

**PENGARUH PERBEDAAN PENGGUNAAN JENIS ELEKTRODA
TERHADAP KEKUATAN TARIK SAMBUNGAN LAS
KAMPUH V BAJA KARBON RENDAH ST 37**

SKRIPSI

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



Oleh:

YOGI FERNANDO

16067030 / 2016

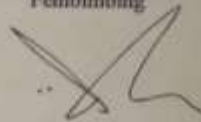
**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2020**

HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI
PENGARUH PERBEDAAN PENGGUNAAN JENIS ELEKTRODA
TERHADAP KEKUATAN TARIK SAMBUNGAN LAS
KAMPUH V BAJA KARBON RENDAH ST 37

Nama : Yogi Fernando
NIM/BP : 16067030/2016
Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin
Jurusan : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik

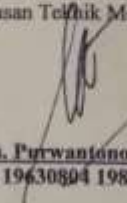
Padang, November 2020

Disetujui Oleh,
Pembimbing



Rodesri Mulyadi, ST, MT
NIP. 19661207 200604 1 001

Ketua Jurusan Teknik Mesin FT-UNP



Drs. Purwantono, M.Pd
NIP. 19630804 198603 1 002

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

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

Judul :

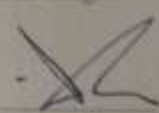
**Pengaruh Perbedaan Penggunaan Jenis Elektroda Terhadap Kekuatan
Tarik Sambungan Las Kampuh V Baja Karbon Rendah St 37**

Oleh:

Nama : Yogi Fernando
Nim/BP : 16067030/2016
Program : Pendidikan Teknik Mesin
Jurusan : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik

Padang, November 2020

Tim Penguji

Nama	Tanda Tangan
1. Ketua : Rodesri Mulyadi, ST, MT,	1. 
2. Anggota : Prof. Dr. Ambiyar, M.Pd.	2. 
3. Anggota : Drs. Jasman, M.Kes.	3. 

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini benar – benar karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang lazim.

Padang, November 2020
Yang menyatakan,



Yogi Fernando



Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Maka apabila kamu telah selesai (dari sesuatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain dan hanya kepada Tuhan-mu lah kamu berharap

(QS. AL-Insyirah:ayat 6-8)

“Barang siapa yang bertaqwa kepada Allah, Allah akan memberikan kepada orang itu jalan keluar (dari kesulitan). Dan memberikan rezeki kepadanya dari sumber/arrah yang tidak disangka-sangkanya”.

(QS. Ath Thalaq :2,3)

Puji dan syukur padamu ya Allah SWT berkat rahmatmu,

Tersusun sebuah karya kecil, namun bermakna besar bagiku Ya Allah..

Tiada tempat berlindung bagiku, selain dibawah naungan balas kasih-Mu.

Aku tahu tidak mudah bagiku menjalani hidup yang penuh tantangan dalam naungan

maghfirah-Mu. Karna itu aku datang dan memohon rahmat dan rahim-Mu. Bila engkau berkenan memberikan ujian padaku, berilah keteguhan hati dan kesabaran, bangunkanlah aku di tengah malam, gerakkanlah bibirku untuk menyebut kalimat-

kalimat yang membesarkan asma-Mu. Basahi sadjadahku dengan air mata kekhusyukkan

dikala aku merintih dihadapanmu dan jadikanlah saat-saat seperti ini saat yang

paling menentramkan dihatiku. Ya robbiku cintakan aku dan bisakanlah

iman itu pada jantungku. Bencikan aku pada kekufuran, kegelisahan

dan kemaksiatan. Harapanku semoga aku tidak

tersingkir dari pintu rahmat-Mu.

Yatuhanku.....terhadap keagungan-Mu engkau maha mengetahui kepada hamba-Mu

Yang terbelenggu oleh rantai besi dosa-dosa, engkau penolong hamba-Mu yang

Memohon pertolongan, tiada tempat untuk melepaskan dahaga

Selain lautan maaf dari-Mu dan tiada pintu yang kutuju

Selain rahmat-Mu.

Kupersembahkan Karya Kecil Ini Buat Keluargaku Tercinta

Ayahanda & Ibunda....

Telah kutemukan jalan menuju masa depanku

Betapa harapanku, kuingin menjadi kebanggaanmu

Kuingin merubah cucuran keringatmu menjadi butiran permata

Kebijakanmu menjadi cahaya penerang dalam gulita.

Dengan segala kerendahan hati, sepenuh kasih sayang dan ucapan terimakasihku,

Kupersembahkan karya kecil ini kepada kedua orang tua kutercinta dan tersayang

*Ayahanda tercinta “**WILSON**”, dan Ibunda tercinta “**JUSNIAR**”, do'a dan tetesan keringatmu*

Telah mengantarkan anakmu untuk melaksanakan amanahmu. Sembah sujud dan terimakasih

Atas kasih sayang, pengorbanan, perjuangan dan do'amu yang tulus untukku.

*Untuk Abang dan Kakak ku“ **Arif, Ilin, dn Rini**” yang selalu memberikan do'a kepadaku untuk menyelesaikan kuliah. Dan buat“ **Keluraga Besarku** “yang telah memberi dukungan terus, terimakasih banyak ya atas semua perhatian,*

bantuan, nasehat dan do'a selama ini.

Ya Allah, aku tahu, karya ini tidak sebanding dengan tetesan dan deraian air mata mereka.

Ku mohon kepada-Mu ya Allah, janganlah sia-sia air mata dan tetesan keringat mereka,

Semoga aku dapat membalas jasa-jasa mereka, Amiiinnn.

.

Buat Dosen Pembimbing, Penguji, Dosen Teknik Mesin FT-UNP dan Staf

*Untuk pembimbingku Bapak **Rodesri Mulyadi, ST, MT.** (Terimakasih banyak atas bimbingan dan bantuan dari bapak, terimakasih atas kesabarannya dan ilmu yang telah diberikan). Serta untuk Bapak **Prof. Dr. Ambiyar, M.Pd** dan Bapak **Jasman, M.Kes.** (terimakasih atas saran dan masukan demi kesempurnaan skripsi Yogi ya pak...) Tak lupa untuk Bapak/Ibu dosen FT UNP, terutama Bapak/ Ibu dosen Jurusan Teknik Mesin, terimakasih atas ilmu yang telah diberikan. Insya Allah akan dipergunakan di jalan yang baik dan benar untuk agama, nusa dan bangsa.*



**Tidak ada orang yang bisa membeli kebahagiaan, maka
Ciptakanlah kebahagiaan itu sendiri**



Thanks to:

Hore – hore Squad

Terima kasih atas segala kebersamaan yang telah kita lewati bersama baik suka maupun duka.

Saya sangat senang dan bangga bisa mengenal kawan-kawan seperti kalian semua layaknya sebagai keluarga baru di kehidupan saya.

Semoga kebersamaan ini akan tetap terjalin walaupun pada akhirnya nanti kita terpisahkna oleh jarak dan akan sibuk dengan kehidupan masing-masing.

Untuk Keluarga Besar KSR PMI Unit UNP

Terimakasih kasih banyak telah memeberi saya banyak pelajaran berorganisasi, banyak pengalaman berkegiatan, banyak cerita suka maupun duka, dan mengajarkan kekeluargaan yang luar biasa

Terimakasih untuk semua orang-orang yang telah menemani perjalanan saya untuk berproses dalam organisasi ini

Semoga tetap jaya dan selalu menebar kebaikan untuk sesame

“Siamo Tutti Fratelli”

Keluarga Besar HMJTM FT-UNP

Terimakasih atas segala ilmu dan pembelajaran yang telah diberi

Terimakasih telah membuat saya mengenal banyak relasi mesin se-Indonesia

Semoga tetap selalu jaya himpunanku

Buat Sahabat Teknik Mesin

Terima kasih atas kebersamaannya kawan-kawan

Tetap solid selamanya

BANGGA JADI ANAK TEKNIK MESIN

“SOLIDARITY FOREVER”

ABSTRAK

Yogi Fernando : Pengaruh Perbedaan Penggunaan Jenis Elektroda Terhadap Kekuatan Tarik Sambungan Las Kampuh V Baja Karbon Rendah ST 37

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui Pengaruh Perbedaan Penggunaan Jenis Elektroda Terhadap Kekuatan Tarik Sambungan Las Kampuh V Baja Karbon Rendah ST 37. Banyaknya terjadi penurunan kualitas dalam konstruksi pengelasan disebabkan ketidak sesuaian pemakaian jenis elektroda terhadap material yang digunakan.

Penelitian ini tergolong jenis penelitian eksperimen yaitu suatu penelitian untuk mencari pengaruh perbedaan penggunaan jenis elektroda. Jenis elektroda yang digunakan yaitu elektroda tipe E 7016 dan E 6013 dan material sampel yang digunakan adalah baja karbon rendah ST 37. Kampuh sambungan pengelasan menggunakan kampuh V tunggal dan pengeasan menggunakan proses *shielded metal arc welding*. Pengujian hasil pengelasan dilakukan dengan pengujian kekuatan tarik menggunakan standar ASTM E-8.

Hasil analisis data penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa kekuatan tarik hasil pengelasan dengan menggunakan elektroda E 7016 senilai 459,12 N/m² lebih besar dibandingkan pengelasan dengan menggunakan elektroda E 6013 senilai 428,76 N/m². Hal tersebut menunjukkan bahwa perbedaan penggunaan jenis elektroda berpengaruh terhadap kekuatan tarik sambungan las kampuh V baja karbon rendah ST 37. .

KATA PENGANTAR



Puji syukur kepada Allah *Subhanahu Wata'ala* yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul “ **Pengaruh Perbedaan Penggunaan Jenis Elektroda Terhadap Kekuatan Tarik Sambungan Las Kampuh V Baja Karbon Rendah ST 37** ”

Shalawat beserta salam selalu tucurahkan kepada Nabi Muhammad *Shalallahu 'Alaihi Wasallam* yang telah membawa risalah kebenaran tauhid kepada umat manusia dengan ilmu pengetahuan yang canggih dan modern seperti yang kita rasakan disaat sekarang ini.

Selama penulisan skripsi ini penulis banyak memperoleh bimbingan, saran, motivasi dan bantuan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Rodesri Mulyadi, ST, MT. selaku pembimbing yang telah banyak meluangkan waktunya untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan skripsi ini.
2. Bapak Prof. Dr. Ambiyar, M.Pd., selaku penasihat akademik dan sekaligus dosen penguji yang telah banyak membantu mengarahkan penulis dalam penyusunan skripsi ini.
3. Bapak Drs. Jasman, M.Kes., selaku dosen penguji yang telah banyak membantu mengarahkan penulis dalam penyusunan skripsi ini.

4. Secara khusus penulis menyampaikan terimakasih kepada keluarga yang selalu memberikan limpahan kasih sayang, doa, motivasi, dan pengorbanan yang tak ternilai selama proses pendidikan sampai selesainya skripsi ini.

Dengan segala kerendahan hati melalui adanya penulisan proposal penelitian ini, semoga semua bantuan, dorongan, dan bimbingan yang telah diberikan kepada penulis mendapat pahala disisi Allah *Subhanahu Wata'ala*.

Penulis menyadari bahwa penulisan proposal ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan di masa yang akan datang. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih.

Padang, November 2020

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN PROPOSAL SKRIPSI.....	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI.....	Error! Bookmark not defined.
SURAT PERNYATAAN	iii
ABSTRAK	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Identifikasi Masalah	4
C. Pembatasan Masalah	5
D. Perumusan Masalah	5
E. Tujuan Penelitian	5
F. Manfaat Penelitian	6
BAB II KAJIAN TEORI	7
A. Pengelasan.....	7
1. Las SMAW (<i>Shield Metal Arc Welding</i>).....	8
2. Elektroda Las.....	10
3. Arus Pengelasan	13
4. Kecepatan Pengelasan	13
5. Prosedur dan Teknik Pengelasan.....	14
B. Kemungkinan Terjadi Lokasi Titik Putus Sambungan Las	15
1. Logam Las (<i>Weld Metal</i>).....	16
2. Garis Gabungan/Batas Las) (<i>Fusion Line</i>)	17
3. Daerah HAZ (<i>Heat Affecting Zone</i>).....	17
C. Struktur Mikro Daerah Pengaruh Panas.....	18
D. Siklus Termal Las	19
E. Baja Karbon	20

F. Pengujian Material.....	26
G. Penelitian yang Relevan.....	30
BAB III METODE PENELITIAN	31
A. Jenis Penelitian.....	31
G. Prosedur Penelitian.....	35
1. Persiapan Penelitian.....	35
2. Proses Pengelasan.....	36
3. Proses Pemotongan Spesimen	36
4. Pengujian Spesimen.....	37
5. Menghitung dan Menganalisis Data Pengujian Tarik, Pembuatan Tabel, Diagram dan Grafik.....	38
H. Teknik Analisis Data.....	38
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	40
A. Objek Penelitian	40
B. Data Hasil Penelitian.....	40
C. Grafik Hasil Penelitian.....	41
1. Spesimen Control	41
2. Spesimen Las SMAW E 7016.....	42
3. Spesimen Las SMAW E 6013.....	42
4. Perbandingan Las SMAW E 7016 dan Las SMAW E 6013	43
D. Pembahasan.....	44
1. Lokasi Putus	44
2. Interpretasi Data.....	45
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	47
A. KESIMPULAN	47
B. SARAN	47
DAFTAR PUSTAKA.....	47
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 1. Spesifikasi Elektroda Terbungkus Dari Baja Lunak.....	11
Tabel 2. Diameter Elektroda dengan Arus Pengelasan	12
Tabel 3. Klasifikasi baja karbon.....	23
Tabel 4. Komposisi Baja ST 37	25
Tabel 5. Hasil Pengujian Tarik.....	33
Tabel 6. Ukuran Spesimen Uji Tarik Menurut Standar ASTM E8.....	37
Tabel 7. Data Proses Pengelasan.....	40
Tabel 8. Tabulasi Hasil Pengujian Tarik Las SMAW.....	41
Tabel 9. Lokasi Putus Spesimen Setelah Diuji Tarik.....	45

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 1. Las Busur Elektroda Terbungkus (SMAW).....	8
Gambar 2. Setting untuk pengelasan.....	15
Gambar 3. Daerah HAZ las.....	15
Gambar 4. Temperatur Pada Daerah Las	16
Gambar 5. Diagram fasa pada hasil pengelasan.....	18
Gambar 6. Diagram Continuous Cooling Transformation/CCT	19
Gambar 7. Siklus Termal Las pada Beberapa Jarak dari Batas Las.....	19
Gambar 8. Perkiraan Waktu Pendinginan Pada Beberapa Cara Las Busur	20
Gambar 9. Struktur Mikro Baja Karbon rendah	24
Gambar 10. Struktur Mikro Baja Karbon Sedang.....	25
Gambar 11. Struktur Mikro Baja Karbon Tinggi.....	26
Gambar 12. Kurva tegangan-regangan	28
Gambar 13. Prosedur Penelitian.....	35
Gambar 14. Spesimen yang di las	35
Gambar 15. Daerah logam las	36
Gambar 16. Spesimen uji tarik standar ASTM E8.....	36
Gambar 17. Mesin uji tarik	37
Gambar 18. Grafik Tegangan dan Regangan dan ME Raw Material	41
Gambar 19. Grafik Tegangan, Regangan dan Modulus Elastisitas Las SMAW E 7016.....	42
Gambar 20. Grafik Tegangan, Regangan, dan Modulus Elastisitas Las SMAW E 6013.....	43
Gambar 21. Grafik Perbandingan Tegangan, Regangan dan ME Las SMAW E 7016 dan E 6013	44

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Perkembangan 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 pengelasannya agar diperoleh sambungan dengan kualitas yang baik. Pengelasan (*welding*) adalah teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa logam penambah dan menghasilkan logam kontinyu (Siswanto, 2011). Lingkup penggunaan teknik pengelasan dalam konstruksi sangat luas meliputi jembatan, rangka baja, perkapalan, bejana tekan, sarana transportasi, pipa saluran, rel, dan lain sebagainya.

Faktor yang mempengaruhi hasil pengelasan adalah prosedur pengelasan yaitu suatu perencanaan pengelasan yang meliputi cara pembuatan konstruksi las yang sesuai rencana dan spesifikasi dengan menentukan semua hal yang diperlukan dalam pelaksanaan pengelasan tersebut. Faktor produksi pengelasan adalah jadwal pembuatan, alat, dan bahan yang diperlukan, urutan pelaksanaan, persiapan pengelasan

(meliputi: pemilihan mesin las, penunjukan juru las, pemilihan elektroda, penggunaan jenis kampuh) (Siswosuwarno & Wiryosumarto, 1985).

Pengelasan berdasarkan klasifikasi cara kerjanya dapat dibagi dalam tiga kelompok yaitu pengelasan tekan, pengelasan cair, dan pematrian. Pengelasan cair adalah suatu cara pengelasan dimana benda yang akan disambung dipanaskan sampai mencair dengan sumber energi panas. Cara pengelasan yang paling banyak digunakan adalah pengelasan cair dengan busur (las busur listrik). Jenis dari las busur listrik ada empat yaitu las busur dengan elektroda terbungkus, las busur gas, las busur tanpa gas, dan las busur rendam. Jenis dari las busur elektroda terbungkus salah satunya adalah las SMAW (*Shield Metal Arc Welding*) (Wiryosumarto, 1998).

Menurut arusnya mesin las SMAW dibedakan menjadi tiga macam yaitu mesin las arus searah atau *Direct Current* (DC), mesin las arus bolak-balik atau *Alternating Current* (AC) dan mesin las arus ganda yang merupakan mesin las yang dapat digunakan untuk pengelasan dengan arus searah (DC) dan pengelasan dengan arus bolak-balik (AC). Mesin las arus DC dapat digunakan dengan cara yaitu polaritas lurus dan polaritas terbalik. Mesin las arus DC polaritas lurus (DC-) digunakan bila titik cair bahan induk tinggi dan kapasitas besar, untuk pemegang elektrodanya dihubungkan dengan kutub negative dan logam induk dihubungkan dengan kutub positif, sedangkan untuk mesin las DC polaritas terbalik (DC+) digunakan bila titik cair bahan induk rendah dan kapasitas kecil,

untuk pemegang elektrodanya dihubungkan dengan kutub positif dan logam induk dihubungkan dengan kutub negatif. Tidak semua logam memiliki sifat mampu las yang baik. Bahan yang mempunyai sifat mampu las yang baik diantaranya adalah baja karbon rendah. Baja ini dapat dilas dengan las busur elektroda terbungkus, las busur redam dan las MIG (las logam gas mulia). Baja karbon rendah biasa digunakan untuk pelat-pelat tipis dan konstruksi umum (Siswosuwarno & Wiryosumarto, 1985).

Berdasarkan pengamatan yang telah dilakukan penurunan kualitas las pada umumnya disebabkan oleh penggunaan elektroda yang kurang tepat. Adapun pemilihan jenis elektroda adalah merupakan salah satu hal yang sangat menentukan bagi kualitas las disamping faktor-faktor lainnya seperti misalnya temperatur pengelasan, posisi pengelasan dan sebagainya. Prosedur pengelasan sebenarnya telah ditetapkan dalam berbagai standard, tetapi standard tersebut belum merupakan jaminan kualitas untuk mendapatkan hasil las sebagi yang telah diharapkan. Karena kekuatan setiap sambungan las berbeda beda tergantung dalam kesesuaian penggunaan jenis kawat las degan baja yang digunakan.

Pemilihan jenis elektroda dalam pengelasan akan mempengaruhi hasil pengelasan. Penggunaan elektroda yang berbeda dalam pengelasan akan menghasilkan komposisi kimia *weld metal* yang berbeda, serta struktur *weld metal* dan HAZ (*Heated Affected Zone*) yang berbeda, sehingga kekuatan pada *weld metal* dari hasil pengelasan dengan menggunakan elektroda tersebut berbeda pula. Dengan membandingkan

hasil pengelasan dengan jenis elektroda yang digunakan dapat menghasilkan keefektifan dari pemakaian elektroda yang tepat untuk material tertentu dalam pengelasan.

Penggunaan jenis elektroda yang sesuai dapat mempengaruhi kekuatan sambungan pengelasan , karena masing-masing elektroda tersebut mempunyai sifat mekanik yang berbeda. Selain itu pengelasan SMAW juga dipengaruhi oleh komposisi kimia yang terdapat pada elektroda yang menghasilkan gas pelindung untuk melindungi cairan logam dari udara luar. Komposisi kimia dapat mempengaruhi kekuatan dan ketangguhan pengelasan (Muhazir, 2019).

Setiap proses pengelasan pasti berhubungan dengan elektroda, oleh karena itu pemilihan jenis elektroda sangat penting sebelum melakukan proses pengelasan. Berdasarkan permasalahan tersebut peneliti melakukan penelitian dengan judul ***“Pengaruh Perbedaan Penggunaan Jenis Elektroda terhadap Kekuatan Tarik Sambungan Las Kampuh V Baja Karbon Rendah ST 37”***

B. Identifikasi Masalah

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

1. Perbedaan pemakaian jenis elektroda akan mempengaruhi hasil dan kualitas dari pengelasan.
2. Belum diketahuinya kekuatan tarik dari perbedaan penggunaan elektroda dalam pengelasan.

3. Belum diketahuinya elektroda jenis apa yang cocok untuk pengelasan terhadap baja karbon rendah ST 37.

C. Pembatasan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah, maka agar pembahasan di dalam penelitian ini lebih terfokus, maka penulis membatasi masalah yang akan diteliti yaitu: *“Pengaruh Perbedaan Penggunaan Jenis Elektroda terhadap Kekuatan Tarik Sambungan Las Kampuh V Baja Karbon Rendah ST 37”*

D. Perumusan Masalah

Berdasarkan batasan masalah dapat dibuat rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh perbedaan penggunaan jenis elektroda terhadap kekuatan tarik baja tahan karbon rendah ST 37 ?
2. Pada proses pengelasan manakah yang diperoleh kekuatan tarik yang lebih rendah dan yang paling tinggi ?
3. Elektroda manakah yang cocok digunakan untuk pengelasan baja karbon rendah ST 37?

E. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui pengaruh dari perbedaan penggunaan jenis elektroda terhadap kekuatan tarik baja karbon rendah ST 37.
2. Untuk mengetahui pada pengelasan manakah yang diperoleh kekuatan tarik yang paling rendah dan yang paling tinggi.
3. Untuk mengetahui elektroda manakah yang paling cocok digunakan untuk pengelasan baja karbon rendah ST 37.

F. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini dapat penulis kemukakan sebagai berikut :

1. Bagi mahasiswa, sebagai bahan referensi untuk mengembangkan penelitian yang berkaitan dengan kajian pembahasan mengenai pengaruh jenis elektroda terhadap hasil pengelasan di lingkungan akademik khususnya di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
2. Bagi para peneliti
 - a. Memberikan sumbangan yang positif bagi pengembangan ilmu pengetahuan khususnya ilmu logam..
 - b. Sebagai bahan masukan yang ingin meneliti lebih mendalam tentang pengaruh jenis elektroda terhadap hasil pengelasan baja karbon rendah ST 37.

BAB II

KAJIAN TEORI

A. Pengelasan

Definisi pengelasan menurut DIN (*Deutsche Industrie Norman*) adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Dengan kata lain, las merupakan sambungan setempat dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas.

Pengelasan (*welding*) adalah suatu cara untuk menyambung benda padat dengan jalan mencairkan melalui pemanasan (Widharto, 2001:1). Secara sederhana dapat diartikan bahwa pengelasan merupakan proses penyambungan dua buah logam baik menggunakan bahan tambah maupun tidak, serta menggunakan energi panas sebagai pencair bahan yang dilas dan kawat las sebagai logam pengisi. Sebagai contoh dua batang lilin disambung dengan terlebih dahulu mencairkan permukaan-permukaan yang akan disambung dengan mempergunakan sumber panas (api atau obor), peristiwa ini disebut pengelasan. Jadi untuk benda padat yang tidak dapat mencair oleh panas seperti mika, asbes, kayu, kaca, dan lain-lain tidak akan dapat dilas. Penyambungan hanya dapat dilaksanakan dengan rekatan, baut, ulir, dan cara-cara lain selain pengelasan.

Pengelasan dapat diartikan dengan proses penyambungan dua buah logam sampai titik rekristalisasi logam, dengan atau tanpa menggunakan bahan tambah dan menggunakan energi panas sebagai pencair bahan yang dilas. Pengelasan juga dapat diartikan sebagai ikatan tetap dari benda atau logam yang dipanaskan.

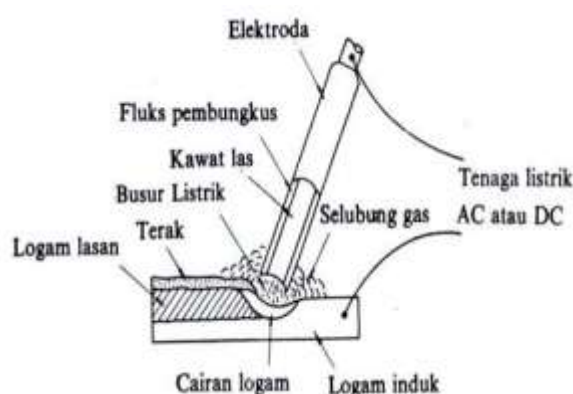
Mengelas bukan hanya memanaskan dua bagian benda sampai mencair dan membiarkan membeku kembali, tetapi membuat lasan yang utuh dengan cara memberikan bahan tambah atau elektroda pada waktu dipanaskan sehingga mempunyai kekuatan seperti yang dikehendaki.

Kekuatan sambungan las dipengaruhi beberapa faktor antara lain: prosedur pengelasan, bahan, elektroda dan jenis kampuh yang digunakan.

1. Las SMAW (Shield Metal Arc Welding)

Proses las SMAW (*Shield Metal Arc Welding*) disebut juga proses MMAW (*Manual Metal Arc Welding*). Logam induk mengalami pencairan akibat pemanasan dari busur listrik yang timbul antara ujung elektroda dan permukaan benda kerja. Busur listrik dibangkitkan dari mesin las. Elektroda yang dipakai berupa kawat yang dibungkus oleh pelindung berupa fluks dan disebut kawat las. Las busur listrik dengan metode elektroda terbungkus adalah cara pengelasan yang banyak digunakan masa kini, cara pengelasan ini menggunakan elektroda yang dibungkus dengan fluks.

Las busur listrik terbentuk antara logam induk dan ujung elektroda, karena panas dari busur, logam induk dan ujung elektroda mencair dan membeku bersama.



Gambar 1. Las Busur Elektroda Terbungkus (SMAW)
(Sumber. Harsono Wiryosumarto dan Toshie Okumura, 2008:9)

Pada gambar 1 diatas menjelaskan tentang proses pengelasan busur dengan elektroda terbungkus, elektroda yang digunakan untuk pengelasan sedikit demi sedikit akan habis karena logam pada elektroda dipindahkan ke bahan dasar selama proses pengelasan. ketelitian yang tinggi diperlukan pada waktu pengelasan, tinggi rendahnya elektroda tetap harus dijaga. Elektroda atau kawat las menjadi bahan pengisi dan lapisannya sebagian berubah menjadi gas pelindung, sebagian menjadi terak, dan sebagian lagi diserap oleh logam las. Bahan pelapis elektroda adalah campuran seperti lempung yang terdiri dari pengikat silikat dan bahan bubuk, seperti senyawa flour, karbonat, oksida, paduan logam, dan selulosa. Pemindahan logam dari elektroda ke bahan yang dilas terjadi karena penarikan molekul dan penarikan permukaan tanpa pemberian tekanan. Perlindungan busur nyala mencegah kontaminasi atmosfer pada cairan logam dalam arus busur dan kolam busur, sehingga tidak terjadi penarikan nitrogen dan oksigen serta pembentukan nitrit dan oksida yang dapat mengakibatkan kegetasan.

Menurut Harsono Wiryosumarto dan Toshie Okumura “Pada pengelasan SMAW (*Shield Metal Arc Welding*) fluks memegang peranan penting karena *fluks* dapat bertindak sebagai pemantap busur dan penyebab kelancaran pemindahan butir-butir cairan logam, sumber terak atau gas yang dapat melindungi logam cair terhadap udara disekitarnya dan sumber unsur-unsur paduan”

2. Elektroda Las

Kawat las atau yang sering disebut dengan elektroda adalah suatu material yang digunakan untuk melakukan pengelasan listrik yang berfungsi sebagai pembakar yang akan menimbulkan busur nyala. Sebagai salah satu bagian penting dalam proses pengelasan, maka pengguna harus memahami kegunaan dari masing-masing elektroda.

a. Elektroda Las SMAW (*Shield Metal Arc Welding*)

Elektroda las SMAW (*Shield Metal Arc Welding*) terdiri dari dua bagian yaitu bagian yang bersalut (*fluks*) dan bagian yang tidak bersalut, bagian ini merupakan ujung pangkal untuk menjepitkan tang las. Pada dasarnya bila ditinjau dari logam yang dilas, kawat elektroda dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis yaitu elektroda untuk baja lunak, baja karbon tinggi, baja paduan, besi tuang, dan logam non ferro.

Flux biasanya terdiri dari bahan-bahan tertentu dengan perbandingan yang tertentu pula. Bahan-bahan yang digunakan dapat digolongkan dalam bahan pemantapan busur, pembuat terak, penghasil gas, deoksidator, unsur paduan dan bahan pengikat. Bahan-bahan tersebut antara lain oksida-oksida logam, karbonat, silikat, *fluoride*, zat organik, baja paduan dan serbuk besi.

Tabel 1. Spesifikasi Elektroda Terbungkus Dari Baja Lunak

Klasifikasi AWS-ASTM	Jenis fluks	Posisi pengelasan	Jenis listrik	Sifat Mekanik Dari logam las			
				Kekuatan tarik (kg/mm ²)	Kekuatan luluh (Kg/mm ²)	Perpanjangan (%)	Kekuatan tumbuk (kg-m)
E6010	Natrium selulosa tinggi	F, V, OH, H	DC Polaritas balik	43,6	35,2	22	2,8 kg-m pada 28,9°C
E6011	Kalium selulosa tinggi	F, V, OH, H	AC atau DC Polaritas balik	43,6	35,2	22	2,8 kg-m pada 28,9°C
E6012	Natrium Titania tinggi	F, V, OH, H	AC atau DC Polaritas lurus	47,1	38,7	17	2,8 kg-m pada 17,8°C
E6013	Kalium Titania tinggi	F, V, OH, H	AC atau DC Polaritas ganda	47,1	38,7	17	2,8 kg-m pada 17,8°C
E6020	Oksida besi tinggi	H-S, F	AC atau DC Polaritas lurus ganda	43,6	35,2	25	—
E6027	Serbuk besi, oksida besi	H-S, F	AC atau DC Polaritas lurus ganda	43,6	35,2	25	2,8 kg-m pada 28,9°C
Kekuatan tarik terendah kelompok E 60 setelah dilaskan adalah 60.000 psi atau 42,2 kg/mm ²							
E7014	Serbuk besi, titania	F, V, OH, H		50,6	42,2	17	Tidak disyaratkan
E7015	Natrium hidrogen rendah	F, V, OH, H		50,6	42,2	22	2,8 kg-m pada 28,9°C
E7016	Kalium hidrogen rendah	F, V, OH, H		50,6	42,2	22	2,8 kg-m pada 17,8°C
E7018	Serbuk besi, hidrogen rendah	F, V, OH, H		50,6	42,2	22	2,8 kg-m pada 17,8°C
E7024	Serbuk besi, titania	H-S, F		50,6	42,2	17	Tidak disyaratkan
E7028	Serbuk besi, hidrogen rendah	H-S, F		50,6	42,2	22	2,8 kg-m pada 28,9°C
Kekuatan tarik terendah kelompok E 70 setelah dilaskan adalah 70.000 psi atau 49,2 kg/mm ²							

(Sumber. Harsono Wiryosumarto dan Toshie Okumura, 2008:14)

Berdasarkan jenis elektroda dan diameter kawat inti elektroda dapat ditentukan arus dalam ampere dari mesin las seperti pada tabel 2 dibawah ini:

**Tabel 2. Diameter Elektroda dengan Arus Pengelasan
(Wiryosumarto, H., 2000)**

Diameter Elektroda (mm)	Arus (Ampere)
2,5	60-90
2,6	60-90
3,2	80-130
4,0	150-190
5,0	180-250

b. Klasifikasi Elektroda

Menurut standar AWS/ASTM (*American Welding society/ American Society For Testing material*). semua jenis elektroda ditandai dengan huruf E disertai 4 atau 5 angka. Contoh penulisan jenis elektroda: E X X X X. Cara pembacaan sebagai berikut:

- 1) E menyatakan elektroda.
- 2) Dua angka pertama (E XX) menyatakan kekuatan tarik.
- 3) Angka ketiga (E **X) menyatakan posisi pengelasan yang dapat di pakai.
- 4) Angka keempat (E ***X) menunjukkan jenis selaput.

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/in² atau 42 kg/mm².
- 1 = Dapat di pakai untuk segala posisi.
- 3 = Jenis selaput: Rutil postasium.

3. Arus Pengelasan

Besarnya arus pengelasan yang diperlukan tergantung pada diameter elektroda, tebal bahan yang dilas, jenis elektroda yang digunakan, geometri sambungan, diameter inti elektroda, posisi pengelasan. Daerah las mempunyai kapasitas panas tinggi maka diperlukan arus yang tinggi.

Arus las merupakan parameter las yang langsung mempengaruhi penembusan dan kecepatan pencairan logam induk. Makin tinggi arus las makin besar penembusan dan kecepatannya. Besar arus pada pengelasan mempengaruhi hasil las bila arus terlalu rendah maka perpindahan cairan dari ujung elektroda yang digunakan sangat sulit dan busur listrik yang terjadi tidak stabil. Panas yang terjadi tidak cukup untuk melelehkan logam dasar, sehingga menghasilkan bentuk rigi-rigi las yang kecil dan tidak rata serta penembusan kurang dalam. Jika arus terlalu besar, maka akan menghasilkan manik melebar, butiran percikan kecil, penetrasi dalam serta penguatan matrik las tinggi.

4. Kecepatan Pengelasan

Kecepatan pengelasan tergantung pada jenis elektroda, diameter inti elektroda, bahan yang dilas, geometri sambungan, ketelitian sambungan dan lain-lainnya. Dalam hal hubungannya dengan tegangan dan arus las, dapat

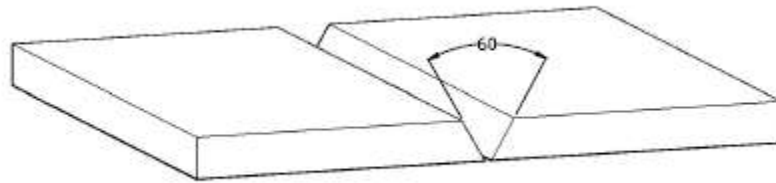
dikatakan bahwa kecepatan las hampir tidak ada hubungannya dengan tegangan las tetapi berbanding lurus dengan arus las. Karena itu pengelasan yang cepat memerlukan arus las yang tinggi.

Bila tegangan dan arus las dibuat tetap, sedangkan kecepatan pengelasan dinaikkan maka jumlah deposit per satuan panjang las menjadi menurun. Apabila sampai pada suatu kecepatan tertentu, kenaikan kecepatan akan memperbesar penembusan. Bila kecepatan pengelasan dinaikkan terus maka masukan panas persatuan panjang juga akan menjadi kecil, sehingga pendinginan juga akan menjadi kecil, sehingga pendinginan akan berjalan cepat yang mungkin dapat memperkeras daerah HAZ.

5. Prosedur dan Teknik Pengelasan

Langkah pertama dalam melakukan pengelasan yaitu potong pelat baja sesuai dengan ukuran yang diperlukan, disisi yang akan dilas diberi kampuh dengan sisi miring 30^0 atau dengan sudut kampuh 60^0 . Nyalakan mesin las, arus las diatur sesuai dengan ketebalan bahan dan diameter elektroda yang akan dilas selanjutnya plat-plat yang akan di las tersebut disejajarkan dan diletakkan pada meja las, kemudian di las titik pada ujung pelat tersebut agar menempel. Setelah persiapan tadi selesai pengelasan bisa dimulai dari akar (*root*), satu jalur dari titik las pertama sampai titik las kedua dari kampuh V yang dibentuk dari kedua plat. Butir las pertama dan mulai pengelasan kedua (*pilar*) dilakukan dengan gerakan perlahan, kemudian ayunkan busur las diatas kampuh untuk memberikan manik las dengan permukaan yang melengkung. Mulai pengelasan terakhir (*capping*) dengan gerakan perlahan lebih lebar, jangan biarkan las menjadi terlalu

lebar. Pada pengelasan terakhir permukaan las boleh sedikit lebih tinggi dari pada jarak puncak kampuh V.



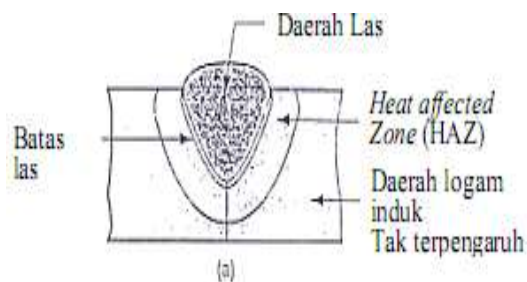
Gambar 2. Setting untuk pengelasan

(Suratman, M, 2001)

B. 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.

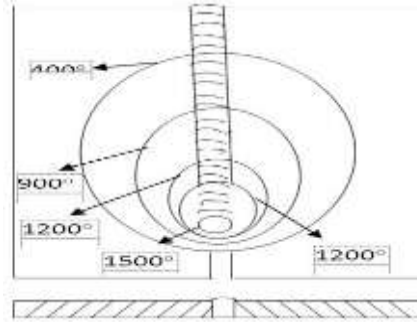


Gambar 3. Daerah HAZ las

(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 4. Temperatur Pada Daerah Las

(Smith, D, 1984)

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

1. Logam Las (Weld Metal)

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. Garis Gabungan/Batas Las) (*Fusion Line*)

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°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

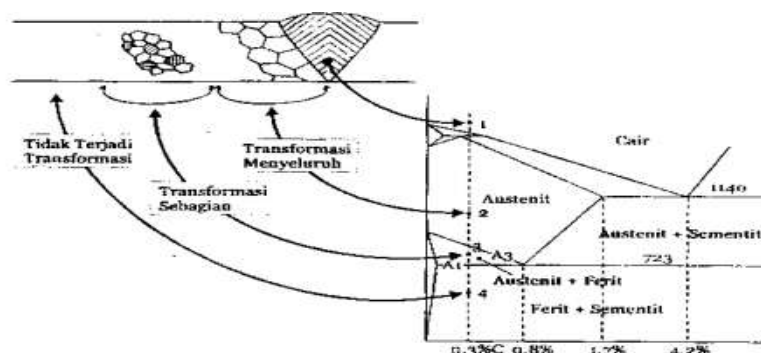
dengan adanya temperatur gradient. Secara umum ini terjadi proses perlakuan panas dengan segala macam aspek yang mempengaruhinya seperti tinggi dan lamanya temperatur pemanasan, laju pendinginan, termasuk ada atau tidaknya pre heat dan post heat dan jenis fasa yang akan dihasilkan. Suhu pada daerah HAZ tingginya 3400°C .

4. Logam Induk (*Parent Metal*)

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°C .

C. 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.

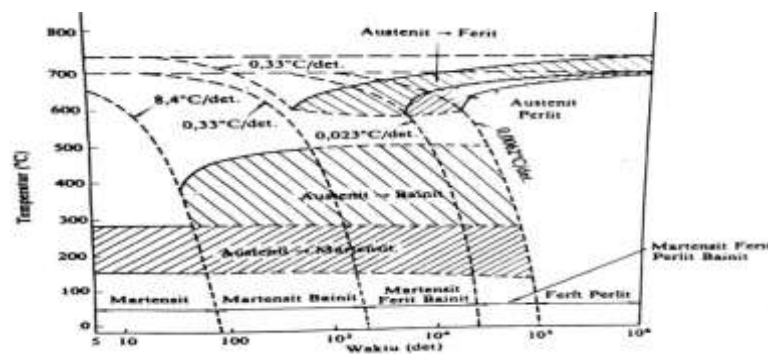


Gambar 5. Diagram fasa pada hasil pengelasan

(Sumber. Sonawan, 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.

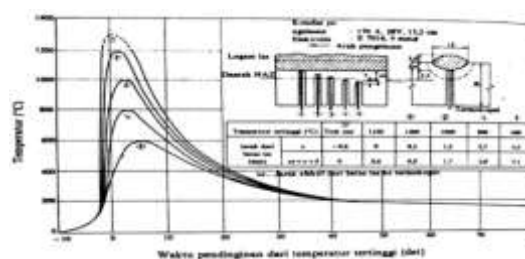


Gambar 6. Diagram Continuous Cooling Transformation/CCT

(Wirjosumarto, 2000)

D. 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.



Gambar 7. Siklus Termal Las pada Beberapa Jarak dari Batas Las

(Sumber. Harsono Wirjosumarto dan Toshie Okumura, 2008:59)

Lamanya pendinginan dalam suatu daerah temperatur tertentu dari suatu siklus termal sangat mempengaruhi kualitas sambungan. Karena itu banyak

sekali usaha-usaha pendekatan untuk menentukan lamanya waktu pendinginan tersebut.

Struktur mikro dan sifat mekanik dari daerah HAZ sebagian besar bergantung pada lamanya pendinginan dari temperatur 800⁰ C sampai 500⁰ C. sedangkan retak dingin, dimana hydrogen memegang peranan penting, terjadinya sangat tergantung oleh lamanya pendinginan dari temperatur 800⁰ C sampai 300⁰ C atau 100⁰ C.

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	n	T	K	t_0	n	T
Las busur terbungkus	1,5	1,35	14,6	6	600	2	14,6	4,5	400
Las busur gas CO ₂	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	$f(t < 32) 2,5 - 0,05t$ $f(t \geq 32) 0,95$	$9,5/10^{3-0,25t}$ 950	12	3	600	$7,3/10^{3-0,25t}$ 730	20	7	400

$J = \text{Masukan panas} = \frac{60EI}{V} \text{ (Joule/cm)}$
 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)

Gambar 8. Perkiraan Waktu Pendinginan Pada Beberapa Cara Las Busur

(Sumber : Harsono Wiryosumarto dan Toshie Okumura, 2008:60)

E. Baja Karbon

Bahan logam merupakan salah satu bahan yang banyak digunakan dalam dunia industri maupun kontruksi pada saat sekarang ini, bahan logam merupakan bahan yang pada umumnya terdapat didalam bumi (tambang) dalam bentuk biji-biji berupa batuan atau mineral. Bahan logam yang banyak kita jumpai pada dunia industri maupun dilapangan adalah logam ferro atau

logam besi. Menurut Hari Amanto dan Daryanto (2003: 2) “Logam *ferro* adalah logam paduan yang terdiri dari campuran unsur karbon dengan besi”

Besi merupakan logam yang penting dalam bidang teknik, akan tetapi besi murni terlalu lunak sebagai bahan kerja, konstruksi, permesinan atau pesawat. Oleh karena itu besi selalu bercampur dengan unsur lain, terutama unsur karbon. Menurut Harsono Wiryosumarto dan Toshie Okumura (2004: 89) “Baja karbon adalah paduan antara besi dan karbon dengan sedikit Si, Mn, P, S dan Cu”.

Logam *ferro* juga disebut besi karbon atau baja karbon. Bahan dasarnya adalah unsur besi (Fe) dan karbon (C), tetapi sebenarnya juga mengandung unsur lain seperti : silisium, mangan, fosfor, belerang dan sebagainya yang kadarnya relatif rendah. Unsur- unsur dalam campuran itulah yang mempengaruhi sifat-sifat besi atau baja pada umumnya. Menurut Hari Amanto dan Daryanto (2003:23) unsur-unsur tersebut yaitu :

1. Unsur Fosfor (P)

Unsur fosfor membentuk larutan besi fosfida. Fosfor dianggap sebagai unsur yang tidak murni dan jumlah kehadirannya di dalam baja dikontrol dengan tepat sehingga persentase maksimum unsur fosfor didalam baja sekitar 0,05 %.

2. Unsur sulfur (S)

Unsur sulfur membahayakan larutan besi sulfida (besi belerang) yang mempunyai titik cair rendah dan rapuh. Besi sulfida terkumpul pada batas butir-butirnya yang membuat baja hanya didinginkan secara singkat

(tidak sesuai dalam pengerjaan dingin), karena kerapuhannya. Hal itu juga membuat baja dipanaskan secara singkat (tidak sesuai untuk pengerjaan panas), karena menjadi cair pada temperatur pengerjaan panas dan juga menyebabkan baja menjadi retak-retak. Kandungan sulfur harus dijaga serendah mungkin dibawah 0,05%.

3. Unsur silikon (Si)

Silikon membuat baja tidak stabil, tetapi unsur ini tetap menghasilkan lapisan grafit (pemecah sementit yang menghasilkan grafit) dan menyebabkan baja menjadi tidak kuat. Baja mengandung silikon sekitar 0,1 - 0,3%.

4. Unsur Mangan (Mn)

Unsur mangan yang bercampur dengan sulfur akan membentuk mangan sulfida dan diikuti dengan pembentukan besi sulfida, mangan sulfida tidak membahayakan baja dan mengimbangi sifat jelek dari sulfur, kandungan mangan harus dikontrol dan mengandung mangan lebih dari 1%.

Unsur tersebut mempengaruhi sifat-sifat dari logam tersebut seperti: sifat mekanis (kemampuan bahan atau kelakuan logam untuk menahan beban yang dikenakan kepadanya baik beban statis, dinamis, atau berubah-ubah pada berbagai keadaan), sifat mekanis dari logam tersebut berupa kekenyalan, kekuatan, keuletan, kekerasan, keliatan, kegetasan, ketahanan ausan, dan kekuatan tekan.

Sifat fisis (sifat suatu logam bagaimana keadaan logam itu apabila mengalami peristiwa fisika). misalnya keadaan pada waktu terkena pengaruh panas dan pengaruh listrik. Sifat kimia (bagaimana kondisi bahan tersebut mampu menahan zat kimia yang dikenakan pada bahan tersebut). misalnya apakah bahan itu larut atau terjadi reaksi apabila terkena suatu larutan. Sifat teknologis (merupakan kemampuan suatu bahan dalam proses pengerjaan secara teknis seperti kemampuan bahan untuk dilas, kemampuan untuk ditimpa, dikerjakan dengan mesin, dan kemampuan untuk dituang).

Tabel 3. Klasifikasi baja karbon

Jenis dan kelas		Kadar karbon (%)	Kekuatan luluh (Kg/mm ²)	Kekuatan tarik (Kg/mm ²)	Perpanjangan (%)	Kekerasan brinell	Penggunaan
Baja karbon rendah	Baja lunak khusus	0,08	18-21	32-36	40-43	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	Kontruksi Umum
	Baja setengah lunak	0,20-0,30	24-36	44-55	32-22	112-145	
Baja karbon sedang	Baja setengah keras	0,30-0,40	30-34	50-56	30-17	140-170	Alat-alat mesin
Baja karbon tinggi	Baja keras	0,40-0,50	34-46	58-70	26-14	160-200	Perkakas rel, pegas dan kawat piano
	Baja sangat keras	0,50-0,80	36-47	65-100	20-11	180-235	

(Sumber. Harsono Wiryosumarto dan Toshie Okumura, 2008:90)

Menurut Bondan T. Sofyan (2010:52) “Baja adalah paduan unsur Fe dan C, dengan kandungan karbon kurang dari 2%”. Baja karbon dapat dikelompokkan berdasarkan jumlah kandungan karbonnya, baja karbon terdiri atas tiga macam yaitu: baja karbon rendah (*low carbon steel*), baja

karbon sedang (*Medium carbon steel*), dan karbon tinggi (*high carbon steel*).

1. Baja karbon rendah (*Low Carbon Steel*)

Menurut Bondan T. Sofyan (2010:53) “kadar karbon baja ini kurang dari 0,25% serta struktur mikronya terdiri atas *ferit* dan *perlit*, sehingga bersifat lunak, tetapi memiliki keuletan dan ketangguhan yang sangat baik”. baja jenis ini banyak digunakan untuk kontruksi jembatan, bangunan, dan lainnya.



Gambar 9. Struktur Mikro Baja Karbon rendah

(Supardi, 1991)

Baja ST 37 merupakan golongan baja karbon rendah karena di dalam baja ST 37 terdapat kandungan karbon 0.17. Pengkodean ST37 sendiri merupakan pengkodean untuk mempermudah dalam pemilihan baja. Arti pengkodean tersebut adalah:

ST = *Steel*

37 = Kekuatan tarik 37 kg/mm²

Tabel 4. Komposisi Baja ST 37

C	Mn	S	P	Fe
0.17	1.40	0.045	0.045	Sisanya

(Arifin, 2017:5)

Dibandingkan baja karbon lainnya baja karbon rendah paling banyak diproduksi dengan bentuk lembaran, plat, profil dan batangan. Baja karbon rendah mendapat prioritas utama untuk dipertimbangkan karena baja karbon rendah mudah diperoleh, mudah dibentuk atau sifat permesinannya baik dan harganya relatif murah.

2. Baja karbon sedang (*Medium Carbon Steel*)

Menurut bondan T. Sofyan (2010:53) “Baja karbon sedang mengandung karbon sebesar 0,25 sampai 0,60%”. Baja jenis ini lebih kuat dibandingkan baja karbon rendah. Baja karbon sedang banyak digunakan untuk sejumlah peralatan mesin seperti roda gigi otomotif, batang torak, rantai, pegas, rel kereta api dan lain-lain.

**Gambar 10. Struktur Mikro Baja Karbon Sedang**

(Supardi, 1991)

3. Baja karbon tinggi (*High Carbon Steel*)

Menurut Bondan T. sofyan (2010:54) “Baja karbon tinggi mengandung karbon sebesar 0,60 sampai 1,40%. Baja karbon tinggi ini banyak dipergunakan untuk keperluan pembuatan pegas-pegas, alat-alat perkakas, palu, dan gergaji.



Gambar 11. Struktur Mikro Baja Karbon Tinggi

(Supardi, 1991)

F. Pengujian Material.

Pengujian pada bahan bertujuan untuk mengetahui sifat-sifat yang dimiliki bahan tersebut serta bertujuan untuk menjaga mutu dari hasil bahan tersebut. Salah satu sifat yang dimiliki logam adalah sifat mekanis. Secara sederhana sifat mekanis suatu logam adalah kemampuan bahan untuk menahan beban, baik beban statis, dinamis, atau berubah-ubah pada berbagai keadaan, dengan suhu tinggi maupun dibawah nol derajat. Menurut Muhammad Alip (1989:84) “Sifat mekanik bahan (benda) adalah reaksi dan ketahanan bahan terhadap beban yang diterima”.

Menurut Bondan Tiara Sofyan (2010:25) “sifat Mekanis dari logam tersebut berupa kekuatan tarik, tekan, geser, fleksural, tekuk, dampak, kelelahan, keuletan, kekerasan dan ketahanan aus”. dalam melaksanakan suatu pengujian agar hasil pengujian yang didapatkan akurat harus mempersiapkan spesimen dan memperhatikan jenis alat pengujian apakah alat pengujian yang digunakan yang berstandar, agar nantinya hasil yang dapat akurat. Dalam pengujian mekanik terdapat perbedaan dalam pemberian jenis beban kepada material. Uji tarik, uji tekan, dan uji puntir adalah pengujian yang menggunakan beban static, sedang uji lelah dan uji dampak menggunakan jenis beban dinamik.

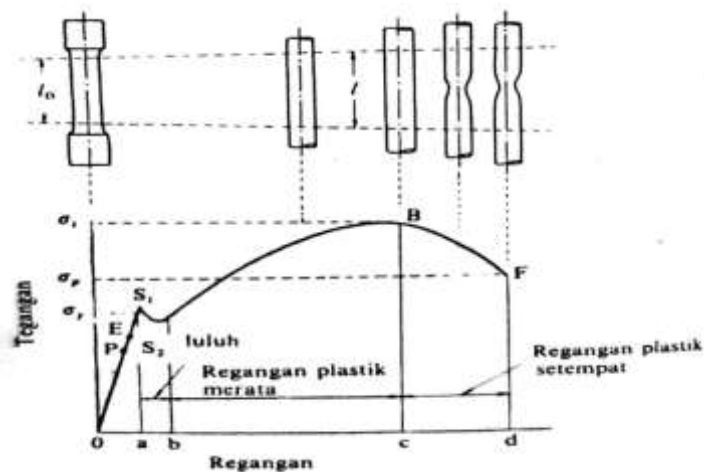
Proses pengujian dikelompokkan menjadi dua yaitu *Destructive test (DT)*, *Non Destructive Test (NDT)*, Yaitu proses pengujian logam yang merusak benda uji dan pengujian yang tidak menimbulkan kerusakan logam atau benda yang di uji. Menurut Harsono wiryosumarto dan toshie okumura (2004:361), “Pengujian Merusak pada konstruksi las adalah pengujian terhadap model dari konstruksi atau pada batang-batang uji yang telah dilas dengan cara yang sama dengan proses pengelasan yang akan digunakan sampai terjadi kerusakan pada model konstruksi atau batang uji, salah satunya adalah pengujian tarik”.

Proses pengujian tarik bertujuan untuk mengetahui kekuatan tarik benda uji. Pengujian tarik untuk kekuatan tarik daerah las dimaksudkan untuk mengetahui apakah kekuatan las mempunyai nilai yang sama, lebih rendah atau lebih tinggi dari kelompok *raw materials*. Pengujian tarik untuk kualitas kekuatan tarik dimaksudkan untuk mengetahui berapa nilai kekuatannya dan

dimanakah letak putusnya suatu sambungan las. Pembebanan tarik adalah pembebanan yang diberikan pada benda dengan memberikan gaya tarik berlawanan arah pada salah satu ujung benda.

Penarikan gaya terhadap beban akan mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk (deformasi) bahan tersebut. Proses terjadinya deformasi pada bahan uji adalah proses pergeseran butiran kristal logam yang mengakibatkan melemahnya gaya elektromagnetik setiap atom logam hingga terlepas ikatan tersebut oleh penarikan gaya maksimum.

Pada pengujian tarik beban diberikan secara kontinu dan pelan–pelan bertambah besar, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan mengenai perpanjangan yang dialami benda uji dan dihasilkan kurva tegangan-regangan.



Gambar 12. Kurva tegangan-regangan

(Sumber : Harsono Wiryosumarto, 2008:182)

Pada pengujian tarik beban diberikan secara kontinu dan pelan–pelan bertambah besar, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan mengenai perpanjangan yang dialami benda uji dan dihasilkan kurva tegangan-regangan.

a. Pertambahan Panjang Spesimen (ΔL)

$$(\Delta L) = L_i - L_o$$

Keterangan :

L_i = Panjang Akhir

L_o = Panjang Awal

(Gere and Timoshenko, 2001)

b. Tegangan

Tegangan dapat diperoleh dengan membagi beban dengan luas penampang mula benda uji.

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

Keterangan :

σ = Tegangan nominal (MPa)

F = Beban maksimal (kg)

A_o = Luas penampang mula dari penampang batang (mm^2)

(Gere and Timoshenko, 2001)

c. Regangan

Regangan (persentase pertambahan panjang) yang diperoleh dengan membagi perpanjangan panjang ukur (ΔL) dengan panjang ukur mula-mula benda uji.

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_o} \times 100\% = \frac{L_i - L_o}{L_o} \times 100\%$$

Keterangan :

ε = Regangan (%)

L_i = Panjang akhir (mm)

L_o = Panjang awal (mm) (Gere and Timoshenko, 2001)

d. Modulus Elastisitas (E)

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

E = Modulus Elastisitas (N/mm²)

σ = Tegangan Tarik (N/mm²)

ε = Regangan (%) (Gere and Timoshenko, 2001)

G. Penelitian yang Relevan

1. Muhammad Fadhil (2018) melakukan penelitian dengan judul Pengaruh Posisi Pengelasan dan Jenis Elektroda E 7016 dan E 7018 Terhadap Kekuatan Tarik Hasil Las Baja Karbon Rendah TRS 400. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis elektroda yang menghasilkan kekuatan tarik yang paling tinggi adalah elektroda E 7016 dengan nilai rata-rata kekuatan tarik tertinggi 65,52 Kg/mm². dibandingkan dengan elektroda E 7018 dengan nilai rata-rata kekuatan tertinggi 60,26 Kg/mm²
2. M. Shomad (2017) melakukan penelitian dengan judul Analisa Pengaruh Variasi Elektroda Las E 6013 dan E 7018 Terhadap Kekuatan Tarik dan Kekerasan Pada Bahan Baja SS 400. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kuat tarik tertinggi terjadi pada spesimen bahan baku yaitu sebesar 432,49 MPa yang meningkat sebesar 10,41 MPa dari kelompok E 7018.

Berdasarkan 2 penelitian diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa masing-masing penggunaan jenis elektroda yang berbeda menghasilkan kekuatan tarik yang berbeda juga. Hasil Penelitian Muhammad Fadhil menunjukkan bahwa kelompok E 7016 memiliki kekuatan tarik terbaik, sedangkan penelitian M. Shomad menunjukkan bahwa kelompok E 7018 memiliki kekuatan tarik yang lebih baik.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan penulis dapat menyimpulkan bahwa:

1. Perbedaan penggunaan jenis elektroda memberikan pengaruh terhadap kekuatan tarik baja karbon rendah ST 37, hal ini dibuktikan dengan berbedanya hasil kekuatan tarik yang diperoleh dari masing-masing elektroda yang digunakan dalam proses Pengelasan SMAW..
2. Pengelasan SMAW dengan menggunakan elektroda E 7016 mempunyai nilai tegangan yang lebih besar dibandingkan dengan pengelasan SMAW dengan menggunakan elektroda E 6013.
3. Pengelasan baja karbon rendah ST 37 lebih cocok menggunakan elektroda E 7016.

B. SARAN

1. Didalam melakukan penelitian uji tarik selanjutnya agar pembuatan spesimen, pengujian, langkah-langkahnya harus sesuai dengan prosedur yang tepat agar hasil penelitian lebih akurat.

2. Dalam proses pengelasan sebaiknya gunakan elektroda yang berkualitas baik, agar nantinya diperoleh hasil las yang memuaskan.
3. Adanya penelitian selanjutnya tentang Uji Tarik hasil pengelasan las SMAW
4. Sebaiknya dalam melakukan penelitian harus ada teman diskusi agar mendukung suksesnya penelitian

DAFTAR PUSTAKA

- Adam, Kaharuddin. 2011. Faktor Perpatahan dan Kelelahan pada Kekuatan Bahan Material. *Jurnal Teknik Mesin*. 6-12.
- Alip, Mochamad. 1989. *Teori Dan Praktek Las*. Jakarta: Proyek Pengembangan Lembaga Pendidikan Tenaga Kependidikan Jakarta.
- Amanto, Hari dan Daryanto. (2003). *Ilmu Bahan*. Jakarta: PT Bumi Aksara.
- Arifin, Jaenal. "Pengaruh Jenis Elektroda Terhadap Sifat Mekanik Hasil Pengelasan Smaw Baja Astm A36"13, No.1(2017):5.
- ASTM Internasional (E8/E8M - 09). *Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials*. 2010. United States of America.
- Edih Supardi. *Pengujian Logam*. Bandung : Angkasa Bandung. 1991.
- Gere and Timoshenko, S. (2001). "Strength of Materials". Volume I: New York.
- Harsono Wiryosumarto, Toshie Okumura. (2008). *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta: Pradya Paramita.
- Malau, V., 2003, *Diklat Kuliah Teknologi Pengelasan Logam*, Yogyakarta.
- Muhazir, A. (2019). Pengaruh Jenis Elektroda Pengelasan SMAW Terhadap Sifat Mekanik Material SS400. *Jurnal Polimesin*.
- Siswosuwarno, M., & Wiryosumarto, H. (1985). Strain Ratio And Strain Hardening Coefficient Of Various Steel Sheets. *Proceedings-Society Of Automotive Engineers*.
- Smith, D., 1984, *Welding Skills and Technology*, McGraw-Hill, New York.
- Sofyan, B. T. *Pengantar Material Teknik*. Jakarta: Salemba Jakarta. 2010.
- Sonawan, H., Suratman, R. 2004. *Pengantar Untuk Memahami Pengelasan Logam*. Alfa Beta: Bandung.
- Sugiyono. (2012). *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif Dan R&D*. Bandung: Alfabeta
- Suratman, M., 2001, *Teknik Mengelas Asetilen, Brazing dan Busur Listrik*, Pustaka Grafika, Bandung.
- Widharto, S., 2001, *Petunjuk Kerja Las*, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Wiryosumarto, H., 2000, *Teknologi Pengelasan Logam*, Erlangga, Jakarta.