai literatur pada penelitian yang sejenisnya dalam rangka pengembangan teknologi khususnya bidang pengelasan.
3. Memberikan informasi pengembangan penelitian dilingkungan akademik khususnya di jurusan Teknik Mesin FT-UNP.
4. Bagi penulis sebagai pengembangan ilmu pengetahuan tentang analisis tegangan tarik hasil pengelasan arus AC dan arus DC serta ilmu pengujian bahan.
5. Penulis mengetahui seberapa besar perbedaan tegangan hasil pengelasan antara arus AC dan arus DC pada saat melakukan pengelasan pada baja karbon sedang.
6. Sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Pendidikan Teknik Mesin di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **A. Klasifikasi cara-cara pengelasan**

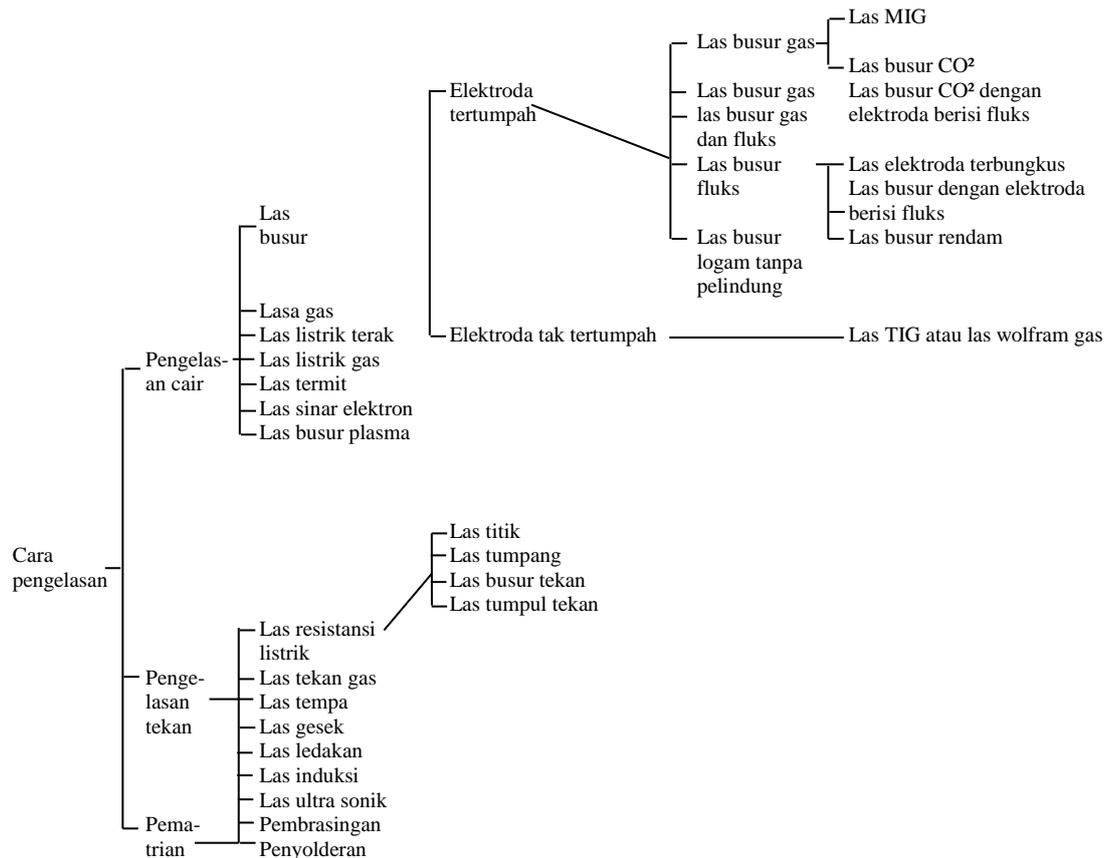
Sampai pada waktu ini banyak sekali cara-cara pengklasifikasian yang di gunakan dalam bidang las, ini di sebabkan karena belum adanya kesepakatan dalam hal tersebut. Secara konvensional cara-cara pengklasifikasian tersebut pada waktu ini dapat di bagi dalam dua golongan, yaitu klasifikasi berdasarkan cara kerja dan klasifikasi berdasarkan energi yang di gunakan.

Klasifikasi pertama membagi kelompok las dalam kelompok las cair, las tekan las patri dan lain-lainnya. Sedangkan klasifikasi yang kedua membedakan adanya kelompok-kelompok seperti las listrik, las kimia, las mekanik dan seterusnya. Bila kelompok diadakan yang lebih terperinci lagi, maka kedua klasifikasi tersebut di atas akan terbaaur dan terbentuk kelompok-kelompok yang banyak sekali.

Di antara kedua cara klasifikasi tersebut di atas, kelihatannya klasifikasi berdasarkan cara kerja lebih banyak digunakan, karena itu pengklasifikasian yang di jelaskan dalam bab ini juga di dasarkan pada cara kerja. Berdasarkan klasifikasi ini pengelasan dapat di bagi dalam tiga kelas utama yaitu:

1. Pengelasan cair adalah cara pengelasan dimana sambungan di panaskan sampai mencair dengan sumber panas dari busur listrik atau semburan api gas yang terbakar.

2. Pengelasan tekan adalah cara pengelasan dimana sambungan di panaskan dan kemudian ditekan hingga menjadi satu.
3. Pematrian adalah cara pengelasan dimana sambungan diikat dan disatukan dengan menggunakan paduan logam yang mempunyai titik cair rendah. Dalam cara ini logam induk tidak turut mencair.



Gambar 1. Klasifikasi cara pengelasan. (Prof.Dr. Ir Harsono Wiryosumarto, Prof. Dr. Toshie Okumura 2008:8)

## B. Las Listrik Dengan Menggunakan Arus AC

Las listrik yang digunakan dalam penelitian ini yaitu listrik menggunakan arus AC (Alternating Current). Arus AC adalah arus yang sifatnya mempunyai dua arah atau lebih di kenal dengan sebutan arus bolak-balik yang tidak memiliki sisi negatif, dan hanya mempunyai ground (bumi).

Proses terjadinya pengelasan menggunakan arus AC dimulai dari digoreskannya elektroda ke material dasar sehingga terjadi hubungan pendek dan saat terjadi hubungan pendek tersebut pengelas menarik elektroda sehingga terbentuk busur listrik yaitu lompatan ion yang menimbulkan panas.

Selanjutnya panas akan mencairkan elektroda dan material dasar sehingga cairan elektroda dan cairan material dasar akan menyatu membentuk lasan. Las listrik menggunakan panas untuk mencairkan material dasar dan elektroda. Semburan elektroda las AC lebih besar daripada las DC.

Sedangkan panas tersebut ditimbulkan oleh lompatan ion listrik yang terjadi diantara katoda dan anoda. ( Ujung elektroda dan permukaan plat yang akan dilas ). Panas yang timbul dari lompatan ion listrik ini besarnya dapat mencapai  $4000^{\circ}$  Celcius sampai  $4500^{\circ}$  Celcius.

### **C. Las Listrik Dengan Menggunakan Arus DC**

Arus DC (Direct Curren) adalah merupakan arus searah dimana arus ini harus benar-benar searah dan memiliki kutub positif dan negatif atau lebih dikenal lagi plus minusnya dengan simbol + dan simbol (-), Arus DC disini benar-benar sudah disearahkan dengan menggunakan rangkaian penyearah seperti adaftor, fungsi penyearah disini dipakai untuk komponen-komponen elektronika seperti: IC, Resistor, Capasitor, Transistor dan lainnya yang semuanya itu menggunakan arus searah.

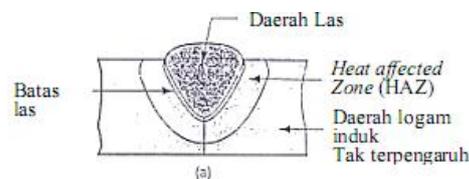
Perlu adanya pengaturan kecepatan pengumpanan kawat las yang dapat diubah-ubah untuk mendapatkan panjang busur yang diperlukan. Bila menggunakan sumber listrik DC dengan tegangan tetap, kecepatan

pengumpanan dapat dibuat tetap dan biasanya menggunakan polaritas balik (DCRP). Mesin las dengan listrik DC memiliki percikan api yang lebih kecil bila di bandingkan dengan mesin las listrik AC. Sehingga las listrik DC sangat cocok untuk pengelasan konstriksi bangunan, karena memiliki tingkat keamanan yang lebih tinggi.

#### D. Kemungkinan Terjadi Lokasi Titik Putus Sambungan Las

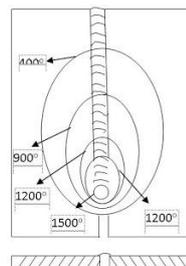
Kemungkinan lokasi titik putus ada tiga diantaranya:

1. Dilogam induk jika daerah ini lemah dari tiga daerah lain, dan daerah las.
2. Batas las jika daerah ini lebih lemah dari daerah logam induk dan daerah las.
3. Jika daerah 1 dan 2 lebih kuat dari daerah las dia akan putus di daerah las.



Gambar 2. Daerah HAZ las (Malau, 2003)

Proses pengelasan yang melibatkan adanya pencairan di daerah sambungan, secara metalurgi akan menghasilkan empat daerah las, yang mana pada masing-masing daerah memiliki temperatur panas yang berbeda-beda. seperti terlihat pada gambar berikut:



Gambar 3. Temperatur Pada Daerah Las

Keempat daerah tersebut adalah daerah Weld Metal (Logam Las) Fusion Line (garis gabungan/ batas las), H A Z (Heat Afected Zone), Parent Metal (logam Induk,).

**1. Weld Metal ( *Logam Las* )**

Logam las (weld metal) merupakan bagian dari logam yang pada waktu pengelasan mencair kemudian membeku. Proses pembekuan dari logam (weld metal) atau logam pengisi (filler metal). Fenomena pembekuan akan memunculkan struktur dendritik yang kasar diiringi dengan timbulnya segregasi sebagai akibat adanya laju pendinginan yang relatif cepat. Adanya pengkasaran ukuran butir dan segregasi di daerah logam las akan menurunkan sifat mekanik. Penurunan sifat mekanik terjadi sampai melampaui sifat mekanik logam induk. Karena itu berdasarkan hal tersebut dan mengingat menurut standart bagian logam las tidak diperkenankan untuk gagal, maka untuk mengkompensasi penurunan tersebut dipilih kualitas mekanik logam las minimal 15% lebih tinggi dari sifat logam induk. Busur listrik yang terjadi antara ujung elektroda wolfram dan bahan dasar merupakan sumber panas, untuk pengelasan. Titik cair pada daerah las tingginya 4000° C.

**2. Fusion Line (*garis gabungan/batas las*).**

Merupakan daerah perbatasan antara daerah yang mengalami peleburan dan yang tidak melebur. Daerah ini sangat tipis sekali sehingga dinamakan garis gabungan antara weld metal dan HAZ. Terjadi pencampuran antara logam las dan logam induk, pada prinsipnya di

daerah ini terjadi proses pemaduan. Secara umum hasil dari suatu proses pemaduan dapat menghasilkan larutan padat dan senyawa yang akan memberikan perbedaan terhadap sifat mekanik yang dimilikinya. Dalam praktek, keberadaan senyawa intermetalik yang getas sangat tidak diinginkan apabila terbentuk di batas butir namun akan berperan sangat penting dalam meningkatkan kekuatan logam apabila senyawa tersebut muncul sebagai bagian dari fasa eutektik atau tersebar merata dalam bentuk partikel halus. Suhu pada daerah batas las tingginya  $3700^{\circ}\text{C}$ .

### 3. Daerah HAZ (*Heat Affected Zone*)

Akan terjadi kombinasi antara pembentukan butir-butir yang kasar sebagai akibat terekspos pada suhu tinggi dengan timbulnya transformasi fasa, dari fasa padat ke fasa padat lain. Pengkasaran butir akan menyebabkan kekuatan logam menurun sedangkan transformasi fasa yang terjadi di daerah tersebut juga akan diiringi dengan perubahan volume. Fenomena metalurgi yang terjadi di daerah 3 menjadi sangat kompleks dengan adanya temperatur gradient. Secara umum ini terjadi proses perlakuan panas dengan segala macam aspek yang mempengaruhinya seperti tinggi dan lamanya temperatur pemanasan, laju pendinginan, termasuk ada atau tidaknya pre heat dan post heat dan jenis fasa yang akan dihasilkan. Suhu pada daerah HAZ tingginya  $3400^{\circ}\text{C}$ .

### 4. Parent Metal (*logam Induk*)

Logam induk merupakan logam dasar dimana panas dan suhu pengelasan tidak menyebabkan terjadinya perubahan-perubahan struktur dan sifat logam las. Suhu pada daerah logam induk tingginya  $2900^{\circ}\text{C}$ .

## E. Pengelasan

Proses penyambungan yang paling umum digunakan adalah pengelasan. Untuk penampang yang sangat tebal di gunakan metode-metode terak listrik, nosel mampu habis (*Consumeable-Nozzele*), busur benam (*Submerged Arc*) (Suharno, ST., M.T, 2008). Pelat-pelat yang relatif tipis disambung dengan memakai busur api metal dilindungi gas CO<sub>2</sub> dan busur api logam manual.

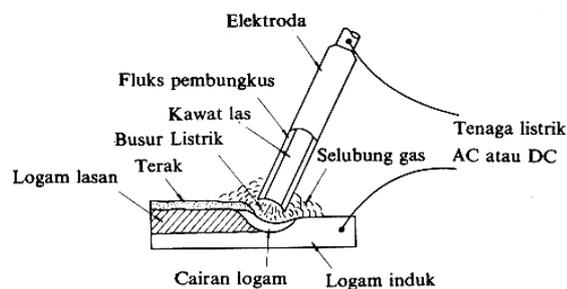
Salah satu faktor yang mempengaruhi kekuatan hasil pengelasan adalah Kecepatan Pengelasan ( Travel Speed ) Laju pendeposisian bahan las akan mempengaruhi profil jalur las. Kecepatan pengelasan yang tinggi cenderung mendeposisikan lebih sedikit bahan las sehingga mengakibatkan profil las yang buruk, under cut, dll. Sebaliknya kecepatan las yang rendah (lambat) akan menyebabkan deposisibahan yang berlebihan/tebal yang menyebabkan konsentrasi tegangan dipinggirnya (toe). Kecepatan las juga berperan cukup penting pada tingkat masukan panas (heat input) dari suatu pengelasan (dalam KJ/mm) dan dapat mempengaruhi struktur final jalur las, pertumbuhan kristal, yang berpengaruh pada sifat lasan.

## F. Las Elektroda Terbungkus (SWAM)

Pengelasa SMAW (*Shielded Metal Ars Wilding*) adalah las busur listrik terlindungi dimana panas di hasilkan dari busur listrik antara ujung elektroda dengan logam yang di las (Suharno, ST., M.T, 2008). Elektroda terdiri dari kawat logam sebagai penghantar arus listrik kebusur dan sekaligus sebagai bahan pengisi (filler). Kawat ini di bungkus dengan fluks. Biasanya di

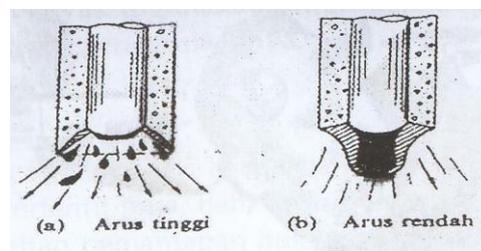
pakai arus listrik yang tinggi ( 10-500 A) dan potensial yang rendah (10-50 V). Untuk mencegah oksidasi (reaksi dengan zat asam O<sub>2</sub>), bahan elektroda dilindungi dengan lapisan zat pelindung (fluks) yang sewaktu pengelasan ikut mencair.

Sewaktu membeku, fluks juga ikut membeku dan tetap melindungi metal dari reaksi oksidasi. Pada gambar 3. jelas terlihat bahwa busur listrik tersebut diantara logam induk dan ujung elektroda.



Gambar 4. Las Busur Dengan Elektroda Terbungkus (Wiryosumarto dan Okumura, 2000)

Proses pemindahan logam elektroda terjadi pada saat ujung elektroda mencair dan membeku butiran yang terbawa oleh arus busur listrik yang terjadi ( Harsono Wiryosumarto, 1979). Bila digunakan arus listrik yang besar maka butiran logam cair yang terbawa menjadi halus. Gambar 4. (a), sebaliknya bila arusnya kecil maka butirannya menjadi besar.



Gambar 5. Perpindahan Logam Cair ( Harsono, Wiryosumarto, 1979)

Apabila penggunaan arus terlalu tinggi maka akan mengakibatkan suatu lapisan yang lebar dan datar dengan kerutan yang kasar, penetrasi yang

dalam dengan jumlah percikan yang berlebihan, keporian (gas terperangkap didalam las). Dan sebaliknya jika arus las terlalu rendah maka akan mengakibatkan busur api sulit dikontrol, sering terjadi ujung elektroda menyatu dengan plat, lapisan las cenderung bertambah tinggi dan bentuk bola dengan lebar tidak teratur, penetrasi yang dangkal pada pusat lapisan las sedangkan kaki-kaki las seringkali hanya menempel ke plat.

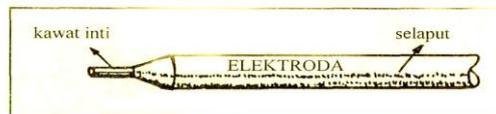
#### **G. Prinsip Pengoperasian**

Dalam pengelasan SMAW proses pengoperasian terdiri dari busur elektroda terbungkus dan logam induk. Busur ini ditimbulkan oleh adanya sentuhan singkat elektroda pada logam dan panas yang ditimbulkan oleh busur akan meleleh pada permukaan logam induk untuk membentuk logam lelehan, kemudian akan membeku bersama. Bagian las ini dilapisi oleh slang (terak) yang berasal dari selubung elektroda. Busur dan daerah sekitar dilindungi oleh elektroda, sebagian besar kawat inti pada elektroda dipindahkan melalui busur, walaupun demikian ada percikan api kecil terlepas dari area las sebagai percikan (Suharno, 2003) Kegunaan dan Keuntungan Pengelasan SMAW.

Pengelasan SMAW (Sindokou, 1987) banyak di pergunakan dalam proses pengelasan busur. Proses ini mempunyai fleksibilitas maksimum dan mampu untuk pengelasan berbagai macam logam, pada api, industri otomotif, perkapalan dan lain-lain sebagainya.

## 1. Pemilihan Elektroda

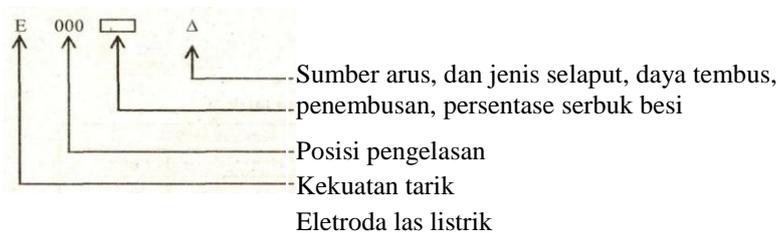
Elektroda yang di gunakan pada las manual adalah jenis elektroda yang terbungkus (berselaput) fluks. Gambar 5 memperlihatkan contoh sebuah elektroda yang terdiri atas kawat inti selaput (Maman Suratman, S.pd, 2007). Ukuran standar diameter kawat inti dari 1,5 mm – 7mm dengan panjang antara 350 mm - 450 mm.



Gambar 6. Elektroda (Maman Suratman, S.pd, 2007)

## 2. Klasifikasi Elektroda

Menurut standar AWS/ASTM (American Wilding society/ American Society For Testing material). semua jenis elektroda ditandai dengan huruf E disertai 4 atau 5 angka. *Contoh penulisan jenis eletroda:*



Gambar 7. Penulisan Jenis Elektroda (Maman Suratman, S.pd, 2007)

Cara pebacaan sebagai berikut:

- E menyatakan elektroda.
- Dua dan tiga angka pertama menyatakan kekuatan tarik (lihat pada table 2).
- Angka tiga dan keempat menyatakan posisi pengelasan yang dapat di pakai ( lihat pada table 3).

- d) Angka keempat atau kelima menunjukkan jenis selaput, jenis sumber arus (AC atau DC), sifat busur listrik, daya tembus, dan persentase serbuk besi yang terkandung pada selaput elektroda (lihat table 4).
- e) Akhiran (bila dipakai). Ditulis setelah angka keempat atau kelima. Akhiran ini menunjukkan komposisi logam panduan (alloy steel), jadi tidak berlaku untuk golongan E 60 xx (lihat tabel 5).

**Contoh:**

Pada elektroda Philips berseri AWS tertulis: E 6013.

Artinya:

E = Elektroda las listrik.

60 = kekuatan tarik minimum dari deposit las adalah 60.000 lb/in<sup>2</sup> atau 42 kg/mm<sup>2</sup>.

1 = dapat di pakai untuk segala posisi.

3 = jenis selaput: Rutil postasium.

Sumber tegangan arus/arus : AC, DCSP, DCRP

Daya tembus: lemah

Kadar serbuk besi: 0 -10%

Tabel 1. Kekuatan Tarik (Maman Suratman, S.pd, 2007)

Klasifikasi	Kekuatan tarik	
	1 b/in <sup>2</sup> (Psi)	Kg/mm <sup>2</sup>
E 60 xx	60.000,00	42
E 70 xx	70.000,00	49
E 80 xx	80.000,00	56
E 90 xx	90.000,00	63
E 100 xx	100.000,00	70
E 110 xx	110.000,00	77
E 120 xx	120.000,00	84

Table 2. Pengolongan dan posisi pengelasan yang tepat (Maman Suratman, S.pd, 2007)

Kekuatan tarik		P o s i s i
E X X 1 X	E X X 2 X	
Dapat dipakai	Dapat dipakai	Datar
Dapat dipakai	Dapat dipakai	Horizontal
Dapat dipakai	Tidak dapat dipakai	Vertikal
Dapat dipakai	Tidak dapat dipakai	Di atas kepala

Table 3. Jenis selaput, arus, busur, penembusan, dan kadar (Maman Suratman, S.pd, 2007)

Golongan	Selaput	Jenis arus	Busur arus	Daya tembus	Kadar besi
E XXX 0	Cellulose sodium	DCRP	Penggali	Dalam	0 – 10%
E XXX 1	Cellulose potasium	AC, DC RP	Penggali	Dalam	tanpa
E XXX 2	Rutil sodium	AC, DC SP	Sedang	Sedang	0 – 10%
E XXX 3	Rutil potasium	AC, DC SP, DC RP	Lunak	Lemah	0 – 10%
E XXX 4	Rutil serbuk besi	AC, DC SP, DC RP	Lunak	Lemah	25 – 40%
E XXX 5	Low hydrogen sodium	DC RP	Sedang	Sedang	tanpa
E XXX 6	Low hidrogen potasium	AC, DC RP	Sedang	Sedang	tanpa
E XXX 7	Besi oksid, serbuk besi	AC, DC RP, DC SP	Sedang	Lemah	50%
E XXX 8	Hidrogen rendah, serbuk besi	AC, DC RP	Sedang	Sedang	30 – 50%
E XXX 9					
Untuk angka akhiran 0 ada pengecualian					
E 6010	Cellulose sodium	DC RP	Penggali	Dalam	0 – 10%
E 6020	Besi oksid sodium	AC, DC SP		Sedang	0 – 10%
E 6030	Besi oksid	AC, DC SP		Lemah	

*Keterangan:*

AC = Alternating Current.

DCSP = Direct Current straight polarity.

Pada pada metode ini elektroda dihubungkan dengan katup negatif.

DCRP = Direct Current Reverse polarity.

Pada metode ini elektroda dihubungkan dengan katup positif.

### 3. Bahan Fluks

Fluks biasanya terdiri dari bahan-bahan tertentu dengan perbandingan yang tertentu pula. Bahan yang digunakan dapat

digolongkan dalam bahan pemantapan busur, pembuatan terak, penghasil gas, deoksidator (Suharno, ST., M.T, 2008). Unsur paduan dan bahan pengikat. Bahan-bahan fluks dapat digolongkan antara lain:

- a. Jenis oksida titan, jenis ini di sebut rutil atau titania dan berisi banyak  $TiO_2$  didalamnya.
- b. Jenis titania kapur, jenis ini disamping berisi rutil juga mengandung kapur.
- c. Jenis ilmenit, jenis ini terletak diantara jenis oksidasi ilmenit atau  $Fe Ti O_2$
- d. Jenis hydrogen rendah, jenis ini di sebut jenis kapur, karena bahan utama kapur dan fluorat.
- e. Jenis selulosa, jenis ini berisi kira-kira 30% zat organic yang dapat menghasilkan gas dengan volume besar yang kemudian melindungi logam cair.
- f. Jenis oksidasi besi, bahan jenis ini adalah besi, busur yang dihasilkan terpusatkan dan penetrasian dalam.
- g. Jenis serbuk besi, oksidasi, bahan jenis ini meliputi 15% sampai 50% adalah silikat dan serbuk besi.
- h. Jenis serbuk besi-titania, jenis ini menimbulkan busur yang sedang dan menghasilkan manic las yang halus.

#### **4. Penempatan Elektroda**

Di Negara-negara industri, elektroda las terbungkus sudah banyak distandarkan sesuai penggunaan (Harsono Wiryosumarto, 2008) dijepang misalnya telah distandarkan berdasarkan *Japan Industri Standar*

(JIS), *America Society For Testing And Material* (ASTM), *Amerika Wilding* (AWS) di amerika, *Deutsche Industrie Normen* (DIN) di jerman. Standar *Industri Indonesia* (SII) di Indonesia. Spesifikasi elektroda untuk baja karbon berdasarkan jenis dari lapisan elektroda (*fluks*), jenis listrik yang digunakan, posisi pengelasan dan polaritas pengelasan terdapat pada Tabel 3. Pada Tabel 4 diperlihatkan hubungan Diameter Elektroda dengan Arus Pengelasan.

## H. Parameter Las

### 1. Tegangan Busur Las

Tingginya busur las (Harsono Wiryosumarto, 2008) tergantung pada panjang busur yang di kehendaki dan jenis dari elektroda yang di gunakan.

### 2. Besar Arus Pengelasan

Besarnya arus pengelasan yang di perlukan tergantung dari bahan dan ukuran pengelasan, geometri sambungan, posisi pengelasan jenis elektroda dan diameter inti elektroda.

Table 4. Nilai Besaran Arus Untuk Pengelasan SMAW

Diameter (mm)	Current Range (Amperes)	
	Minimum	Maximum
2.0	30	80
2.6	60	110
3.2	80	140
4.0	120	190
5.0	160	230

### 3. Kecepatan Pengelasan

Kecepatan pengelasan (Messler, 1999) tergantung dari jenis elektroda, diameter inti elektroda, bahan yang di las, geometri sambungan, ketelitian sambungan dan lain-lain.

### 4. Kerusakan Las

Dalam pengerjaan pengelasan (W. Keyon, 1985) diharapkan suatu las yang baik yaitu: las yang tidak bercacat.

#### I. Pengujian Komposisi Baja Karbon Sedang 0,30%

Pengujian komposisi adalah pengujian yang dilakukan dengan maksud untuk mengetahui kadar unsur-unsur yang terkandung dalam bahan. Pada baja unsur yang berpengaruh dalam penguatan baja yang dominan adalah karbon. Dalam buku (Wiryo Sumarto, 2008) disebutkan baja karbon sedang mempunyai tingkat weldability cukup baik dibanding dengan baja karbon tinggi. Ada beberapa faktor yang sangat mempengaruhi kekuatan logam antara lain kadar karbon yang dikandung logam tersebut, tingginya temperatur pemanasan (*Austenising Temperature*), waktu penahanan (*Homogeneity Austenit*), dan kecepatan pendinginan.

Tabel 5. Klasifikasi baja menurut tingkat deoksidasi (Prof.Dr. Ir Harsono Wiryo Sumarto, Prof. Dr. Toshie Okumura 2008:90)

Kelas Baja	Tingkat Deoksidasi	Jenis Baja	Komposisi Kimia (%)			Cara Deoksidasi	Rongga Halus	Pemisa han	Rongga Penyusutan
			C	Si	Mn				
Baja rim	Rendah	Baja karbon rendah	< 0,3	< 0,01	0,25-0,45	Fe-Mn Fe-Mn	Banyak	Banyak	Sedikit Sekali
Baja semi-kil	Sedang	Baja karbon	< 1,0	0,01-0,1	0,45-0,8	(dalam tungku)	Sedikit	Sedikit	Sedikit
Baja kil	Tinggi	Baja karbon khusus	< 1,5	> 0,10	> 0,3	Fe-Si, Al (dalam ladai)	Hampir tidak ada	Sedikit sekali	Banyak

## **J. Pengelasan Baja Karbon Sedang**

Baja karbon sedang merupakan paduan antara besi dan karbon dengan sedikit Si, Mn, P dan S. Berdasarkan kandungan karbonnya dikelompokkan menjadi baja karbon rendah dengan kandungan karbon 0,08 % - 0,30%, baja karbon sedang 0,30% - 0,60% dan baja karbon tinggi 0,6% - 1,5% ( Hari Amanto. 2003). Menurut Solih Rohyana (1999:41) sifat baja sangat dipengaruhi kadar karbon, sebenarnya yang mempengaruhi sifat baja bukan kadar karbon sendiri tetapi struktur mikronya, baja dengan komposisi kimia yang sama dapat mempunyai sifat sangat berbeda bila struktur mikronya berbeda. Perbedaan struktur mikro dapat terjadi karena perbedaan komposisi kimia, perbedaan proses laku panas yang dialami, dibawah ini pengaruh penambahan unsur lain pada baja:

### **1. karbon (C)**

Karbon sampai 0,8% akan meningkatkan kekuatan tarik, elastisitas dan titik lumer serta menurunkan kekuatan, mampu las dan mampu mesin kekerasan baja naik bila kandungan karbonnya meningkat. Kandungan C juga mempengaruhi dalam menentukan temperatur perlakuan panas.

### **2. Silikon (Si)**

Memberikan penetapan kenaikan ukuran butir dan sifat-sifat kedalam kekerasan, tambahannya pada baja sangat berguna dalam proses pengerasan, silicon pelenyap yang baik untuk menghilangkan gas serta oksida dan mencegah terbentuknya lubang serta meningkatkan ketangguhan baja.

### 3. Pospor (P)

Kekuatan tarik dan kekerasan baja akan meningkat, kadar pospor yang tinggi memiliki pengaruh yang berbahaya bagi baja yaitu memberikan singkatnya pendinginan sehingga baja akan getas. Pada temperatur rendah kandungan (P) yang diizinkan 0,25%.

### 4. Mangan (Mn)

Pemurni baja untuk melenyapkan sulfur yang berlebihan serta membantu mengatasi pengaruh yang berbahaya dari sulfur. Kandungan mangan biasanya 0,2 – 1 %, menaikkan kekerasan dan kekuatan tarik serta mampu lasnya.

### 5. Sulfur (S)

Menyebabkan terbentuknya besi sulfida sehingga meleleh, kekuatan baja menjadi rendah, memberikan percepatan warna merah dan meningkatkan kegetasan pada temperatur rendah. Sulfur berpengaruh tidak baik terhadap kekuatan tarik, ketangguhan dan menurunkan ketahanan terhadap korosi kandungan (s) yang diizinkan pada baja 0,05%. Berikut ini dapat dilihat pada tabel klasifikasi baja karbon berdasarkan kandungan karbon yang dimiliki serta pengaruhnya terhadap kekuatan dan kekerasan baja.

Tabel 6 . Klasifikasi Baja Karbon, Haryono wiryosumato, dkk. 1981:90

Jenis	Kelas	Kadar karbon (C)	Kekuatan Tarik (Kg/mm <sup>2</sup> )	Kekuatan Luluh (Kg/mm <sup>2</sup> )	Perpanjangan (100%)	Kegetasan Brinel (BHN)	Penggunaan
Baja Karbon Rendah	-baja lunak khusus	0,08	32-36	18-28	40-30	95-100	Pelat Tipis Batang Kawat Konstruksi Umum
	-baja sangat lunak	0,08-0,12	36-42	20-29	40-30	80-120	
	-baja lunak	0,12-0,20	38-48	22-30	36-24	100-130	
	-Baja setengah lunak	0,20-0,30	44-45	24-36	32-22	112-145	
Baja Karbon Sedang	-Baja setengah keras	0,30-0,40	50-60	30-40	30-17	140-170	Alat2 Mesin
Baja Karbon Tinggi	-baja keras	0,40-0,50	58-70	34-46	26-14	160-200	Perkakas Rel, pegas dan kawat piano
	-baja sangat keras	0,50-1,70	65-100	36-47	20-11	180-225	

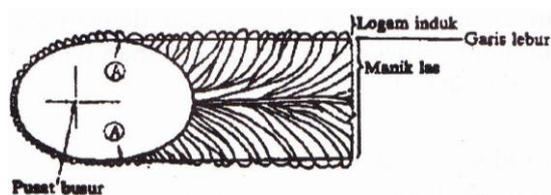
Baja karbon sedang memiliki sifat kepekaan retak las yang rendah bila dibandingkan dengan baja karbon lainnya, namun demikian retak las pada baja karbon rendah dapat terjadi dengan mudah pada pengelasan pelat tebal. Begitu pula bila dalam baja tersebut terdapat belerang yang cukup tinggi. Untuk mengelas baja karbon rendah dapat dilakukan dengan semua cara pengelasan yang ada dalam praktek dan bila persiapannya sempurna serta memenuhi persyaratan akan didapatkan hasil las yang baik.

#### **K. Pembekuan Dan Stuktur Logam Las**

Dalam pengelasan cair bermacam-macam cacat terbentuk dalam logam las, misalnya pemisahan atau segregasi, lubang halus, dan retak. Besar dan jenis cacat yang terjadi tergantung dari kecepatan pembekuan. Semua kejadian selama proses pendinginan dalam pengelasan hampir sama dengan pendinginan dalam pengecoran. Perbedaannya adalah :

1. Kecepatan pendinginan dalam las lebih tinggi
2. Sumber panas dalam las bergerak terus
3. Dalam proses pengelasan, pencairan dan pembekuan terjadi secara terus menerus.
4. Pembekuan logam las mulai dari dinding logam induk yang dapat diasumsikan sama dengan dinding cetakan pada pengecoran, hanya saja dalam pengelasan logam las harus dijadikan satu dengan logam induk, sedangkan dalam pengecoran yang terjadi justru sebaliknya.

Dalam gambar 7. Ditunjukkan secara skematik proses pertumbuhan dari kristal-kristal logam las yang berbentuk pilar. Titik A pada gambar tersebut adalah titik mula dari struktur pilar yang selalu terletak dalam logam induk. Titik ini tumbuh menjadi garis lebur dengan arah yang sama dengan gerakan sumber panas. Pada garis lebur sebagian dari logam dasar turut mencair dan pada proses pembekuan logam las tumbuh pada butir-butir logam induk dengan sumber kristal yang sama.

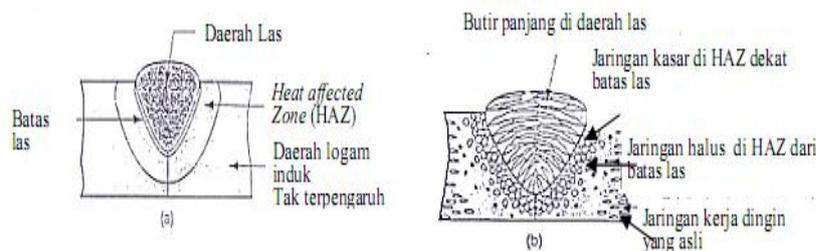


Gambar 8. Arah Pembekuan dari Logam Las (Keyon W., 1985)

## L. Reaksi Metalurgi Yang Terjadi Dalam Proses Pembekuan

### 1. Pemisahan

Didalam logam las terdapat tiga jenis pemisahan, yaitu pemisahan mikro, pemisahan gelombang dan pemisahan makro (Suharno, ST., M.T, 2008). Pemisahan makro adalah perubahan komponen secara perlahan-lahan yang terjadi mulai dari sekitar garis lebur menuju ke garis sumbu las, pemisahan gelombang adalah perubahan komponen karena pembekuan yang terputus yang terjadi pada proses terbentuknya gelombang manik sedangkan pemisah mikro adalah perubahan yang menjadi dalam satu pilar atau dalam bagian dari satu pilar.



Gambar 9. Perubahan sifat fisis pada sambungan las cair (Malau, 2003)

## 2. Lubang-lubang halus

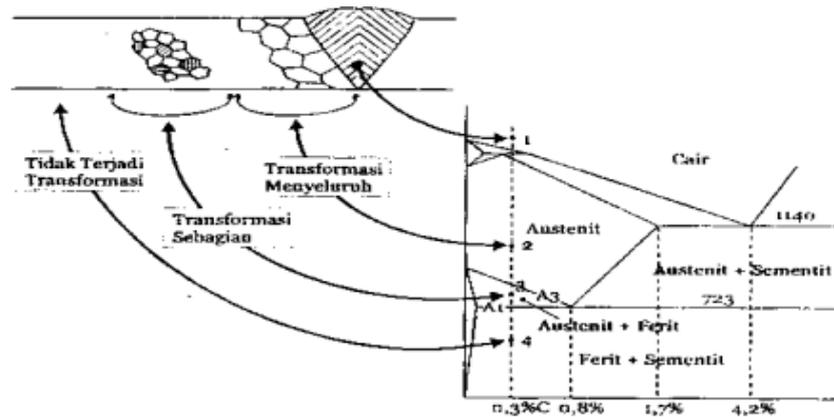
Lubang-lubang halus yang terjadi karena adanya gas yang tidak larut dalam logam padat. Lubang-lubang tersebut terjadi karena tiga cara pembentukan gas, yaitu perbedaan gas karena perbedaan batas kelarutan antara logam cair dan logam padat pada suhu pembekuan, terbentuknya gas karena adanya reaksi kimia di dalam logam las dan penyusupan gas kedalam busur las.

## 3. Retak las

Retak las yang terjadi pada proses pembekuan di sebabkan karena adanya penyusutan logam yang membeku, penggunaan logam las yang tidak sesuai dengan logam induk, suhu antara lapisan las, tegangan penahan dan juru las yang kurang trampil.

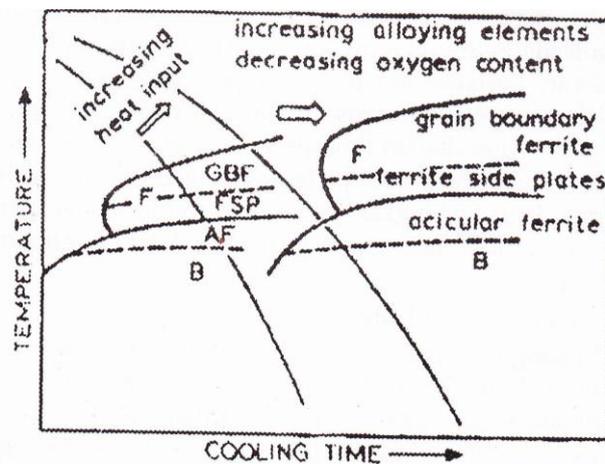
## M. Struktur Mikro Daerah Pengaruh Panas

Struktur, kekerasan dan berlangsungnya transformasi pendinginan berlanjut atau diagram CCT (*Continuous Colling Transformation*). Diagram semacam ini dapat digunakan untuk membahas pengaruh struktur terhadap retak las. Keuletan dan ketangguhan las, yang kemudian dapat dipakai untuk menentukan prosedur dan cara pengelasan.



Gambar 10. Diagram Fasa pada hasil pengelasan. (Sonawa, 2004)

Diagram transformasi pendinginan (CCT) dapat berubah karena berubahnya temperatur maksimum naik, kurva-kurva yang menunjukkan terjadinya struktur-struktur tertentu di dalam diagram bergerak mengarah pada pemantapan pembentukan martensit. Bila ini terjadi jelas bahwa hasil pengelasan menjadi lebih keras.



Gambar 11. Diagram Continuous Cooling Transformation/CCT (Kou S.,1987)

## N. Siklus Termal Las

Siklus termal las adalah proses pemanasan dan pendinginan di daerah lasan. Ditunjukkan siklus termal daerah lasan dari las busur listrik dengan elektroda terbungkus. Dapat dilihat siklus termal dari beberapa tempat dalam daerah HAZ dengan kondisi pengelasan tetap.

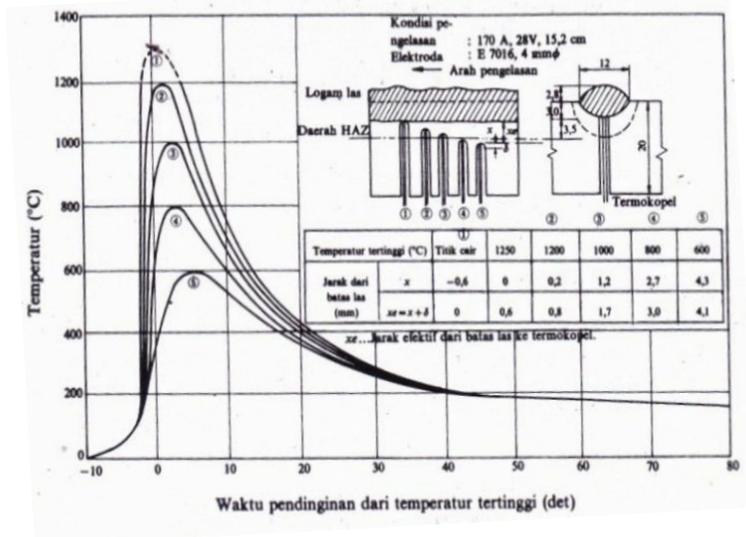
Tabel 7. Perkiraan Waktu Pendinginan Pada Beberapa Cara Las Busur, (Prof.Dr. Ir Harsono Wiryosumarto, Prof. Dr. Toshie Okumura 2008:8)

Cara pengelasan	Indeks masukan panas $n$	Konstanta							
		Waktu pendinginan dari 800°C ke 500°C				Waktu pendinginan dari 800°C ke 300°C			
		$K$	$t_0$	$\alpha$	$T$	$K$	$t_0$	$\alpha$	$T$
Las busur terbungkus	1,5	1,35	14,6	6	600	2	14,6	4,5	400
Las busur gas CO <sub>2</sub>	1,7	1/2,9	13	3,5	600	1/2,5	14	5	400
Las busur dengan kawat berisi fluks.	1,35	—	—	—	600	11	14	5	400
Las busur rendam.....	$\begin{cases} (t < 32) 2,5-0,05t \\ (t \geq 32) 0,95 \end{cases}$	$9,5/10^3 - 0,22t$	—	—	—	$7,3/10^3 - 0,22t$	—	—	—
		950	12	3	600	730	20	7	400

$J$ : Masukan panas =  $\frac{60EI}{V}$  (Joule/cm)  
 $E$ : Tegangan busur (Volt)  
 $I$ : Arus Las (Amper)

$V$ : Laju las (cm/men)  
 $T$ : Suhu daerah HAZ (°C)  
 $T_0$ : Suhu mula pelat (°C)  
 $t$ : Tebal pelat (mm)

Titik cair logam pengisi poses brazing 1200°C. Lamanya pendinginan dalam suatu daerah temperatur tertentu dari suatu siklus termal las sangat mempengaruhi kualitas sambungan. Karena itu banyak sekali usaha - usaha pendekatan untuk menentukan lamanya waktu pendinginan tersebut. Pendekatan ini biasanya dinyatakan dalam bentuk rumus empiris atau nomograf atau tabel seperti terlihat dalam tabel 7



Gambar 12. Siklus Termal Las pada beberapa jarak dari Batas Las (Prof. Dr. Ir Harsono Wiryosumarto, Prof. Dr. Toshie Okumura 2008:8)

### O. Pengujian Bahan

Pengujian di dalam industri dapat di bagi dua kelas yaitu pengujian untuk keperluan pembuat dan untuk pemakai, selain pengujian untuk

keperluan kedua pihak tersebut pada saat ini di tambahkan untuk kepentingan pihak ketiga seperti Negara, Masyarakat, Akademik, asosiasi industri.

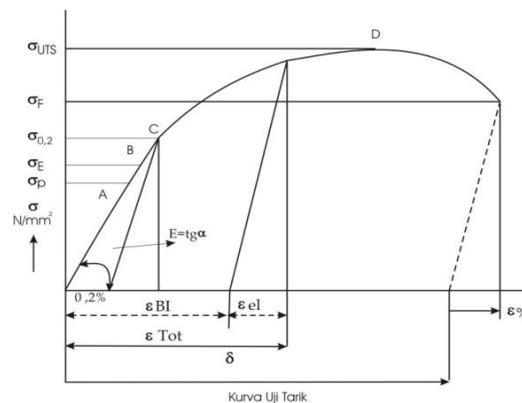
Peranan pengujian menurut Harsono Wiryosumarto (1981)

1. Peranan pengujian bagi pembuat untuk menunjang usaha-usaha sebagai berikut:
  - a. Perbaikan kepercayaan pengamanan mutu dan jaminan mutu.
  - b. Perbaikan teknik pembuatan.
  - c. Pengurangan biaya pembuatan.
2. Peranan pengujian bagi pembeli atau pemakai.
  - a. Kepastian mutu saat membeli.
  - b. Kepastian dan ketahanan mutu selama penggunaan.
  - c. Cara untuk memilih dan membandingkan hasil.
3. Peranan pengujian bagi pihak ketiga.
  - a. Penilaian terhadap mutu produk.
  - b. Jaminan untuk keamanan masyarakat.
4. Tujuan dari pengujian bila di perhatikan dari peranannya seperti di atas, dapat di simpulkan bahwa di dalam pengelasan tujuan dari pengujian adalah, untuk menjamin mutu dan kepercayaan terhadap konstruksi las.

Pengujian pada logam umumnya dapat di bagi dalam pengujian merusak dan pengujian tak merusak, pengujian merusak pada konstruksi las adalah pengujian terhadap model dari konstruksi atau batang uji yang telah di las dengan cara yang sama, dengan proses pengelasan yang akan di gunakan sampai terjadi kerusakan pada model konstruksi atau batang uji. Pengujian tak merusak di lakukan tanpa merusak bagian konstruksi yang di uji pengujian-pengujian termasuk kedalam kelompok pengujian untuk mengetahui cacat, baik cacat luar maupun cacat dalam.

## P. Pengujian Tarik (*Tensile test*)

Pengujian tarik merupakan pengujian terpenting dalam pengujian statis. Secara skematis hasil pengujian tarik untuk logam diperlihatkan pada gambar di bawah ini:



Gambar 13. Diagram Tarik dari logam baja karbon rendah (Jac Stolk 1993)

Pada daerah OA deformasi yang terjadi bersifat elastis, artinya jika beban dilepaskan maka benda uji akan kembali pada panjang awal. Bagian ini disebut sebagai daerah proporsional, karena regangan yang terjadi proporsional terhadap tegangannya. Daerah proporsional dibatasi oleh batas proporsional (daerah  $\sigma_p$ ), dan pada daerah ini berlaku *Hukum Hooke* :

$$\text{Regangan } (\varepsilon) = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\%$$

$$\text{Modulus Elastisitas (E)} = \sigma = \varepsilon \cdot E \text{ atau } E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

$$\text{Rumus Tegangan } \sigma = \frac{F}{A}$$

Dimana : F = Gaya dalam Newton       $\sigma$  = Tegangan Tarik

A = Luas penampang       $\varepsilon$  = Regangan

$L_0$  = Panjang awal      E = Modulus elastisitas

$\Delta L$  = Perpanjangan.      A = Luas Penampang

E = Modulus elastisitas yang merupakan konstanta bahan, dan E sama dengan

$\alpha$  dari kurva tegangan – regangan pada daerah proporsional. (GF.W Hauck, 1982).

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

### A. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan penulis dapat menyimpulkan bahwa:

1. Pada spesimen Las AC Lokasi Putus berada di daerah las, pada spesimen las DC lokasi putus berada pada daerah batas las.
2. Tegangan tarik hasil pengelasan baja karbon sedang 0,30% menggunakan Elektroda RD 260-2.0 Merk Nikko Steel dengan arus AC di peroleh hasil pengujian spesimen tersebut nilai rata-rata titik luluh **222,443 N/mm<sup>2</sup>**, tegangan maksimum ( $\sigma_{\max}$ ) **289,926 N/mm<sup>2</sup>**, dan titik putus **164,958 N/mm<sup>2</sup>**.
3. Tegangan tarik hasil pengelasan baja karbon sedang 0,30% menggunakan Elektroda RD 260-2.0 Merk Nikko Steel dengan arus DC di peroleh hasil pengujian spesimen tersebut nilai rata-rata titik luluh **237,439 N/mm<sup>2</sup>**, tegangan maksimum ( $\sigma_{\max}$ ) **299,923 N/mm<sup>2</sup>**, dan titik putus **189,951 N/mm<sup>2</sup>**.
4. Tegangan tarik pengujian spesimen tanpa las nilai titik luluh **299,924 N/mm<sup>2</sup>**, tegangan maksimum ( $\sigma_{\max}$ ) **269,839 N/mm<sup>2</sup>**, dan titik putus **549,86 N/mm<sup>2</sup>**.
5. Tegangan tarik hasil Las DC menggunakan Elektroda RD 260-2.0 mm Merk Nikko Steel lebih besar bila dibandingkan dengan Las AC.

## B. SARAN

1. Sebaiknya dalam melakukan penelitian harus ada teman diskusi agar mendukung suksesnya penelitian.
2. Adanya penelitian selanjutnya tentang Uji Kekerasan, Uji Takik dan Uji Impac hasil pengelasan elektroda RD 260 – 2,0 mm Merk Nikko steel dengan arus AC dan DC.
3. Jika ingin melakukan penelitian tentang las sebaiknya lakukan terlebih dahulu penelitian terhadap benda yang akan dilas agar kita bisa mendapatkan data hasil penelitian yang valid.
4. Didalam melakukan penelitian uji tarik selanjutnya agar pembuatan spesimen, pengujian, langkah-langkahnya harus sesuai dengan prosedur yang tepat agar hasil penelitian sesuai dengan harapan.
5. Jika mengelas dengan elektroda RD 260 – 2,0 mm Merk Nikko steel sebaiknya menggunakan mesin las AC dan DC dengan arus 30 – 80 amper, karena jika kurang maka penembusan yang terjadi akan kecil dan jika lebih dari 80 Amper akan menyebabkan busur listrik yang terjadi tinggi sekali sehingga akan menyebabkan pencairan logam induk besar.
6. Jika ingin memperoleh hasil Las yang berkualitas maka sebaiknya melakukan pengelasan yang sesuai dengan prosedur.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adnyana, DN. (2001) *Metalurgi Las, Diktat pada Welding Inspector Coarse*, Program Pascasarjana-Program Studi Ilmu Material, Fakultas MIPA Universitas Indonesia.
- Dieter. G. (1996) *Mechanical Metallurgy, 3 edition*, Mac (raw hill. New York).
- Google. (2012). [Faktor-faktor penting dalam mengelas](http://mechanicalforever.blogspot.com.html). (Desember 2012) (<http://mechanicalforever.blogspot.com.html>), diakses 1 januari 2013.
- Google. (2009). [Info metrik. com](http://info.metrisk.com) diakses 6 januari 2013.
- Gusti Ngurah Nitya Santhiarsa dan Nyoman Budiarsa, (Desember 2008). Gambar Bentuk Kampuh Sambungan Las Alur-V Tunggal. (Online)
- Hari, Amanto, Dkk. (2003). *Bahan Pengetahuan*. Jakarta : Bumi Aksara.
- Harsono, Wiryosumatro, Dkk.(2008). *Teknologi pengelasan logam*. Jakarta : Pradnya Paramita.
- HE Davis, GE Troxell, GF.W Hauck. (1982). *The Testing of Engineering Materials*. USA: Mc Graw Hill Book Company, Inc.
- Maman Suratman, S.pd, (2007). Teknik mengelas. Cet 2. Ed. Bandung: Pustaka grafika.
- Messeler. (1999). *Prosedur Pengelasan* : Jakarta : Erlangga.
- Sindokou. (1987). *Proses Pengelasan* : Jakarta : Erlangga.
- Soemono. (1989). *Tegangan*. Bandung: ITB.
- Solih Rohyana. (1999). *Pengetahuan Pengolahan Bahan Bahan*. Bandung : Humainora Utama Prees
- Sriati, Djafrie. (1992). *Ilmu dan teknologi bahan*. Jakarta : Erlangga.
- Stolk, Jack, dkk. (1993). *Elemen mesin*. Jakarta : Erlangga.
- Suharno. (2008). *Prinsip-Prinsip Teknologi dan Metalurgi Pengelasan Logam*. Edisi 1. Ed. Jawa Tengah: Lembaga Pengembangan Pendidikan (LPP) UNS dan UPT penerbitan dan percetakan UNS (UNS press).
- Universitas Negeri Padang (2009). *Buku Panduan Penulisan Tugas Akhir/Skripsi Universitas Negeri Padang*. Padang: Universitas Negeri Padang.
- W. Keyon (1985). *Teknologi pengelasan logam*. Bandung: Pustaka grafika.