

**Pengaruh Variasi Diameter Elektroda Tungsten Hasil Las TIG
(*Tungsten Inert Gas*) Terhadap Kekuatan Tarik dan Struktur
Mikro Baja Karbon Medium**

(Skripsi)

Oleh

Nur Saiin



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2016

ABSTRAK

PENGARUH VARIASI DIAMETER ELEKTRODA TUNGSTEN HASIL LAS TIG (*TUNGSTEN INERT GAS*) TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN STRUKTUR MIKRO BAJA KARBON MEDIUM

Oleh

Nur Saiin

Dalam praktek pengelasan elektroda terbungkus masih banyak cacat yang terjadi diakibatkan oksidasi dan pengotoran. Untuk mengatasi kelemahan pada pengelasan elektroda terbungkus tersebut maka digunakan teknologi pengelasan TIG. Las TIG (*Tungsten Inert Gas*) adalah proses pengelasan dimana busur nyala listrik ditimbulkan oleh elektroda tungsten (elektroda tak terumpan). Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh variasi diameter elektroda tungsten hasil las TIG terhadap kekuatan tarik dan struktur mikro baja karbon medium. Pada penelitian ini jenis tungsten yang digunakan yaitu EWTh-2 dengan diameter 1,6 mm, 2,4 mm, dan 3,2 mm, arus yang digunakan yaitu 100 A, 150 A dan 200 A. Material yang digunakan pada penelitian ini yaitu baja karbon Medium dengan jenis kampuh V tunggal pengujian yang digunakan yaitu uji tarik dan struktur mikro dengan mengacu pada standar uji ASTM E8. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan diketahui baja karbon medium memiliki komposisi kimia yaitu 0,36 C, 0,034 Si, 0,52 Mn, 0,018 P, 0,0074 S, 1,16 Cr, 0,0739 Ni, 0,021 Al, 97,0 Fe dan lain-lain. Pengujian dilakukan dengan uji tarik dimana rata-rata hasil pengujian yaitu pada variasi diameter elektroda 1,6 mm kekuatan tarik sebesar 304,4 Mpa dan perpanjangannya 15,49 %. Pada variasi diameter elektroda 2,4 mm kekuatan tarik sebesar 686,6 Mpa dan perpanjangannya 20,17 % dan pada variasi diameter elektroda 3,2 mm kekuatan tarik sebesar 677,73 Mpa dengan perpanjangan 18,37% sedangkan pada *raw material* kekuatan tarik sebesar 713,3 Mpa dengan perpanjangan 23,35%.

Kata kunci: Las TIG, Elektroda Tungsten, Baja Karbon Medium

ABSTRACT

THE EFFECT OF VARIATION DIAMETER IN THE TUNGSTEN ELECTRODE TIG (TUNGSTEN INERT GAS) WELDING TOWARDS TENSILE STRENGTH AND STRUCTURE OF MICRO MEDIUM CARBON STEEL.

By

Nur Sain

In the practice of shielded electrode arc welding, some defects still occurred due to oxidation and impurity. To overcome those weaknesses in the shielded electrode arc welding therefore TIG welding should be used. TIG (Tungsten Inert Gas) is an arc welding process in which the electric flame generated by the tungsten electrode (non consumable electrode). The purpose of this research is to determine the effect of variations in the diameter of the tungsten electrode TIG welds on tensile strength and microstructure of medium carbon steel. In this research, the type of tungsten used is EWTh-2 with a diameter of 1.6 mm, 2.4 mm and 3.2 mm, the current used is 100 A, 150 A and 200 A. The material used in this research is carbon steel medium with a single V type test used is the tensile test and microstructure with reference to a standard test ASTM E8. From the test results that have been made known medium carbon steel has a chemical composition that is 0.36 C, 0.034 Si, 0.52 Mn, 0.018 P, 0.0074 S, 1.16 Cr, 0.0739 Ni, 0.021 Al, 97 Fe and others. Tests conducted by the tensile test where the average test results are on a variation of 1.6 mm diameter electrode tensile strength of 304.4 MPa and 15.49% elongation. In a variation of 2.4 mm diameter electrode tensile strength of 686.6 MPa and 20.17% elongation and the variation of the electrode diameter of 3.2 mm tensile strength of 677.73 Mpa with an elongation of 18.37% while in the raw material tensile strength of 713 , 3 MPa with an elongation of 23.35%.

Keywords : TIG Welding, Tungsten Electrode, Medium Carbon Steel

**Pengaruh Variasi Diameter Elektroda Tungsten Hasil Las TIG
(*Tungsten Inert Gas*) Terhadap Kekuatan Tarik dan Struktur
Mikro Baja Karbon Medium**

Oleh

Mur Saiin

(Skripsi)

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK

Pada

Jurusan Teknik Mesin

Fakultas Teknik Universitas Lampung



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2016

Judul Skripsi

: **PENGARUH VARIASI DIAMETER ELEKTRODA HASIL LAS TIG (TUNGSTEN INERT GAS) TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN STRUKTUR MIKRO BAJA KARBON MEDIUM**

Nama Mahasiswa

: **Nur Sain**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1015021046

Program Studi

: **Teknik Mesin**

Fakultas

: **Teknik**

MENYETUJUI

1. **Komisi Pembimbing**



Tarkono, S.T., M.T.

NIP. 19700415 199802 1 001



Harnowo Supriadi, S.T., M.T.

NIP. 19690909 199703 1 002

2. **Ketua Jurusan Teknik Mesin**



Ahmad Su'udi, S.T., M.T.

NIP. 19740816 200012 1 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Tarkono, S.T., M.T.

Anggota Penguji : Harnowo Supriadi, S.T., M.T.

Penguji Utama : Dr. Ir. Yanuar Burhanuddin, M.T.



Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung

Prof. Subarno, M.S., M.Sc., Ph.D.

NIP. 19620717 198703 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 04 Agustus 2016

PERNYATAAN PENULIS

Skripsi ini dibuat sendiri oleh penulis dan bukan plagiat sebagaimana diatur dalam pasal 27 peraturan akademik Universitas Lampung dengan surat keputusan Rektor No. 3187/H26/DT/2010.



Yang Membuat Pernyataan

Nur Saiin

NPM. 10105021046

MOTTO

“Maka Nikmat Tuhan Mu manalagi yang Kamu dustakan (jin dan manusia)”

(Qs. Arrahman)

“Jangan putus asa, terus semangat belajar, jangan tinggal shalat, lakukan yang terbaik untuk mu, keluargamu dan orang-orang yang menyayangimu”

(Bapak dan Ibu)

“Lakukan apa yang dapat dilakukan hari ini, jangan menunggu esok yang masih misteri”

(Penulis)

“Tetap semangat dan terus melangkah menjadi terbaik diantara yang baik, terus bersinar terang bintang pijar diantara yang bersinar tetaplah setia menemani malam diantara kegelapan, tak mengapa jika seorang tak melihat apa yang kamu perjuangkan karena tentulah *Rabb* mu akan selalu melihat dan menuntun langkah mu”.

(Tri wahyuni)

“Ketika dunia begitu jahat kepadamu maka kau harus menghadapinya, karena tidak ada seorang pun yang akan menyelamatkan mu jika kau tidak berusaha

(Roronoa Zoro)”

“Jika mimpimu belum ditertawakan orang lain, berarti mimpimu masih terlalu kecil” (Monkey D. Luffy) ”

Karya ini ku persembahkan untuk

ALLAH SWT

Kedua orang tua ku yang sangat aku cintai Cholisun dan Mumfarida atas segala kasih sayang yang tulus yang diberikan selama ini doa yang tak hentinya yang terbaik untuk ku, semoga Allah SWT memberikan kemuliaan didunia dan akhirat kelak pada mu bapak ibu ku.

Keluarga tercinta , perimungil yang selalu ada dihati ku serta sahabat-sahabat ku semua

amin

SANWACANA

Assalamualaikum Wr. Wb

Allhamdulillahirobbil alamin, Puji syukur senantiasa saya panjatkan kehadiran Allah S.W.T, atas segala nikmat sehat, nikmat iman dan islam sehingga Penulis dapat menyelesaikan Skripsi dengan judul ” **Pengaruh Variasi Diameter Elektroda Tungsten Hasil Las TIG (*Tungsten Inert Gas*) terhadap Kekuatan Tarik dan Struktur Mikro Baja Karbon Medium** ”. Shalawat dan salam senantiasa tercurahkan kepada nabi agung Muhammad S.A.W dan para sahabat serta para tabi`in yang selalu mengajarkan agama Allah.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Teknik pada jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.

Pada kesempatan ini saya mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Allah SWT Tuhan yang Esa, tiada Tuhan selain Allah yang telah memberikan kelancaran dan nikmat yang tiada duanya, seperti yang dijelaskan firmanNya maka nikmat Allah yang manakah yang kau dustai.

2. Ayahanda , Ibunda dan ke empat kakak ku Udin, Khamim, Nur Hayati, Umiati serta Adinda ku Tri Wahyuni di rumah yang senantiasa memberikan motivasi dan doanya kepada saya
3. Prof. Suharno Sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung
4. Bapak Ahmad Suudi, M.T selaku ketua jurusan Teknik Mesin serta seluruh dosen Teknik Mesin terutama bapak Dr. Amrizal, Zulhanif, M.T., Harmen, M.T. dan Dr. Amrul.
5. Bapak Tarkono, S.T, M.T. dan Bapak Harnowo, S.T., M.T. selaku pembimbing Skripsi dan guru saya selama di Teknik Mesin, yang telah membimbing saya sampai terselesainya skripsi ini
6. Bapak Dr. Ir. Yanuar Burhanuddin, M.T. sebagai dosen penguji Skripsi saya yang telah memberikan pengarahan dan motivasi sehingga penelitian berjalan dengan baik
7. Staf Teknik Mesin yang telah membantu kelancaran kuliah, kerja dan semangat untuk terus maju.
8. Bapak, Ibu Guru saya guru Tk, SD, SMP, SMA, Kuliah, Mengaji dan semua guru yang telah ikhlas memberikan ilmu dan motivasinya semoga Allah membalas segala kebajikannya dan ilmu yang diberikan bermanfaat sepanjang hayat.
9. Sahabat- sahabat saya Galih, Bowo, Cikal, Baron, Pranca, Dani, Dwi, Yayang, Zen, fiskan, Rabiah dan teman seperjuangan galih P, dan Agung AP serta teman-teman teknik mesin khususnya 2010 dan untuk semua angkatan salam Solidarity.

10. Sahabat-sahabat saya di Mushola Tercinta Heru, Anggi Jibron semoga semakin Jaya dan terus menghidupkan masjid. Jika kita tak mampu berdakwah dengan ilmu berdakwahlah dengan tangan yang iklas.

Dan semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan terimakasih atas bantuan dan dukungannya, tiada kata yang lebih tepat untuk diungkapkan selain terimakasih yang sebanyak-banyaknya. Semoga Skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca umumnya dan untuk penulis pada khususnya dan semoga Allah SWT Memberikan kemudahan dan kesuksesan pada kita semua. Amin

Bandar Lampung 04 Agustus 2016

Penulis

Nur Sain

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
HALAMAN JUDUL	iii
HALAMAN PERSETUJUAN	iv
HALAMAN PENGESAHAN	v
PERNYATAAN PENULIS	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
HALAMAN MOTTO	x
HALAMAN PERSEMBAHAN	xi
SANWACANA	xii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xviii
DAFTAR TABEL.....	xix
DAFTAR LAMPIRAN.....	xx
DAFTAR SIMBOL.....	xxi
I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan Penelitian	4
1.3. Batasan Masalah	5
1.4. Sistematika Penulisan	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Pengelasan.....	7
2.2. Klasifikasi las.....	8
a. Menurut Cara Pengelasan	8
b. Las Berdasarkan Panas Tenaga Listrik.....	11
c. Berdasarkan Panas dari Kombinasi Busur Nyala Listrik dan Gas	

Kekal (<i>Inert</i>).....	12
d. Jenis Las Yang berdasarkan Ledakan dan Reaksi Eksotermis	13
e. Jenis-Jenis Las Lainnya.....	14
2.3. Las TIG (<i>Tungsten Inert Gas Welding</i>)	14
a. Arus Busur.....	19
b. Tegangan Busur.....	20
c. Kecepatan Pengelasan (<i>Travel Speed</i>)	20
d. Pengumpan Kawat Las.....	21
2.4. Arus Dalam Pengelasan	22
2.5. Elektroda Tungsten	24
a. Elektroda Kelas E.W.P.....	27
b. Elektroda Kelas EWTh.....	28
c. Elektroda Kelas EWCe.....	29
d. Elektroda Kelas EWLa.....	30
e. Elektroda Kelas EWZr	30
f. Elektroda Kelas EWG	30
2.6. Bentuk Elektroda	30
2.7. Jenis Sambungan Las	32
a. Sambungan Tumpul Temu Bidang (<i>butt Joint</i>).....	33
b. Sambungan Tumpang (<i>lap Joint</i>).....	34
c. Sambungan Bentuk T (Tee-Joint)	35
d. Sambungan Sambungan Sudut (<i>Corner Joint</i>).....	35
e. Sambungan Sisi (<i>Edge Joint</i>)	36
2.8. Posisi Pengelasan	36
2.9. Baja Karbon Medium.....	40
2.10. Struktur Mikro Baja Karbon	42
a. Ferite.....	45
b. Austenit	45
c. Cementite	46
d. Perlite	46
e. Martensit.....	47
f. Sambungan Tumpul Temu Bidang (<i>butt Joint</i>).....	33

2.11. Pengujian Hasil Lasan.....	48
2.12. Metalurgi Las	52
III. . METODOLOGI PENELITIAN	
3.1. Tempat Penelitian.	54
3.2. Alat Yang Digunakan	54
3.3. Prosedur Penelitian	56
a. Persiapan Pengelasan	56
b. Pengelasan.....	57
c. Pembuatan Spesimen.....	58
d. Pengujian.....	61
3.4. Analisa Data.....	63
3.5. Diagram Alir Penelitian	63
IV. DATA HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1. Data Alat Dan Material Penelitian.....	65
a. Material Penelitian	65
b. Elektroda Dan Logam Pegisi.....	66
c. Data Proses Pengelasan.....	67
4.2. Hasil Pengujian	68
a. Kekuatan Tarik Maksimum.....	68
b. Data Perpanjangan.....	70
c. Struktur Mikro.....	71
4.3. Grafik Pengujian Dan Pembahasan.....	73
V. SIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan	89
5.2. Saran	90

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
1. Gambar 2.1. Skema Las TIG	16
2. Gambar 2.2. Pengelasan GTAW	17
3. Gambar 2.3. Penggerindaan Elektroda Tungsten.....	26
4. Gambar 2.4. Ujung Elektroda.....	31
5. Gambar 2.5. Jenis-jenis Sambungan dasar pada Pengelasan	33
6. Gambar 2.6. Alur Sambungan Las Tumpul	34
7. Gambar 2.7. Kampuh Sambungan Tumpang	35
8. Gambar 2.8. Posisi Pengelasan.....	38
9. Gambar 2.9. Posisi-posisi Pengelasan Pelat	39
10. Gambar 2.10. Posisi-posisi Pengelasan untuk pengelasan Pipa.....	39
11. Gambar 2.11. Diagram Fasa Besi Karbon.....	44
12. Gambar 2.12 Struktur Mikro Ferite.....	45
13. Gambar 2.13. Struktur Mikro Cementite.....	46
14. Gambar 2.14. Struktur mikro Perlite	47
15. Gambar 2.15. Struktur Mikro Martensit.....	47
16. Gambar 2.16. Transformasi Fasa Pada Logam Hasil Pengelasan.....	48
17. Gambar 2.17. Contoh Kurva Uji Tarik.....	49
18. Gambar 2.18. Daerah Lasan	53

19. Gambar 3.1. Proses Pembuatan Kampuh V Tunggal dengan Sudut 60°...	56
20. Gambar 3.2. Proses Pengelasan.....	58
21. Gambar 3.3. Spesimen Uji Tarik Standar ASTM E-8.....	59
22. Gambar 3.4. Pembuatan spesimen Uji Tarik Standar ASTM E8.....	59
23. Gambar 3.5. Daerah Pemotongan Yang digunakan Untuk Uji Mikro ..	60
24. Gambar 3.6. Spesimen Uji Struktur Mikro	62
25. Gambar 4.1. Struktur Mikro <i>Raw Material</i>	71
26. Gambar 4.2. Struktur Mikro pada daerah HAZ dan Struktur Mikro daerah Las diameter elektroda tungsten 1,6 mm pada arus 100 A	72
27. Gambar 4.3. Struktur mikro pada daerah HAZ dan Struktur mikro daerah Las dengan diameter elektroda tungsten 2,4 mm dan arus 150 A.....	72
28. Gambar 4.4. Struktur Mikro pada daerah HAZ dan Struktur mikro daerah Las dengan diameter elektroda tungsten 3,2 mm pada arus 200 A.....	73
29. Gambar 4.5. Grafik hubungan kekuatan tarik rata-rata dengan diameter elektroda tungsten	75
30. Gambar 4.6. Cacat Pada Pengelasan Diameter 1,6 mm	77
31. Gambar 4.7. Hasil las dengan diameter 2,4 mm	78
32. Gambar 4.8. Cacat pada pengelasan akibat arus rendah	79
33. Gambar 4.9. Alat bantu kecepatan pengelasan.....	79
34. Gambar 4.10. Daerah sampel uji struktur.....	81
35. Gambar 4.11. Diagram fasa perubahan struktur mikro baja 0,36% C ..	82
36. Gambar 4.12. Diagram CCT Baja Kabon	84
37. Gambar 4.13. Grafik hubungan diameter elektroda tungsten dengan nilai perpanjangan	86

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 2.1. Variabel Pengelasan TIG Baja karbon Aus AID	22
Tabel 2.2. Logam Dan Arus Yang Sesuai.....	23
Tabel 2.3. Tipe Elektroda Tungsten	24
Tabel 2.4. Daftar Elektroda	27
Tabel 2.5. Komposisi Kimia Baja	41
Tabel 2.6. Unsur Baja Karbon.....	42
Tabel 3.1. Jumlah Spesimen Uji Tarik.....	57
Tabel 3.2. Jumlah Spesiemen Uji Struktur Mikro	58
Tabel 3.3. Pengujian Tarik (Dengan Perlakuan Pengelasan)	61
Tabel 3.4. Pengujian Tarik (Tanpa Perlakuan Pengelasan)	61
Tabel 4.1. Komposisi Kimia Baja Karbon	65
Tabel 4.2. Komposisi Logam Pengisi	66
Tabel 4.3. Elektroda Tungsten	67
Tabel 4.4. Nilai Kekuatan Tarik Maksimum	69
Tabel 4.5. Nilai Perpanjangan	70
Tabel 4.6. Rata-rata Tegangan Tarik Maksimum	74
Tabel 4.7. Nilai Perpanjangan Rata-rata	86

DAFTAR LAMPIRAN

- A. Poses pengelasan
- B. Hasil pengujian
- C. Grafik pengujian tarik
- D. Perhitungan kekuatan tarik dan perpanjangan

DAFTAR SIMBOL

Simbol	Satuan
E : Modulus elastisitas bahan.....	(kg/mm^2 , N/mm^2)
A_0 : Luas mula penampang.....	(mm^2)
ε : Regangan.....	(%)
F : Beban, gaya.....	(kg, N)
σ : Tegangan.....	(kg/mm^2 , N/mm^2)
σ_u : Tegangan <i>ultimate</i>	(kg/mm^2 , N/mm^2)
L_0 : Panjang awal.....	(mm)
L : Panjang Akhir.....	(mm)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan zaman yang disertai dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK) membuka inovasi-inovasi baru dalam berbagai bidang, salahsatunya adalah teknik penyambungan material. Pada bidang industri bagian yang tidak terpisahkan pada proses penyambungan dan rekayasa adalah teknik pengelasan.

Las (*Welding*) merupakan suatu cara penyambungan benda padat dengan cara mecairkannya melalui proses pemanasan. Seperti dua batang es atau lilin disambung dengan terlebih dahulu mencairkan permukaan-permukaan yang akan disambung dengan sumber panas, peristiwa tersebut disebut dengan peristiwa pengelasan [Sri Widharto,2006].

Dewasa ini kemajuan pada bidang pengelasan berperan penting pada hasil sambungan sehingga memunculkan jenis-jenis pengelasan dan klasifikasi yang memiliki kekurangan dan kelebihan yang berbeda-beda. Salah satu dari beberapa jenis pengelasan dalam dunia industri adalah las *Tungsten Inert Gas* atau disebut las TIG. *Tungsten Inert Gas* (TIG) merupakan proses pengelasan dimana busur

nyala listrik ditimbulkan oleh elektroda tungsten (elektroda tak terumpan) dengan benda kerja logam. Daerah pengelasan dilindungi oleh gas pelindung (gas tidak aktif) agar tidak terkontaminasi dengan udara luar. Kawat las dapat ditambahkan atau tidak tergantung dari bentuk sambungan dan ketebalan benda kerja yang akan dilas. Las TIG dilengkapi dengan tungsten sebagai elektroda tidak terkonsumsi yang bervariasi yang memiliki komposisi kandungan yang berbeda. Biasanya elektroda tungsten berukuran 0,25 mm sampai dengan 6,4 mm, sedangkan warna digunakan untuk mengetahui elemen paduan [Sri Widharto,2006].

Telah dilakukan penelitian mengenai nilai kekuatan tarik dan tegangan luluh untuk spesimen kualitas kekuatan tarik baja karbon rendah. Pengelasan menggunakan elektroda tungsten EWTh-2 dan menggunakan elektroda EWP dengan arus 130 ampere. Kesimpulan dari kedua tungsten tersebut pengelasan TIG yang menggunakan elektroda tungsten EWTh-2 mempunyai hasil kekuatan tarik lebih besar yaitu 382.7 MPa dibandingkan menggunakan EWP sebesar 374 MPa [Inggi Katulistiwa,2014].

Struktur mikro pada *weld-metal* memiliki harga kekerasan yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan struktur mikro yang ada pada daerah butir halus dan struktur mikro yang ada pada daerah logam induk. Daerah benda uji yang putus pada saat uji tarik adalah daerah benda uji yang memiliki kekerasan paling rendah. Scotlastika melakukan pengujian tarik dengan kesimpulan semakin tinggi arus maka semakin tinggi tegangan luluhnya dan tegangan maksimumnya menunjukkan

peningkatan sifat mekanis bila pengelasan dilakukan dengan arus lebih tinggi [Scotlastika,2001].

Penelitian mengenai diameter elektroda tungsten juga telah dilakukan oleh Ardianto tahun 2013 pada baja ST37, dengan pengelasan TIG arus 110 ampere jenis kampuh V tunggal, diameter elektroda yang digunakan berdiameter 2,6 mm dan 3,2 mm. Menggunakan pengujian komposisi kimia, uji tarik dan uji metalografi standar ASTM E-8. Kesimpulan dari penelitiannya dengan membedakan diameter tungsten 2,6 mm dan 3,2 mm didapatkan kekuatan tarik rata-rata yaitu 372,7 N dan 373,1N [Ardianto, 2013].

Dalam penelitian ini material yang digunakan adalah baja karbon medium. Baja karbon merupakan salah satu material yang sering digunakan pada pengelasan. Baja karbon adalah paduan antara besi (*Fe*) dan karbon (*C*) dengan paduan sedikit *silisium* , *mangan*, *phospor*, *sulfure* dan *cupper*. Adapun sifat baja karbon tersebut tergantung dari kadar karbon yang dikandungnya. Oleh karena itu baja karbon tersebut dapat di kelompokkan menjadi baja karbon rendah (*low carbon steel*), baja karbon sedang (*medium carbon steel*) dan baja karbon tinggi (*high carbon steel*).

Baja karbon sangat banyak jenisnya dimana komposisi kimia, sifat mekanis, ukuran bentuk dan sebagainya diklasifikasikan untuk masing-masing penggunaan. Baja biasanya memiliki unsur seperti *mangan*, *chromnium*, *nikel*, *carbon* dan lain-lain. Kadar karbon merupakan salah satu yang menentukan besi tersebut menjadi baja. Bahan material baja adalah bahan yang paling banyak digunakan, selain jenisnya

bervariasi dapat diolah atau dibentuk menjadi berbagai macam bentuk yang diinginkan. Salah satu jenis baja karbon yang sering digunakan adalah baja karbon sedang. Baja karbon sedang memiliki kadar karbon 0,3 % sampai 0,6 % yang bersifat lebih kuat dan keras dan dapat dikeraskan. Penggunaannya hampir sama dengan baja karbon rendah yaitu untuk konstruksi mesin, bahan baut, poros, piston, roda gigi, bangunan dan lain-lain. [Sunaryo,2008].

Dengan melihat latar belakang bahwa elektroda EWTh-2 memiliki hasil kekuatan tarik yang besar setelah dilakukan penelitian perbandingan dan dengan melihat bahwa setiap jenis elektroda tungsten memiliki diameter yang beragam dan memiliki pengaruh terhadap kekuatan tarik maka perlu dilakukan penelitian mengenai pengaruh diameter elektroda tungsten, dengan demikian penulis tertarik mengkaji kekuatan tarik dengan variasi diameter elektroda tungsten maka dilakukan penelitian bidang produksi pengelasan dengan judul“ **PENGARUH VARIASI DIAMETER ELEKTRODA TUNGSTEN HASIL LAS TIG (TUNGSTEN INERT GAS) TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN STRUKTUR MIKRO BAJA KARBON MEDIUM**”.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh diameter elektroda tungsten pada pengelasan TIG (*Tungsten Inert Gas*) terhadap kekuatan Tarik dan struktur mikro baja karbon medium.

1.3 Batasan Masalah

Melihat dari kompleksnya penelitian dalam bidang pengelasan maka penulis membatasi permasalahan yang akan dibahas. Adapun batasan masalah adalah sebagai berikut :

- a. Proses pengelasan dilakukan dengan menggunakan Las TIG (*Tungsten Inert Gas*) pada pengelasan posisi datar/dibawah tangan
- b. Material yang digunakan yaitu Baja karbon medium
- c. Tungsten yang digunakan EWTh-2 diameter 1,6 mm 2,4 mm dan 3,2 mm
- d. Jenis sambungan yang dipakai adalah sambungan tumpul (*butt weld*) jenis V tunggal
- e. Pengujian dilakukan dengan uji tarik standar ASTM E-8

1.4 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisannya adalah

BAB I : PENDAHULUAN

Berisi tentang latar belakang, tujuan, batasan masalah, dan Sistematika penulisan dari penelitian ini

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Berisi tentang pengelasan, klasifikasi pengelasan, jenis sambungan, las TIG, baja dan parameter-parameter lain yang berhubungan dengan penelitian

BAB III : METODOLOGI

Bab ini berisi tentang tempat dan waktu pelaksanaan, alat dan bahan, komponen, prosedur pengujian dan diagram alir

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisi data-data yang terdapat dilapangan dan pembahasan masalah-masalah dari hasil pengamatan proses penyambungan, variasi tungsten terhadap hasil kekuatan tarik dan lain-lain

BAB V : SIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini menyimpulkan dari hasil dan pembahasan sekaligus memberikan saran yang dapat menyempurnakan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Berisikan tentang literatur-literatur dan refrensi yang digunakan dalam penulisan dan penyusunan dalam laporan ini

LAMPIRAN

Berisikan data-data yang mendukung dalam penyusunan laporan ini.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengelasan

Pegelasan (*Welding*) merupakan proses penyambungan antara dua bagian logam atau lebih dengan menggunakan energi panas, dimana logam yang disekitar daerah las akan mengalami perubahan struktur metalurgi, deformasi dengan tegangan termal. Untuk pengaruh tersebut maka dalam proses pengelasan perlu diperhatikan metode dan prosedur pengelasan yang benar dan tepat, termasuk pemilihan bahan pengisi (*filler*) yang digunakan. Berdasarkan definisi dari *Dautche Industrie Normen* (DIN), las adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair, dari definisi tersebut dapat diartikan bahwa las adalah sambungan setempat dari beberapa batang dengan menggunakan energi panas [Wiryosumarto, 1996].

Proses pengelasan pada prinsipnya adalah menyambungkan dua atau lebih komponen, lebih tepat ditunjukkan pada proses perakitan (*assembly*) beberapa komponen menjadi bentuk mesin. Komponen yang dirakit bisa dari produk hasil pengecoran, pembentukan atau pemesinan, baik dari logam yang sama ataupun berbeda.

Pengelasan (*Welding*) adalah salah satu teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa tekanan dan dengan atau tanpa logam tambahan yang akan menghasilkan sambungan kontinyu, dari definisi tersebut dapat diambil empat kata kunci untuk menjelaskan definisi pengelasan yaitu mencairkan sebagian logam, logam pengisi, tekanan, dan sambungan kontinyu [Sonawan, 2003].

2.2 Klasifikasi Las

Berdasarkan pengertian dari *Deutsche Industrie Normen* (DIN), las adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau paduan logam yang dilaksanakan dalam keadaan cair. Jenis-jenis las dibagi berdasarkan panas tenaga listrik, panas kombinasi busur nyala listrik dan gas kekal, berdasarkan panas dari campuran pembakaran gas, jenis yang berdasarkan ledakan, dan jenis-jenis lain yang masih jarang ditemui di Indonesia sedangkan menurut cara pengelasannya dibagi pengelasan cair (*fusion welding*), pengelasan tekan (*pressure welding*) dan pematrian.

a. Menurut Cara Pengelasan

1. Pengelasan Cair (*Fusion Welding*)

Pengelasan cair (*Fusion Welding*) adalah proses mencairkan logam dengan cara mencairkan logam yang tersambung.

Jenis – jenis pengelasan cair yaitu sebagai berikut *Oxy acetyline Welding, Electric Arc Welding, Shield Gas Arc Welding (Tungsten Inert Gas, Metal Inert Gas, Metal Aktive Gas, Submerged Welding), Resistance Welding (Spot welding , Seam Welding, Upset Welding, Flash Welding, Electro*

Slag Welding, Electro Gas Welding), Electro beam Welding, Laser Beam Welding, dan Plasma Welding.

2. Pengelasan Tekan (*Pressure Welding*)

Pengelasan tekan (*pressure Welding*) yaitu pengelasan dimana kedua logam yang disambung, dipanaskan hingga meleleh, lalu keduanya ditekan hingga menyambung. Adapun pengelasan tekan itu dibagi menjadi :

- Pengelasan Tempa

Merupakan proses pengelasan yang diawali dengan proses pemanasan pada logam yang diteruskan dengan penempaan sehingga terjadi penyambungan logam.

- Pengelasan Tahanan

➤ Las Proyeksi Merupakan proses pengelasan yang hasil pengelasannya sangat dipengaruhi oleh distribusi arus dan tekanan yang tepat. Prosesnya yaitu plat yang disambung dijepit dengan elektroda dari paduan tembaga kemudian dialiri arus yang besar.

➤ Las Titik Prosesnya hampir sama dengan las proyeksi yaitu pelat yang akan disambung dijepit dahulu dengan elektroda dari paduan tembaga, kemudian dialiri arus yang besar dan waktunya dapat diatur sesuai dengan ketebalan plat yang akan dilas.

➤ Las Kampuh merupakan proses pengelasan yang menghasilkan sambungan las yang kontinyu pada dua lembar logam yang

tertumpah. Ada tiga jenis las kampuh, yaitu las kampuh sudut, las kampuh tumpang sederhana dan las kampuh penyelesaian.

3. Pematrian

Pematrian adalah seperti pengelasan cair, akan tetapi bedanya adalah penggunaan bahan tambalan/*filler* yang mempunyai titik leleh dibawah titik leleh logam induk. Pengelasan *fusion* dapat dibedakan menjadi :

- Pengelasan laser merupakan pengelasan yang lambat dan hanya diterapkan pada lasan yang kecil, khususnya dalam industri elektronika.
- Pengelasan listrik berkas elektron pengelasan jenis ini digunakan untuk pengelasan pada logam biasa, logam tahan api, logam yang mudah teroksidasi dan beberapa jenis paduan super yang tak mungkin dilas.
- Pengelasan *thermit* merupakan satu-satunya pengelasan yang menggunakan reaksi kimia eksotermis sebagai sumber panas.

Las cair dan pematrian termasuk ke dalam las *fusion*. Salah satu las *fusion* adalah las termit. Pada las termit ini, panas yang dihasilkan berasal dari reaksi *eksotermis*. Las termit adalah satu-satunya las yang menggunakan reaksi kimia sebagai berikut :



Pada reaksi ini besi yang dihasilkan mencapai suhu temperatur 25000 °C, hingga ujung benda kerja yang dituangi besi itu akan meleleh dan membentuk sambungan. Pada las tekan, benda kerja dipanaskan hingga meleleh. Kemudian ditempa hingga membentuk sambungan.

b. Las Berdasarkan Panas Tenaga Listrik

1. SMAW (*Shield Metal Arc Welding*) merupakan busur nyala listrik terlindung adalah pengelasan dengan menggunakan sumber nyala listrik terlindung sebagai sumber panas pencairan logam. Untuk mencegah oksidasi (reaksi dengan zat asam O₂) bahan penambah las elektroda dilapisi dengan selapis zat pelindung (*flux* atau *slag*) yang sewaktu pengelasan ikut mencair.
2. SAW (*Submerged Arc Welding*) atau las busur terbenam adalah pengelasan dengan busur nyala listrik. Untuk mencegah oksidasi cairan metal dan metal tambah dipergunakan butir-butir *flux* atau *slag* sehingga busur nyala terpendam didalam nya.
3. ESW (*Elektro Slag Welding*) merupakan pengelasan busur terhenti. Pengelesan ini sejenis dengan SAW namun bedanya demikian busur nyala mencairkan *flux*, busur terhenti dan proses pencairan *flux* berjalan terus dan menjadi bahan penghantar arus listrik (konduktif) sehingga elektroda terhubung ke benda yang dilas melalui konduktor tersebut.
4. *Stud Welding* adalah las baut pendasi digunakan untuk menyambung bagian suatu konstruksi baja dengan bagian yang terdapat didalam beton

(baut, angker, *shear connector* dan lain-lain). Pengelasan dilaksanakan dengan menggunakan tang las khusus.

5. ERW (*Elektrical Resistance Weld*) atau las tahanan listrik. Dengan tahanan las yang besar panas yang dihasilkan oleh aliran listrik menjadi demikian tingginya sehingga mencairkan logam yang akan dilas contohnya pengelasan dinding pesawat.
 6. EWB (*Elektron Beam Welding*) yaitu las pemboman elektron adalah suatu pengelasan yang pencairan disebabkan oleh panas yang dihasilkan dari suatu berkas loncatan elektron yang dikonsentrasikan atau dimampatkan dan diarahkan pada benda yang dilas. Pengelasan dilakukan di ruang hampa sehingga menghapus kemungkinan oksidasi atau kontaminasi dengan zat kimia lain.
- c. Berdasarkan Panas dari Kombinasi Busur Nyala Listrik dan Gas Kekal (*Inert*)
1. GMAW (*Gas Metal Arc Welding*) yaitu pengelasan dengan gas nyala yang berasal dari busur nyala listrik, yang dipakai sebagai pencair metal yang dilas dan metal penambah. Sebagai pelindung oksidasi dipakai gas pelindung yang berupa gas kekal (*inert*) atau CO₂. Oleh karena jenis las ini disebut pula CO₂ *welding*. Bahan tambah dan gas pelindung berasal dari satu mocong pistol las MIG.
 2. GTAW (*Gas Tungsten Inert Arc Welding*) atau lazim disebut TIG (*Tungsten Inert Gas*) yaitu pengelasan dengan memakai busur nyala yang dihasilkan oleh elektroda tetap terbuat dari *tugsten*. Sedang sebagai bahan penambah terbuat dari bahan yang sama atau sejenis dengan bahan yang

dilas dan terpisah dari pistol las (*welding gun*). Untuk mencegah oksidasi dipakai gas pelindung yang keluar dari pistol las. Biasanya gas pelindung terbuat dari gas kekal 99% *argon*. Jenis las ini baik untuk menyambung bahan metal dan bahan-bahan campuran yang tipis. Tetapi karena masukan panas (*heat input*) yang menentukan daya cair metal, relatif kecil, maka jenis pengelasan ini tidak dapat dipakai untuk pelat-pelat tebal. Jenis las ini sangat baik untuk pengelasan pertama (jalan las pertama/*root bead/dtering bead*).

3. PAW (*Palsma Arc Welding*) yaitu las listrik dengan plasma adalah sejenis GTAW hanya bahan gas pelindungnya berbeda, yakni campuran antara *argon*, *nitrogen* (zat asam) dan *hydrogen* (zat cair) yang lazim disebut *plasma*. *Plasma* adalah gas yang *luminous* dengan derajat penghantar arus dan kapasitas termis yang tinggi, yang dapat menampung temperatur pengelasan jauh diatas 5000 ° C.
4. EGW (*Elektro Gas Welding*) adalah pengelasan yang sejenis dengan las MIG yang otomatis dan hanya dipakai untuk posisi pengelasan vertikal saja.

d. Jenis Las Yang berdasarkan Ledakan dan Reaksi Eksotermis

1. EXW (*Explosion Weld atau CAD Weld*) adalah las yang sumber panasnya didapat dengan meledakkan obat mesiu yang dipasang dalam suatu mold/cetakan pada bagian yang disambung sehingga terjadi pencairan bahan pada bagian tersebut dan mengisi cetakan yang tersedia. Cara ini

sangat praktis untuk menyambung kabel-kabel kawat baja, *wire rope* atau seling dan pelekatan pada tiang baja.

2. TW (*Termit Welding*) adalah las yang menggunakan proses reaksi kimia eksotermis yang menghasilkan suhu yang sangat tinggi untuk melebur metal yang dilas. las ini dipakai untuk penyambungan benda-benda yang besar atau tebal dan diperlukan waktu yang lebih lama dari las ledakan.

e. Jenis-Jenis Las Lainnya

Masih banyak jenis-jenis las lainnya yang baik proses maupun kegunaannya masih belum populer di Indonesia seperti misalnya las gesek, las perkusi, las elektroda arang, las tahanan listrik sambungan temu, las proyeksi, las getaran ultra dan lain sebagainya [Sri widharto, 2006]

2.3 Las TIG (*Tungsten Inert Gas Welding*)

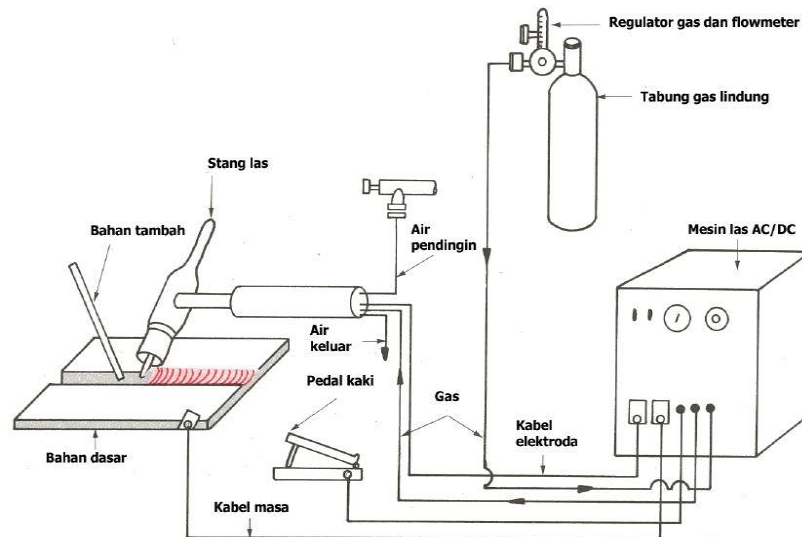
Las TIG (*Tungsten Inert Gas Welding*) adalah proses pengelasan dimana busur nyala listrik ditimbulkan oleh elektroda tungsten dengan benda kerja. Daerah pengelasan dilindungi oleh gas pelindung mulia seperti *argon* dan *helium*. Tungsten yang tinggi atau paduan umumnya digunakan elektroda yang *non-consumable*. Busur listrik terbentuk diujung elektroda dan benda kerja. Bahan pengisi/*filler* (berupa batang atau kawat) harus ditambahkan ketika deposit logam dibutuhkan. Penambahan logam pengisi yang terpisah dipoisikan dapat dikontrol secara terpisah. Ini secara langsung menguntungkan semua posisi las dan mudah terbentuknya kampuh lasan pada akar las (*root*).

Las TIG hampir dapat digunakan untuk semua jenis logam seperti baja karbon, baja paduan rendah, baja tahan karat, paduan nikel, paduan tembaga, paduan titanium, paduan alumunium dan paduan magnesium. Pengelasan dengan gas pelindung Argon (*Tungsten Iner Gas*) merupakan salah satu pengembangan dari yang telah ada yaitu pengembangan dari pengelasan secara manual yang khususnya untuk pengelasan non *ferro* (*alumunium, magnesium kuningan, dan lain-lain*).

Pada jenis ini logam pengisi dimasukkan kedalam arus busur sehingga mencair dan terbawa ke logam induk. Las TIG dapat dilaksanakan secara manual ataupun otomatis dengan mengotomatisasikan cara pengumpanan logam pengisi. Penggunaan las TIG mempunyai dua keuntungan pertama pengumpanan logam pengisi dapat diatur terlepas dari besarnya arus listrik sehingga penetrasi besarnya logam induk dapat diatur semauanya. Cara pengaturan ini memungkinkan las TIG dapat digunakan baik untuk plat baja tipis maupun plat yang tebal. Sedangkan untuk alumunium karena permukaannya selalu dilapisi dengan oksida yang mempunyai titik cair yang tinggi maka sebaiknya memakai arus bolak balik frekwensi tinggi.

Sumber listrik yang digunakan untuk pengelasan TIG dapat berupa listrik AC maupun DC. Pada umumnya proses pengelasan TIG sumber listrik yang digunakan mempunyai karakteristik yang lamban, sehingga dalam menggunakan listrik DC untuk memulai menimbulkan busur perlu ditambah dengan listrik AC frekwensi tinggi. Elektroda yang digunakan terbuat dari *wolfram* murni atau paduan dari *wolfram-torium*, yang berbentuk batang dengan garis tengah antara 1,0 mm

sampai pencampuran dengan O_2 atau CO_2 yang bersifat oksidator akan mempercepat keausan ujung elektroda. Dibawah ini merupakan las TIG dan perlengkapannya

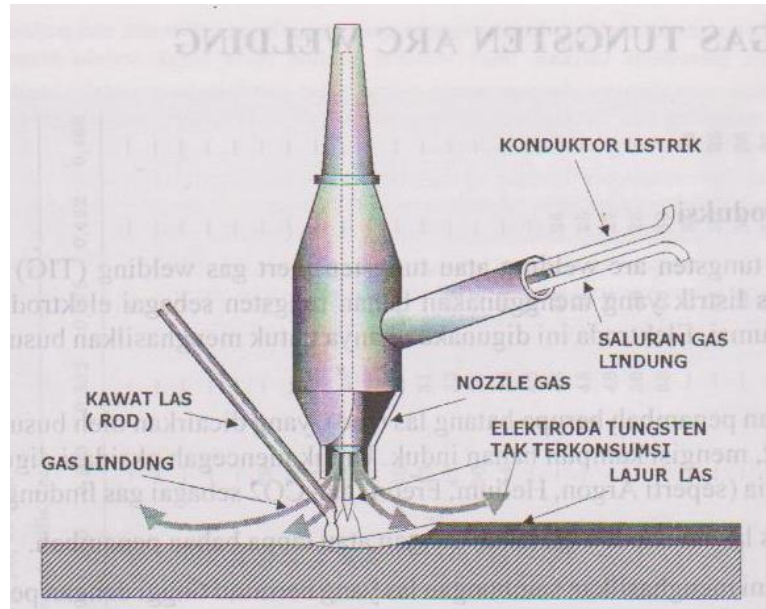


Gambar 2.1 Skema las TIG [Aljufri, 2008]

Penggunaan logam pengisi tidak ada batasnya, biasanya logam pengisi diambil dari logam pengisi yang mempunyai komposisi yang sama dengan logam induk untuk mendapat hasil yang lebih baik [Aljufri, 2008].

Gas tungsten arc welding atau tungsten inert gas (TIG) adalah jenis las listrik yang menggunakan bahan tungsten elektroda yang tidak terkonsumsi. Elektroda ini digunakan untuk menghasilkan busur nyala listrik. Bahan penambah berupa batang las (*rod*) yang dicairkan oleh busur nyala tersebut mengisi kampuh bahan induk. Untuk mencegah oksidasi digunakan gas mulia seperti argon, helium, freon dan CO_2 sebagai gas lindung.

Jenis las ini dapat digunakan dengan atau tanpa bahan tambah. Las ini menghasilkan sambungan las yang bermutu tinggi dengan peralatan relatif lebih murah. Prinsip kerja dari las jenis GTAW ini terlihat seperti gambar dibawah ini :



Gambar 2.2 Pengelasan GTAW [Sri Widharto, 2006]

Sketsa diatas menunjukkan secara lengkap cara pelaksanaan pengelasan GTAW. Prosesnya menggunakan gas lindung untuk mencegah terjadinya oksidasi pada bahan dilas yang panas. Untuk menghasilkan busur nyala digunakan elektroda yang tidak terkonsumsi terbuat dari logam tungsten atau paduannya yang bertitik lebur sangat tinggi.

Busur nyala dihasilkan dari arus listrik melalui konduktor dan mengionisasi gas pelindung. Busur terjadi antar busur elektroda tungsten dengan logam induk. Panas yang dihasilkan busur langsung mencairkan logam induk dan juga logam las berupa kawat las (rod). Penggunaan kawat las tidak selalu dilaksanakan hanya

jika dipandang perlu sebagai logam penambah. Pencairan kawat las dilaksanakan diujung kolam las sambil proses pengelasan berjalan [Sri Widharto, 2006].

Kelebihan las GTAW/TIG adalah sebagai berikut [Sri Widharto, 2006] :

- a. Menghasilkan sambungan bermutu tinggi biasanya bebas cacat
- b. Bebas dari terbentuknya percikan las
- c. Dapat digunakan dengan atau tanpa bahan penambah (*filler metal*)
- d. Penetrasi (tembusan) pengelasan akan dapat dikendalikan dengan baik
- e. Produksi pengelasan *autogenous* tinggi dan murah
- f. Dapat menggunakan sumber tenaga yang relatif murah
- g. Memungkinkan untuk mengendalikan variabel atau parameter las secara akurat
- h. Dapat digunakan hampir semua jenis metal termasuk pengelasan metal berbeda

Sedangkan kelemahan dari pengelasan GTAW/TIG adalah :

- a. Laju deposisi material lebih rendah dibandingkan pengelasan dengan elektroda terkonsumsi
- b. Memerlukan ketrampilan tangan dan koordinasi juru las lebih tinggi dibandingkan dengan las GMAW (MIG) atau SMAW
- c. Untuk penyambungan bahan $>3/8$ in (10mm) GTAW lebih mahal daripada las dengan elektroda terkonsumsi
- d. Jika kondisi lingkungan terdapat angin yang cukup kencang, fungsi gas pelindung akan berkurang karena terhempas angin.

Variabel penting dalam pengelasan GTAW/TIG diantaranya yaitu

a. Arus busur

Secara umum dapat dikatakan bahwa arus pengelasan menentukan penetrasi las karena berbanding langsung, atau paling tidak secara eksponensial. Arus busur juga mempengaruhi tegangan. Jika voltasenya tetap maka arus bertambah. Karenanya untuk mempertahankan panjang busur pada kepanjangan tertentu, perlu untuk mengubah penyetelan tegangan manakala arus disetel.

GTAW/TIG dapat menggunakan arus searah maupun arus bolak balik. Pemilihan arus tergantung pada jenis bahan yang akan dilas. Arus searah dengan elektroda pada bagian negatif dapat menghasilkan penetrasi yang cukup dalam kecepatan las yang tinggi, terutama apabila gas lindungnya adalah helium. Namun dalam aplikasinya pada pengelasan TIG gas pelindung yang banyak digunakan adalah argon. Gas argon merupakan pilihan yang terbaik untuk pengelasan TIG secara manual baik menggunakan arus searah maupun arus bolak-balik. Ada kemungkinan pemilihan arus yang lain, yakni arus searah dengan elektroda pada bagian positifnya. Proses ini hanya digunakan dalam kondisi khusus saja, karena polaritas seperti ini akan menyebabkan *over heating* pada elektroda.

Jika tegangan busur digunakan untuk mengendalikan panjang busur, harus diperhatikan variabel lainnya, karena seperti elektroda dan gas dapat terkontaminasi kawat las yang tergantung pasokannya *feeding*, perubahan

suhu pada elektroda dan elektroda yang tererosi. Jika variabel ini mampu mempengaruhi tegangan arus, maka tegangan tersebut perlu distel ulang.

b. Tegangan Busur

Tegangan yang diukur antara elektroda tungsten dengan bahan biasanya disebut tegangan busur. Tegangan busur tergantung pada hal arus busur, bentuk ujung elektroda tungsten, jarak antara elektroda tungsten dengan bahan induk dan jenis gas lindung.

Tegangan arus dipengaruhi oleh variabel lainnya dan digunakan untuk menjelaskan prosedur las karena mudah diukur. Karenanya variabel lain seperti gas lindung, elektroda dan jenis arus telah tentu sebelumnya. Maka tinggal tegangan busur saja yang digunakan untuk mengendalikan panjang busur meskipun tegangan busur merupakan variabel yang sulit dipantau.

Panjang busur pada proses pengelasan sangat menentukan lebar kolam las. Untuk semua pengelasan GTAW kecuali pengelasan pada pelat tipis, busur listrik harus dipertahankan sependek mungkin, oleh karenanya juru las harus selalu waspada agar ujung elektroda pengumpanan tercelup kedalam kolam las. Namun dengan sistem mekanisai las yang menggunakan helium sebagai gas lindung dan arus DCEN (*Direct Current Electrode Negative*) serta kuat arus yang relatif cukup penetrasi yang cukup dalam, lanjur las yang sempit dan kecepatan las yang tinggi. Teknik ini disebut las busur teredam (*burried arc*) [Sri Widharto, 2006]

c. Kecepatan Pengelasan (*Travel Speed*)

Kecepatan pengelasan memengaruhi lebar lajur las dan kedalaman penetrasi TIG dan juga berpengaruh terhadap biaya. Pada beberapa aplikasi kecepatan pengelasan dipandang sebagai obyek bersama dengan variabel lainya dipilih untuk mendapatkan konfigurasi las yang dikehendaki pada kecepatan tertentu [Sri Widharto, 2006]

Pada kasus lain, kecepatan pengelasan mungkin merupakan variabel yang tidak bebas yang dipilih dengan variabel lain untuk mendapatkan mutu dan keseragaman las yang diperlukan. Pada jenis mekanisai las, kecepatan pengelasan biasanya tetap untuk segala obyek pengelasan, sedang variabel lainnya seperti arus dan tegangan dapat diatur sesuai dengan kebutuhan

d. Pengumpan kawat las

Cara pengumpanan kawat las kedalam kolam las menentukan jumlah lajur yang terproduksi dan tampak luarnya. Pada mesin las GTAW/TIG yang otomatis, kecepatan pengumpanan kawat las menentukan bahan tambah las yang terdeposisi sersatuan panjang las. Mengurangi kecepatan pengumpanan akan memeperdalam penetrasi dan meratakan bentuk permukaan (*contour*) laju las. Pengumpanan kawat las yang terlalu lambat cenderung akan menghasilkan retak sumbu las dan kekurangan pengisian. Pengumpanan yang cepat akan mendangkalkan penetrasi dan menyebabkan bentuk lajur cenderung cembung [Sri Widharto, 2006]

Berdasarkan beberapa variabel pengelasan yang telah disebutkan dan dijelaskan diatas maka dapat dilihat pada tabel dibawah ini untuk

penggunaan arus , kecepatan pengelasan dan nilai-nilai yang sesuai untuk pengelasan baja karbon

Tabel 2.1 Variabel Pengelasan TIG Baja karbon Aus AID (Batam Institutional Development project, 2001]

DCSP (amp)	Diameter bahan tambah (mm)	Kecepatan pengelasan (Ipm)	Aliran gas argon (Cfh)
15	0,5	12-18	8-10
5-20	0,5	12-18	8-10
15-80	1	12-18	8-10
100-140	1,6	12-18	8-10
140-170	2,4	12-18	8-10
150-200	3,2	10-12	8-10

2.4 Arus dalam pengelasan

Arus AC maupun DC yang digunakan didalam pengelasan didasarkan atas beberapa pertimbangan antara lain jenis logam yang akan dilas maupun kedalaman penetrasi yang akan dicapai dalam pengelasan. Untuk jenis logam yang permukaannya terbentuk oksid seperti alumunium dan magnesium serta logam-logam non ferro yang lain, arus AC (*alternatif current*) dan DCEP (*direct curren electrode positive*) digunakan. Arus AC dan DCEP ini digunakan untuk mengelupas lapisan oksid yang terjadi akibat adanya aliran elektroda dari benda kerja menuju elektroda pada arus DCEP maupun pada setengah siklus AC. Selain dengan kedua arus diatas hampir tidak mungkin logam yang bersangkutan dapat dilas dengan titik cairan logam yang bersangkutan.

Penggunaan jenis arus juga memepengaruhi kedalaman penetrasi yang akan dibentuk. Pada AC distribusi panasnya terjadi $\frac{1}{2}$ untuk bekerja dan $\frac{1}{2}$ untuk

elektroda. Pada arus DCEP $2/3$ panas terjadi pada elektroda dan $1/3$ sisanya terjadi pada benda kerja terjadi pada elektroda dan $1/3$ sisanya terjadi pada benda kerja, sedangkan pada arus DCEN terjadi sebaliknya yaitu $1/3$ panas untuk elektroda dan $2/3$ panas sisanya terjadi pada benda kerja. Konsekuensi distribusi panas yang berbeda ini akan mempengaruhi pada kedalaman penetrasi yang berbeda. Pada AC kedalaman penetrasi sedang dengan lebar kawah sedang. Pada DCEP, lebar kawah lebih besar dengan kedalaman penetrasi lebih dangkal bila dibandingkan AC. Pada DCEN, lebar kawah lebih sempit dan kedalaman penetrasi lebih dalam bila dibandingkan AC pada las TIG [Sri Widharto, 2006].

Berikut adalah jenis logam dan jenis arus yang mungkin digunakan didalam pengelasan gas tungsten.

Tabel 2.2 logam dan jenis arus yang sesuai [Althouse dkk, 1984]

Logam Dasar	Arus		
	Arus	DCEN	AC
Alumunium Sampai Tebal 3/32	J	B	S
Alumunium Sampai Tebal Diatas Tebal 3/32	J	J	S
Alumunium Perunggu	J	J	S
Alumunium Tuang	J	J	S
Tembaga Beryllium	J	B	S
Panduan Tembaga	S	J	B
Paduan Berbasis Tembaga	S	J	B
Besi Tuang	S	J	B
Tembaga Deoksidasi	S	J	J
Logam-Logam Tak Sejenis	S	J	B
Permukaan Keras	B	J	S
Baja Karbon Tinggi	S	J	B
Baja Karbon Tinggi	S	J	B
Baja Karbon Rendah	S	J	B
Baja Karbon Rendah	S	J	B
Magnesium Ketebalan Sampai Dengan 1/8	J	B	S
Magnesium Ketebalan Diatas 1/8	J	J	S
Magnesium Tuang	J	B	S

Nikel Dan Paduan Nikel	S	J	B
Baja Tahan Karat	S	J	B
Silikon Perunggu	S	J	J
Titanium	S	J	S
keterangan : s: sempurna, B: bagus ,J: jelek			

2.5 Elektroda Tungsten

Salah satu hal terpenting lainnya dalam pengelasan adalah Elektroda. Elektroda tungsten adalah elektroda tidak terumpan (*Nonconsumable Electode*) yang berfungsi sebagai pencipta busur nyala saja yang digunakan untuk mencairkan kawat las yang ditambahkan dari luar dan benda yang akan disambung menjadi satu kesatuan sambungan. Elektroda ini tidak berfungsi sebagai logam pengisi sambungan sebagaimana yang bisa dipakai pada elektroda batang gas busur metal atau elektroda gulungan pada las MIG. Ada beberapa tipe elektroda tungsten yang biasa dipakai dalam pengelasan seperti pada tabel dibawah ini :

Tabel.2.3 Tipe elektroda tungsten (Cary,1993:76)

Klasifikasi	Perkiraan komposisi	Kode warna
AWS		
EWP	Tungsten murni	Hijau
EWCe-2	97,3% tungsten, 2% cerium oksida	Oranye
EWLa-1	98,3% tungsten, 1% lathanum oksida	Hitam
EWTh-1	98,3% tungsten, 1% thorium oksida	Kuning
EWTh-2	97,3% tungsten, 2% thorium oksida	Merah
EWZr-1	99,1% tungsten, 0,25% zirconium oksida	Coklat

EWG	94,5% tungsten, sisa tidak disebut	Abu-abu
------------	------------------------------------	---------

Tabel diatas disusun berdasarkan klasifikasi AWS dimana kode :

E : Elektroda

W : Wolfram atau tungsten

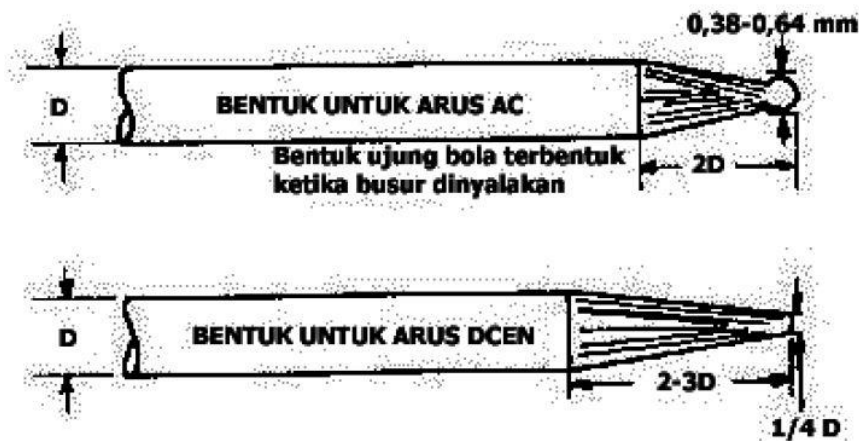
P : Tungsten murni

G : Umum (*general*) dimana komposisi tambahan biasa tidak disebut

Ce-2, La-2, Th-2 dan Zr-1 masing-masing adalah komposisi tabahan sebagaimana dilihat pada tabel diatas.

Elektroda tungsten murni biasa digunakan untuk pengelasan AC pada pengelasan aluminium maupun magnesium. Elektroda tungsten thoriium digunakan untuk pengelasan DC. Elektroda tungsten zirconium digunakan untuk AC-HF argon dan AC Balanced Wave Argon. Elektroda tungsten disediakan dalam berbagai ukuran diameter dan panjang. Untuk diameter mulai dari ukuran 0,254 mm sampai dengan 6,35 mm. Untuk panjang disediakan mulai 76,2 mm sampai dengan 609,6 mm.

Pengelasan elektroda tungsten dilakukan membujur dengan arah putaran gerinda. Pengelasan dengan arah ini akan memudahkan aliran arus yang akan digunakan dalam pengelasan, sebaliknya jika penggerindaan dilakukan secara melintang dengan arah putaran batu gerinda akan mengakibatkan terhambatnya jalan arus yang digunakan untuk mengelas. Adapun penggerindaan elektroda tungsten dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.3 Penggerindaan Elektroda Tungsten [Cary,1993]

Bahan elektroda adalah tungsten murni dan paduan tungsten. Bahan ini tidak terkonsumsi dalam pengelasan apabila diperlukan secara benar dan berhati-hati. Adapun fungsinya sebagai salah satu terminal busur nyala listrik yang menghasilkan panas untuk pencairan bahan kawat las dan bahan induk.

Titik lebur metal tungsten adalah 6.170°F (3.410°C) pada saat tungsten mendekati suhu ini, sifatnya menjadi *thermionic* (sumber pemasok elektron). Suhu tersebut diatas dihasilkan melalui tahanan listrik, jika saja bukan karena pengaruh pendinginan dari penguapan elektron yang keluar dari ujung elektroda, elektroda tersebut akan mencair oleh panas yang dihasilkan dari tahanan listrik tersebut. Pada kenyataannya suhu pada ujung elektroda jauh lebih dingin daripada bagian lain dari elektroda diantaranya ujungnya dan bagian *collet* yang dingin.

Tabel 2.4 Daftar Elektroda [Sri Widharto, 2006]

Garis Tengah Elektroda		Garis Tengah cup gas yang digunakan	Arus Searah (a)		Arus Bolak-balik (a)	
			Polaritas Lurus (DCEN) (b)	Polaritas terbalik (DCEP) (b)	Gelombang tidak balans (c)	Gelombang balanse (c)
inci	mm					
0,010	0,25	¼	Hingga 15		Hingga 15	Hingga 15
0,020	0,50	¼	5-20		5-15	10-20
0,040	1,00	3/8	15-80		10-60	20-30
1/16	1,6	3/8	70-50	10-20	50-100	30-80
3/32	2,4	½	150-250	15-30	100-160	60-130
1/8	3,2	½	250-400	25-40	150-210	100-180
5/32	4,0	½	400-500	40-55	200-275	160-240
3/16	4,8	5/8	500-750	55-80	250-350	190-300
1/4	6,4	3/4	750-1100	80-125	320-450	325-450

Elektroda tungsten diklasifikasikan berdasarkan komposisi kimianya. Persyaratan terkini tentang elektroda tungsten tertera dalam standar ANSI-AWS A5.12 (*Spesifikasi For Tungsten And Tungsten Alloy Electrodes For Arc Welding And Cutting*).

Elektroda diproduksi dengan permukaan halus atau digerinda. Elektroda dengan permukaan halus telah dibersihkan secara kimiawi untuk membuang sampah (*impurities*) dipermukaan metal elektroda setelah proses forming, sedangkan elektroda yang permukaannya digerinda, pembersihan *impurities* dilaksanakan dengan gerinda.

a. Elektroda kelas E.W.P

Elektroda tungsten murni (99,5%) atau lazim disebut EWP hampir tidak mengandung elemen lain yang dicampurkan secara sengaja. Kapasitas mengandung elektroda tungsten murni lebih rendah dibandingkan dengan

elektroda panduan tungsten. Elektroda paduan tungsten murni digunakan khusus untuk pengelasan paduan aluminium dan paduan magnesium. Ujung elektroda EWP yang tetap dalam bentuk bundar memproduksi busur yang stabil. Elektroda ini juga dapat menggunakan DC namun tidak memiliki sifat elektroda *thoriated*, *ceriated*, atau *lanthanated* yang dapat mengawali nyala dan busur yang stabil.

b. Elektroda Kelas E.W.T.h

Sifat *thermionik emission* dari bahan tungsten dapat ditingkatkan dengan memadukannya dengan oksida yang memiliki fungsi kerja sangat rendah. Akibat elektroda mampu menanggung kuat arus las yang lebih tinggi tanpa kegagalan. Sebagai contoh bahan pemuat adalah oksida *thorium*. Untuk mencegah terjadinya masalah identifikasi antar jenis elektroda ini dengan elektroda lain, maka disusun daftar kode identifikasi warna seperti tertera pada tabel diatas. Terdapat dua jenis elektroda tungsten *thoriated* yakni EWTh-1 dan EWTh-2, yang masing-masing mengandung *oksida thorium* ($\text{ThO}_2 = \text{thoria}$) 1% dan 2%.

Jenis elektroda ini lebih baik daripada elektroda tungsten murni jika ditinjau dari beberapa aspek. Elektroda thoria mampu menampung arus las 20% lebih banyak, usianya lebih panjang, dan lebih tahan terhadap kontaminasi las. Dengan menggunakan elektroda jenis ini, penyalaan awal busur lebih mudah serta nyala busur lebih stabil.

EWTh-1 dan EWTh-2 didesain untuk menggunakan listrik DCEN. Ujung elektroda dipertahankan tetap runcing selama pengelasan, yang umumnya lebih cocok pada bahan baja. Elektroda ini jarang digunakan dengan arus AC karena persyaratan pengelasan dengan AC yang mempersyaratkan ujung elektroda berbentuk bundar, tidak dapat dilaksanakan tanpa merusak (membelah) elektroda thorium tersebut.

Thorium adalah metal yang memiliki radio aktif sangat rendah sehingga tidak membahayakan kesehatan, namun apabila pengelasan dilaksanakan didalam ruang tertutup dalam waktu yang lama atau jika penggerindaan elektroda tersebut menimbulkan debu metal yang mungkin terhisap pernafasan, disarankan untuk memasang ventilasi yang memadai.

c. Elektroda kelas E.W.Ce

Elektroda ini disebut *ceriated tungsten electrode* yang diperkenalkan untuk pertama kalinya di Amerika Serikat pada awal 80-an. Elektroda ini dikembangkan sebagai pengganti elektroda *thoriated*, karena cerium bukan merupakan metal yang mengandung radioaktif. EWCe-2 adalah elektroda tungsten yang mengandung 2% oksida cerium (CeO_2) yang lazim disebut ceria. Jenis elektroda ini memperkecil laju evaporasi ataupun *burnt off*. Keunggulan ini meningkat manakala penetrasi kandungan cerium meningkat pula. EWCe-2 dapat dipakai menggunakan arus AC maupun DC.

d. Elektroda kelas E.W.La

Elektroda *lathanum* diciptakan bersamaan dengan elektroda *cerium*. *Lathanum* bukan radioaktif, elektroda ini mengandung *lathanum* (La_2O_3) sebanyak 1% dan dikenal sebagai latana. Sifat dan keuntungannya sama dengan elektroda *cerium*.

e. Elektroda kelas E.W.Zr

Elektroda *zirconiated* tungsten mengandung sedikit *zirconium oxide* (ZrO_2) dan memiliki sifat diantara tungsten *thoriated*. Elektroda ini merupakan pilihan untuk pengelasan dengan AC karena dapat menggabungkan sifat stabilitas busur dan bentuk ujung elektroda yang bulat serta kemampuan seperti elektroda *thoriated* seperti kemudahan mengawali nyala dan kapasitas kuat arusnya.

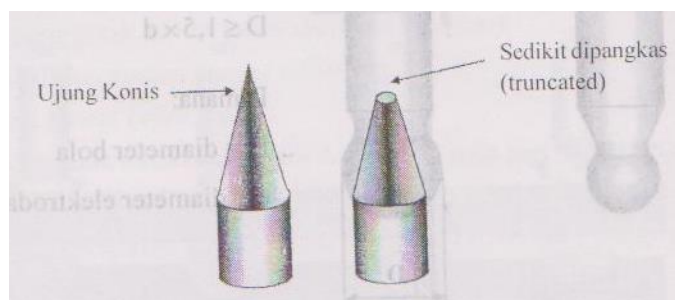
f. Elektroda kelas E.W.G

Elektroda ini didesain untuk mengisi kekurangan elektroda lainnya elektroda kelas EWG mengandung oksida yang tidak terspesifikasi atau gabungan oksida seperti tanah langka dalam jumlah yang tidak tertentu. Maksud pencampuran dengan oksida agar mempengaruhi sifat busur sebagaimana ditentukan oleh pabrik pembuat [Sri Whidarto, 2006]

2.6 Bentuk Ujung Elektroda

Bentuk ujung elektroda merupakan variabel proses yang penting dalam GTAW elektroda tungsten dapat digunakan dalam bentuk ujung (TIP). Ujung berbetuk

bola digunakan untuk tungsten murni dan zirconiater tungsten untuk pengelasan dengan arus AC. Bentuk serong dengan sudut tertentu dan kadang-kadang sedikit terpankaskan merupakan konfigurasi ujung elektroda thoriater, ceriater dan lanthanater untuk digunakan dalam pengelasan arus DC.



Gambar 2.4 Ujung Elektroda [Sri Widharto, 2006]

Bentuk ujung elektroda mempengaruhi bentuk dan ukuran jalur las. Secara umum dapat dikatakan bahwa makin besar sudut ujung elektroda penetrasi pengelasan bertambah dalam dan jalur las menyempit. Walaupun elektroda diameter kecil dipasok dengan ujung persegi untuk pengelasan dengan menggunakan sistem DCEN, bentuk ukuran yang diserongkan akan memperbaiki kinerja pengelasan.

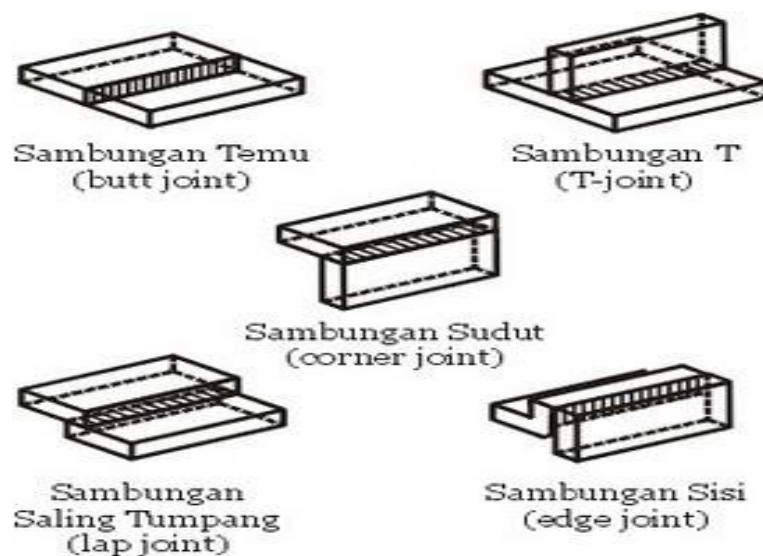
Manakala prosedur las telah tersusun dengan bentuk ujung elektroda tertentu maka pelaksanaan pengelasan yang sesuai dengan WPS tersebut harus konsisten dalam menggunakan bentuk ujung elektroda tidak boleh berganti-ganti. Karena perubahan bentuk ujung elektroda mempengaruhi bentuk dan ukuran jalur las, maka dalam mempersiapkan suatu WPS, bentuk ujung elektroda harus merupakan variabel yang benar-benar dikaji terlebih dahulu sebelum ditetapkan untuk digunakan didalam WPS.

Ujung elektroda tungsten dapat membentuk bola, diruncingkan secara kimiawi. Secara umum bentuk ujung elektroda yang tersedia dipasar adalah konis. Bentuk ini kemungkinan akan diubah sesuai dengan kebutuhan dengan cara menggerinda atau dengan cara lain yang dapat lebih bagus [Sri Widharto, 2006].

2.7 Jenis Sambungan Las

Penyambungan dalam pengelasan diperlukan untuk meneruskan beban atau tegangan diantara bagian-bagian yang disambung. Karena meneruskan beban, maka bagian sambungan juga akan menerima beban. Oleh karena itu sambungan pengelasan paling tidak juga memiliki kekuatan yang sama dengan bagian yang disambung. Untuk dapat menyambung dua komponen logam diperlukan berbagai jenis kampuh sambungan. Pada kampuh ini selanjutnya logam tambahan diberikan sehingga terdapat kesatuan antara komponen [Sonawan, 2003].

Sambungan las pada konstruksi baja pada dasarnya dibagi dalam sambungan tumpul, sambungan T, sambungan sudut, dan sambungan tumpang. Sebagai perkembangan sambungan dasar tersebut diatas terjadi sambungan silang, sambungan dengan penguat dan sambungan sisi. Jenis sambungan tergantung dari berbagai faktor seperti ukuran, dan bentuk batang yang akan membentuk sambungan, tipe pembebanan, besarnya luas sambungan yang akan dilas dan biaya relatif untuk berbagai macam sambungan las.



Gambar.2.5 Jenis-jenis sambungan dasar pada pengelasan [Wiryosumarto, 2004]

Ada lima jenis sambungan dasar dalam pengelasan (seperti pada gambar 2.5) meskipun dalam praktiknya dapat ditemukan banyak variasi dan kombinasi diantara nya adalah :

a. Sambungan tumpul/temu bidang (*butt joint*)

Sambungan tumpul adalah jenis sambungan yang paling efisien. Bentuk alur sambungan ini sangat mempengaruhi efisiensi pengerjaan, efisiensi sambungan dan jaminan pengerjaan. Kerena pemilihan alur sangat peting dimana bentuk alur dan sambungan datar ini sudah banyak distandarkan dalam standar AWS, BS, DIN, GOST, JSSC dan lain-lain. Sambungan tumpul digunakan untuk menyambung ujung-ujung plat yang datar dengan ketebalan yang sama atau hampir sama biasanya divariasikan pada alur atau

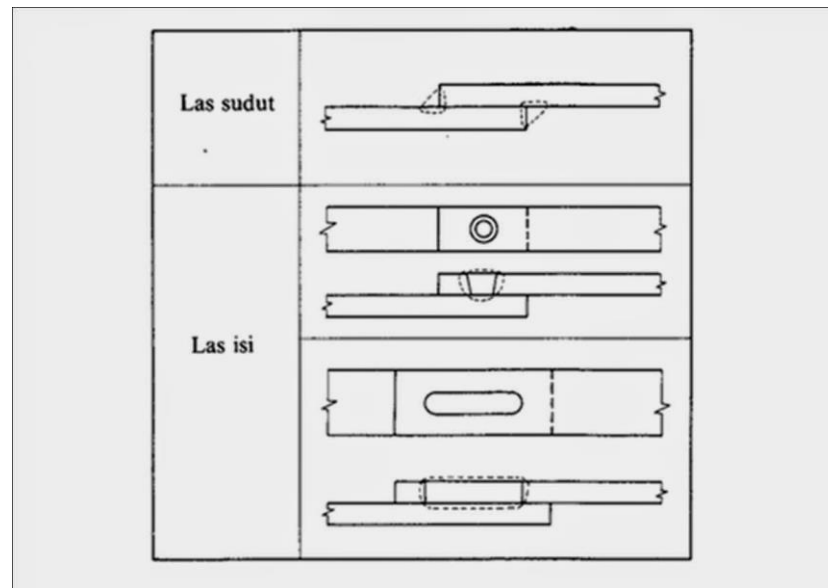
kampuh. Jenis kampuh sambungan tumpul (*butt Joint*) dapat dilihat pada gambar 2.4

Jenis lasan Jenis alur	Lasan dengan alur		
	Lasan Penetrasi penuh tanpa pelat penahan	Lasan penetrasi penuh dengan pelat penahan	Lasan penetrasi sebagian
Persegi (I)			
V tunggal (V)			
Tirus tunggal (V)			
U tunggal (U)		—	
V ganda (X)		—	
Tirus ganda (K)		—	
U ganda (H) (DU)		—	
J tunggal (J)		—	
J ganda (Dj)		—	

Gambar 2.6 Alur sambungan las tumpul [Wiryosumarto, 2004]

b. Sambungan Tumpang (*Lap Joint*)

Jenis di tujukkan seperti pada gambar karena sambungan ini effisiensinya rendah maka jarang sekali digunakan untuk pelaksanaan sambungan konstruksi utama. Sambungan tumpang biasanya dilaksanakan dengan las sudut dan las sisi. Sambungan tumpang (*lap joint*) digunakan untuk menyambung pelat yang memiliki ketebalan yang berbeda, kelebihan sambungan ini adalah sambungan ini tidak membutuhkan kampuh atau alur.



Gambar 2.7 Kampuh Sambungan Tumpang [Sonawan, 2003]

c. Sambungan Bentuk T (*Tee Joint*)

Pada sambungan bentuk ini secara garis besar dibagi dalam dua jenis yaitu jenis las dengan alur dan jenis las sudut. Dalam pelaksanaan pengelasan mungkin sekali ada bagian batang yang menghalangi yang dalam hal ini dapat diatasi dengan memperbesar sudut alur. Sambungan bentuk T (*tee joint*) digunakan untuk menyambung plat pada bagian-bagian *built up*, seperti profil T, profil I, atau bagian-bagian yang berbentuk rangka.

d. Sambungan sudut (*Corner Joint*)

Pada sambungan ini dapat terjadi penyusutan dalam arah tebal pelat yang menyebabkan terjadinya retak ramel. Bila pengelasan dalam tidak karena sempit nya ruang maka pelaksanaannya dapat dilakukan dengan pengelasan tembus atau pengelasan dengan pelat pembantu. Sambungan sudut (*corner joint*) digunakan untuk membentuk penampang *boks* segi empat terangkai

(*built-up*) seperti untuk balok baja yang membutuhkan ketahanan terhadap torsi yang tinggi

e. Sambungan Sisi (*Edge Joint*)

Sambungan sisi dibagi dalam sambungan las dengan alur dan sambungan las ujung. Untuk jenis yang pertama pada pelatnya harus dibuat alur sedangkan pada dua jenis pengelasan dilakukan pada ujung pelat tanpa ada alur. Sambungan ini digunakan untuk menjaga dua atau lebih pelat agar tetap pada satu bidang tertentu ataupun untuk mempertahankan kedudukan seperti semula.

Pemilihan jenis sambungan las terutama didasarkan pada ketebalan pelat yang akan dilas. Dalam pengelasan, ada yang disebut pelat tipis dan pelat tebal. Menurut AWS (*American Welding Societi*) disebut pelat tipis apabila ketebalannya kurang dari 1 inci atau 25,4 mm dan disebut pelat tebal apabila ketebalannya lebih dari satu inci. Mungkin saja dalam pemilihan sambungan terdapat lebih dari dua sambungan yang memenuhi persyaratan ketebalan pelat. Jika hal itu terjadi maka harus dipilih kembali salahsatu dari jenis sambungan yang ada [Sonawan, 2003]

2.8 Posisi Pengelasan

Posisi atau sikap pengelasan yaitu pengaturan posisi atau letak gerakan elektroda las. Posisi pengelasan yang digunakan biasanya tergantung dari letak kampuh-kampuh atau celah-celah benda kerja yang akan dilas. Posisi-posisi pengelasan terdiri dari posisi pengelasan dibawah tangan (*down hand position*), posisi pengelasan mendatar (*horizontal position*) posisi pengelasan tegak (*vertical*

position) dan posisi pengelasan diatas kepala (*over head position*) seperti dijelaskan dibawah ini [Kenyon, 1985]

1. Posisi pengelasan dibawah tangan (*down hand position*)

Posisi pengelasan ini adalah posisi yang paling mudah dilakukan. Posisi ini dilakukan untuk pengelasan pada permukaan datar atau miring yaitu letak elektroda berada diatas benda kerja

2. Posisi pengelasan mendatar (*horizontal position*)

Mengelas dengan posisi horizontal merupakan pengelasan yang arahnya mengikuti arah garis mendatar/*horizontal*. Pada posisi pengelasan ini kemiringan dan arah ayunan elektroda harus diperhatikan karena akan sangat mempengaruhi hasil pengelasan. Posisi benda kerja biasanya berdiri tegak atau agak miring sedikit dari elektroda las. pengelasan posisi mendatar sering digunakan untuk pengelasan benda-benda yang berdiri tegak. Misalnya pengelasan badan kapal laut arah *horizontal*.

3. Posisi pengelasan tegak (*vertical position*)

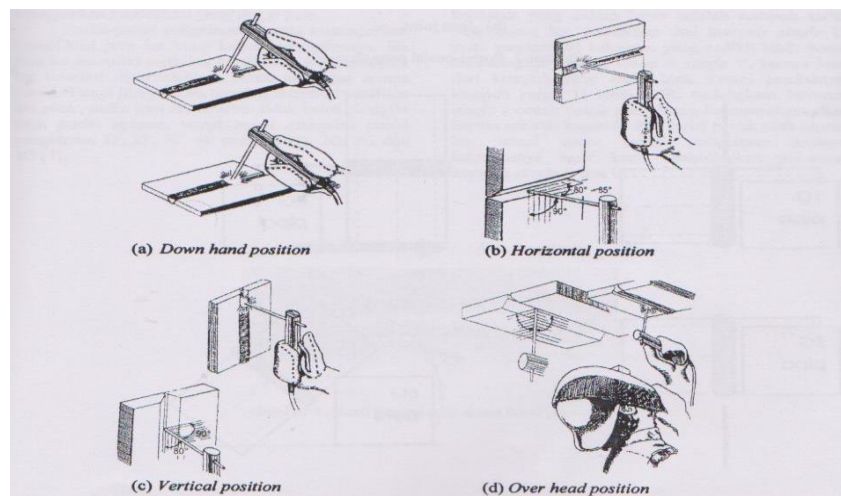
Mengelas dengan posisi tegak merupakan pengelasan yang arahnya mengikuti arah garis tegak/*vertikal*. Seperti pada *horizontal position* pada *vertikal position*, posisi benda kerja biasanya berdiri tegak atau agak miring sedikit searah dengan gerak elektroda las yaitu naik atau turun. Misalnya pada pengelasan badan kapal laut arah *vertikal*.

4. Posisi pengelasan diatas kepala (*over head position*)

Benda kerja terletak diatas kepala *welder*, sehingga pengelasan dilakukan diatas kepala operator atau *welder*. Posisi ini lebih sulit dibandingkan dengan pengelasan-pengelasan yang lain. Posisi pengelasan ini dilakukan untuk

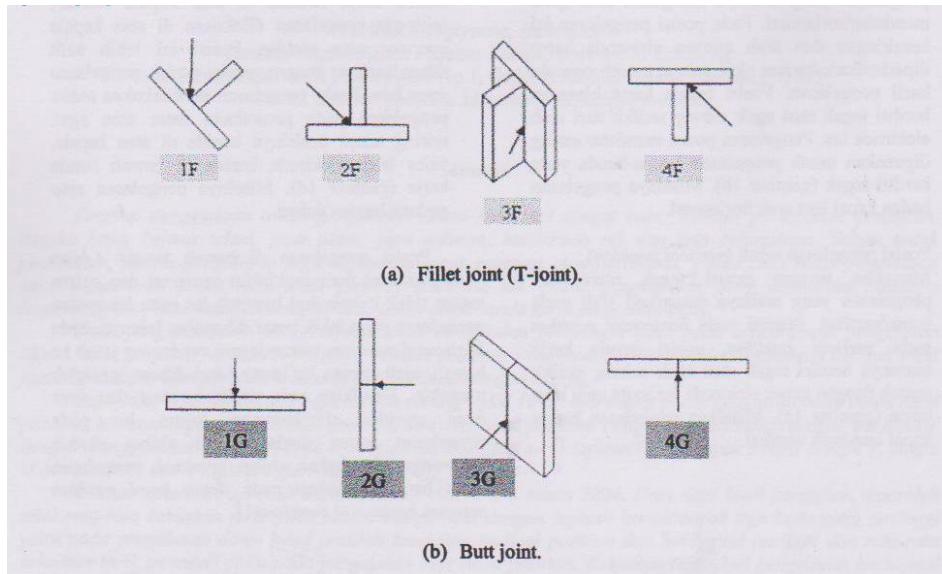
pengelasan pada permukaan pada permukaan datar atau agak miring tetapi posisinya diatas kepala, yaitu letak elektrodanya berada dibawah benda kerja. Misalnya pengelasan atap bagian gudang dalam.

Posisi pengelasan dibawah tangan (*down hand position*) memungkinkan penetrasi dan cairan logam tidak keluar dari kampuh las serta kecepatan pengelasan yang lebih besar dibanding yang lainnya. Pada *horizontal position*, cairan logam cenderung jatuh kebawah, oleh karena itu busur (*arc*) dibuat sependek mungkin. Demikian pula untuk *vertical* dan *over head position*. Penimbunan logam las pada pengelasan busur nyala terjadi akibat medan *elektromagnetic* bukan akibat grafitasi, pengelasan tidak harus dilakukan pada *down hand position* ataupun *horizontal position* [Bintoro, 2000]

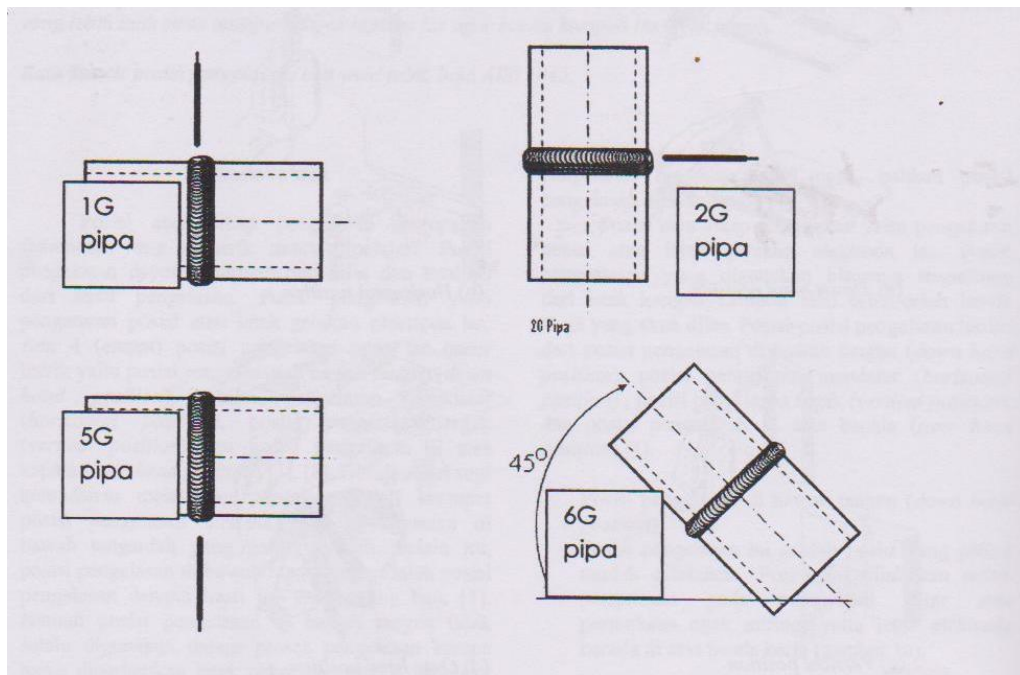


Gambar 2.8 Posisi pengelasan [Bintoro, 2000]

Penempatan benda kerja disesuaikan dengan permintaan, dalam hal ini adalah penyesuaian posisi pengelasan. Contoh posisi-posisi pengelasan seperti gambar berikut :



Gambar 2.9 Posisi-Posisi Pengelasan Plat



Gambar 2.10 Posisi-Posisi Pengelasan Untuk Pengelasan Pipa [Sonawan, 2003]

Posisi pengelasan 1 G pipa, pada pengelasan pipa 1 G ini, pipa di putar dan pengelasan tatap memposisikan elektroda diatas material (*down hand position*).

Pengelasan 2 G pipa, pipa diam juru las mengelas mengitari pipa atau sama seperti *horizontal position*.

Pengelasan 5 G pipa, pipa diam, juru las mengelas diawali dari bagian bawah terus melingkar berhenti dipipa bagian atas pada posisi sebelahnyanya. Pada sisi lain dilakukan dengan cara yang sama yaitu diawali dari bawah terus melingkar dan berhenti diatas. Pengelasan ini disebut dengan posisi pengelasan 5G up *Hill* atau *vertical position*.

Posisi pengelasan diatas kepala adalah posisi 6G pemasangan pipa dimiringkan 45 derajat terhadap sumbu horizontal. Pengelasan dilakukan dari pipa bagian bawah terus melingkar kearah kanan/kiri dan berhenti diatas. Dilanjutkan dengan pengelasan sebaaiknya diawali dari bawah dan terus melingkar berhenti dibagian atas. Cara pengelasan ini disebut 6G *up hill* atau seperti *over head position*.

Angka-angka pada posisi pengelasan tersebut diatas menunjukkan tingkat-tingkat posisi pengelasan. Angka yang semakin tinggi berarti menunjukkan kualitas yang tinggi pula.

Posisi-posisi pengelasan diatas menunjukkan kualifikasi juru las yang berhak mengelasnya. Jika juru las memiliki las tersebut diperbolehkan utuk mengelas semua posisi [Sonawan, 2003]

2.9 Baja Karbon Medium

Baja adalah paduan antara unsur besi (*Fe*) dan karbon (*C*) serta beberapa unsur tambahan lain , seperti Mangan (*Mn*), Alumunium (*Al*), Silikon (*Si*) dan lain-lain.

Seperti diketahui bahwa, didalam baja karbon terdapat *ferite*, *pearlite*, dan *cementit* yang merupakan fasa-fasa yang terbentuk selama proses pemanasan maupun pendinginan.

Baja karbon berdasarkan kandungan carbon, dapat digolongkan menjadi 3 bagian yaitu :

- a. Baja carbon rendah memiliki kadar karbon antar 0,1 % hingga 0,25%
- b. Baja carbon sedang memiliki kadar carbon antara 0,25% hingga 0,55%
- c. Baja Carbon tinggi, memiliki kadar carbon antara 0,55% hingga 2,0%

Pengaruh utama carbon dalam baja adalah pada kekuatan, kekerasan, dan sifat mudah dibentuk. Kandungan carbon yang besar dalam baja mengakibatkan meningkatnya kekerasan tetapi baja tersebut akan rapuh dan tidak mudah dibentuk [Davis.1982].

Baja karbon medium banyak digunakan untuk keperluan komponen otomotif misalnya komponen roda gigi pada kendaraan bermotor. Contoh komposisi kimia pada baja karbon medium AISI 1045 dapat di lihat pada tabel

Tabel 2.5 Komposisi Kimia Baja AISI 1045 [Avner, 1974]

kode	C%	Si%	Mn%	Mo%	P%	S%
AISI1045	0,4-0,45	0,1-0,3	0,60-0,90	0,025	0,04 Max	0,05max

Baja AISI 1045 disebut juga sebagai baja karbon medium karena sesuai dengan pengkodean Internasional, yaitu seri 10 xx menunjukkan plain karbon kemudian xx setelah angka 10 menunjukkan komposisi karbon, sehingga baja karbon AISI 1045 menunjukan baja karbon atau plain karbon steel yang mempunyai komposisi

karbon 0,45%. Pada aplikasinya baja tersebut harus memiliki ketahanan aus yang baik sesuai dengan fungsinya harus menahan keausan akibat gesekan terutama padaomotif. Ketahanan aus didefinisikan sebagai ketahanan terhadap abrasi atau ketahanan pengurangan dimensi akibat suatu gesekan [Avner.1974]

Unsur baja karbon dapat dilihat pada tabel dibawah

Tabel 2.6 Unsur baja karbon [Teguh Sugiarto, 2013]

UNSUR	%	SIFAT MEKANISNYA
Karbon	0,42,-0,50	<i>Tensile strength</i>
Mangan	0,60-0,90	<i>Yield strength</i>
Fosfor	Maksimum 0,035	<i>Elongation</i>
Sulfur	Maksimum 0,040	<i>Reduction in area</i>
Silicon	0,15-0,40	<i>Hardnes</i>

Pengujian baja karbon AISI 1045 *Raw material* merupakan pengujian yang cukup penting untuk dilakukan dalam pembahasan mengenai analisis ketahanan lelah baja karbon sedang AISI 1045 dengan heat treatmen (*quencing*) dengan menggunakan alat rotary banding [teguh sugiarto, 2013].

2.10 Struktur Mikro Baja karbon

Siklus *Thermal* akan menjadi pada saat dilakukannya proses pengelasan baja karbon. Siklus *thermal* las adalah proses pemanasan dan pendinginan yang terjadi di daerah pengelasan. Gambar dibawah ini menunjukkan diagram fasa besi karbon yang menampilkan antara hubungan temperatur dengan perubahan fasa selama proses pemanasan dan pendinginan yang lambat [Wiryo Sumarto, 2000]

Titik titik penting yang mengisi diagram adalah

A : titik cair besi

B : titik pada cairan yang ada hubungannya dengan reaksi *peritektik*

H : larutan pada δ yang ada hubungannya dengan reaksi *peritektik* kelarutan maksimum adalah 0,10%.

J : titik *peritektik*. Selama pendinginan austenit pada komposisi J, fasa γ terbentuk larutan padat δ pada komposisi H dan cairan pada komposisi B.

N : titik *transformasi* dari besi δ dan ke besi γ , titik *transformasi* A₄ dari besi Murni

C : titik *eutektik* , selama pendinginan fasa γ dengan komposisi E dan *sementit* pada komposisi F (6,67% C) terbentuk dari cairan pada komposisi C. Fasa *Eutektik* ini disebut *ledeburit*

E : titik yang menyatakan fasa γ ada hubungan dengan reaksi *eutektik*. Kelarutan maksimum dari karbon 2,14 % paduan karbon pada komposisi ini disebut baja

G : titik transformasi besi γ dari dan ke besi α , titik transformasi A₃ untuk besi.

P : titik yang menyatakan *ferrit* , fasa α ada hubungan dengan reaksi *eutectoid*. Kelarutan maksimum dari karbon kira-kira 0,02%

S : titik *eutectoid*. Selama pendinginan *ferit* pada komposisi P dan *simentit* pada komposisi K (sama dengan F) terbentuk simultan dari *austenit* pada komposisi S.

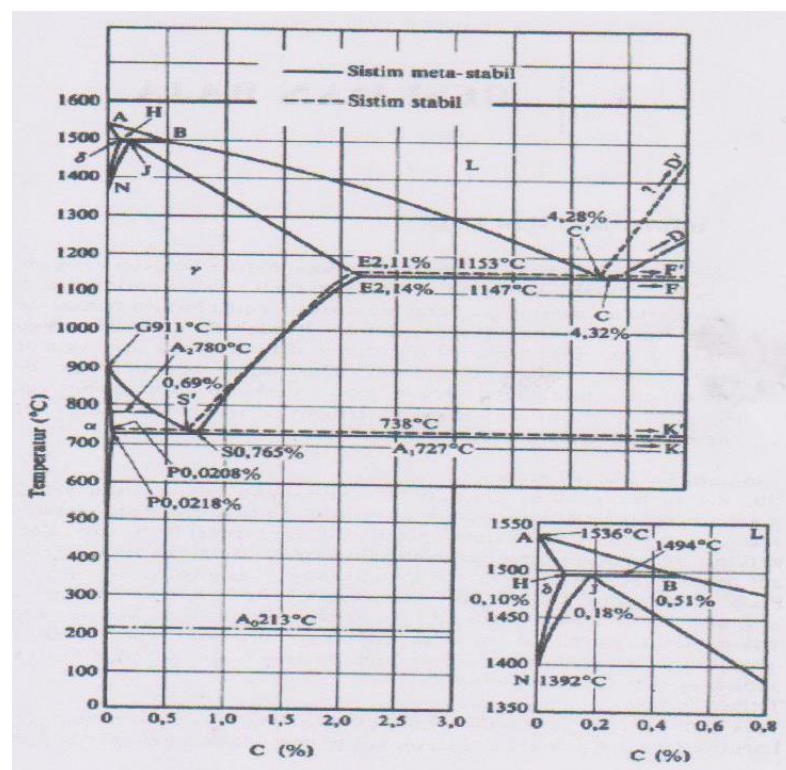
Reaksi *eutectoid* ini dinamakan reaksi A_1 dan fasa *eutectoid* ini disebut perlit

GS : garis yang menyatakan hubungan antara temperature dengan komposisi , dimana mulai terbentuk *ferit* dari *austenit* . garis ini dinamakan garis a_3 .

ES : garis yang menyatakan hubungan antara temperatur dengan komposisi dimana mulai terbentuk *sementit* dari *austenit*. Garis ini dinamakan garis A_{cm}

A_2 : titik transformasi magnetic untuk besi atau *ferit*

A_0 : titik transformasi magnetik untuk *simentit*

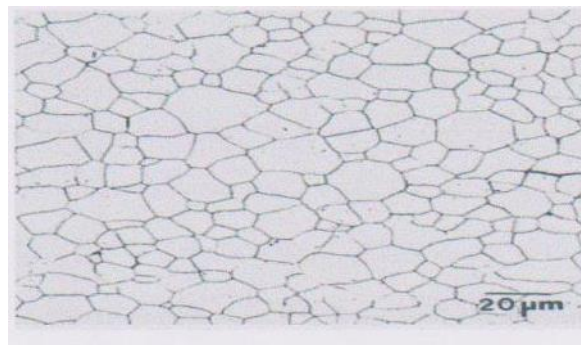


Gambar 2.11 Diagram fasa besi karbon [Tata surdia, 1980]

Fasa yang ada pada besi karbon dapat dijelaskan sebagai berikut [suratman, 1994]

a. *Ferrit* (α)

Ferrit adalah fasa larutan padat yang memiliki struktur BCC (*body centered cubic*) *ferrit* ini akan terbentuk pada proses pendinginan lambat dari *austenit* baja *hipoeutectoid* (baja dengan kandungan karbon $<0,8\%$) yang bersifat lunak, ulet, memiliki kekerasan (70-100) BHN dan konduktifitas *thermalnya* tinggi.



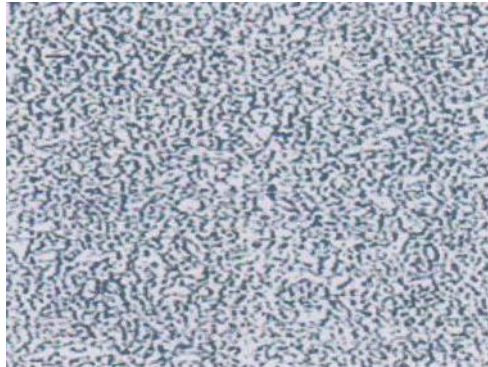
Gambar 2.12 Struktur Mikro *ferrite* [www.struktur mikro ferrit]

b. *Austenit* (γ)

Fase *austenite* memiliki struktur atom FCC (*face centered Cubic*). Dalam keadaan setimbang fasa *austenit* ditemukan pada temperatur tinggi. Fasa ini bersifat non magneik dan ulet (*ductile*) pada temperatur tinggi. Kelarutan atom karbon didalam larutan padat *austenite* lebih besar jika dibandingkan dengan kelarutan atom karbon pada fase *ferrit*. Secara geometrik dapat dihitung perbandingan besarnya ruang *intertisi* di dalam fasa *austenite* (kristal FCC) dan fasa *ferrite* (kristal FCC)

c. *Cementite* (Fe_3C)

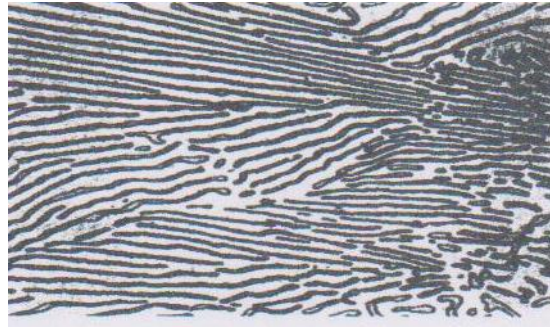
Adalah senyawa besi dengan karbon yang pada umumnya dikenal sebagai karbida besi dengan rumus kimia Fe_3C dengan bentuk sel satuan *ortorombik* dan bersifat keras (65-68) HRC



Gambar 2.13 Striuktur mikro cementite [www.struktur mikro cementit]

d. *Perlit* ($\alpha + \text{Fe}_3\text{C}$)

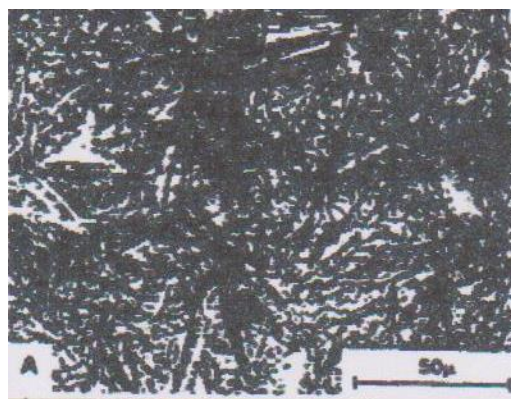
Perlit adalah campuran *ferite* dan *cementite* berlapis dalam suatu struktur butir, dengan nilai kekerasan (10-30) HRC. Pendinginan yang lambat akan menghasilkan struktur *perlite* yang kasar, sedangkan struktur mikro perlit halus terbentuk dari hasil pendinginan cepat. Baja yang memiliki struktur mikro perlit kasar kekuatannya lebih rendah bila dibandingkan dengan baja yang memiliki struktur mikro perlit halus.



Gambar 2.14 struktur mikro perlit [sonawan, 2003]

e. *Martensit*

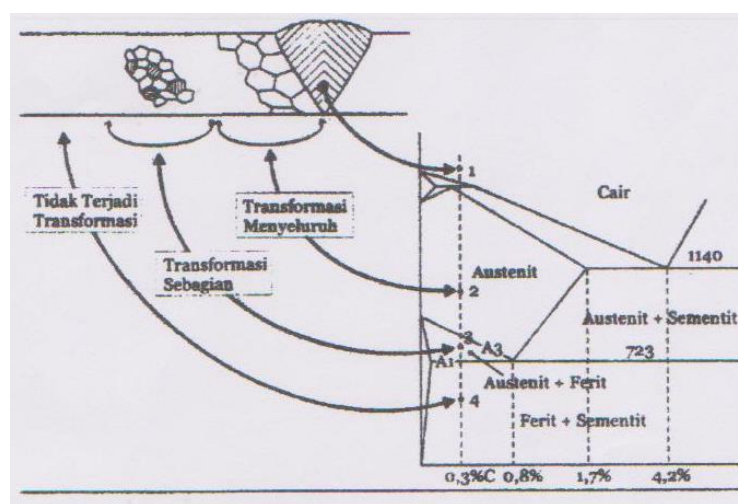
Terbentuk dari pendinginan cepat fasa *austenit* sehingga mengakibatkan sel satuan FCC bertransformasi secara cepat menjadi BCC. Unsur karbon yang larut dalam BCC terperangkap dan tetap berada dalam sel satuan itu, hal tersebut menyebabkan terjadinya distorsi sel satuan sehingga sel satuan BCC berubah menjadi BCT. Struktur mikro *martensit* berbentuk seperti jaum-jarum halus , namun bersifat kasar (20-67) HRC dan getas.



Gambar 2.15 Struktur mikro martensit [sonawan ,2003]

Transormasi fasa pada daerah pengelasan seperti yang ditunjukkan pada gambar dibawah ini dapat dianalisa secara eksperimental dengan

menggunakan diagram CCT (*continuous cooling transformation*), karena kecepatan pendinginan dari temperatur austenit sampai temperatur ruangan berlangsung secara cepat. Kecepatan pendinginan tersebut pada kekuatan sambungan las , karena akan menentukan fasa akhir yang terbentuk [Sonawan , 2003]



Gambar 2.16 Transformasi fasa pada logam hasil pengelasan

[sonawan,2003]

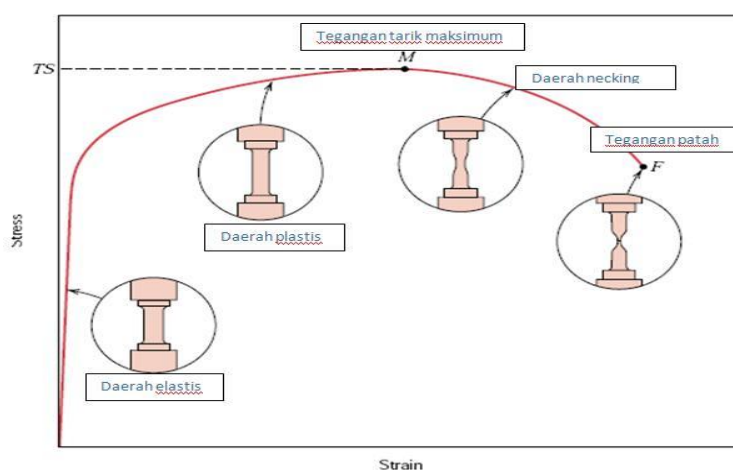
2.11 Pengujian Kekuatan Hasil Lasan

pengujian untuk mengetahui kekuatan dan cacat yang terjadi didaerah sambungan las hasil pengelasan dapat dilakukan dengan pengujian merusak dan pengujian tidak merusak. Pengujian merusak dapat dilakukan dengan uji mekanik untuk mengetahui kekuatan sambungan logam hasil pengelasan. Pengujian merusak pada daerah lasan dapat diklasifikasikan dalam beberapa jenis diantaranya Uji tarik, uji kekerasan dan uji fatik. Jenis pengujian pada penelitian ini menggunakan metode uji tarik dan foto mikro

1. Uji Tarik

Kekuatan tarik suatu material dapat dilihat dari pengujian tarik. Uji tarik merupakan salah satu dari beberapa pengujian yang umum digunakan untuk mengetahui sifat mekanik dari suatu material. Dalam bentuk yang sederhana, uji tarik dilakukan dengan cara menjepit kedua ujung spesimen uji tarik pada rangka beban uji tarik. Gaya tarik terhadap spesimen uji tarik diberikan oleh mesin uji tarik (*universal testing machine*) yang menyebabkan terjadinya pemanjangan spesimen uji dan sampai terjadi patah [Toni, 2005]

Sifat mekanik yang dihasilkan dari uji tarik dapat dilihat pada kurva tegangan-regangan. Adapun sifat-sifat mekanik yang ingin diketahui dari uji tarik ini antara lain kekuatan luluh (σ_y), modulus *Elastisitas Young* (E), kekuatan tarik (σ_{UTS}), dan persentase pemanjangan total ($\% \epsilon_f$). contoh kurva pengujian dapat dilihat pada gambar dibawah ini [Gedney, 2005]



Gambar 2.17 Contoh Kurva uji tarik

<https://rudydwi.wordpress.com/2010/03/28/mengetahui-sifat-mekanik-material-dengan-uji-tarik>

Dalam pengujian, spesimen uji dibebani dengan kenaikan beban perlahan-lahan hingga spesimen uji tersebut patah, kemudian sifat tegangan tariknya dapat dihitung dengan persamaan :

$$\sigma_{UTS} = \frac{P_{max}}{A_i} \text{ (MPa)} \quad (3)$$

Dalam hal ini, bahwa untuk luas penampang selalu diambil luas penampang semula. Tegangan yang dihitung disebut tegangan normal sedangkan regangan diartikan sebagai perpanjangan pada setiap satuan panjang, yang ditentukan dalam jumlah persentase perpanjangan material. Kekuatan tarik (*tensile strength*) akan meningkat. Hal ini disebabkan karena pada pengujian tarik beban yang bekerja adalah secara aksial yang berlawanan dengan arah dari tegangan dalam, sehingga dengan naiknya kekerasan akan meningkatkan kekuatan tarik dari suatu material. Kekuatan tarik atau kekuatan tarik maksimum (*ultimate tensile strength* σ_{UTS}) adalah pembebanan maksimum selama uji tarik dengan kenaikan beban perlahan-lahan hingga spesimen uji tersebut patah. Pada material yang memiliki sifat getas, tegangan tertinggi terjadi pada titik patahnya (σ_f). Beban tertinggi diperoleh sembarang titik pada pengujian (P_{max}) digunakan untuk mendapatkan kekuatan tarik maksimum yaitu dengan membagi nilai P_{max} dengan luas *original cross sectional* (A_i) dan untuk beberapa material getas, maka nilai $\sigma_u = \sigma_f$ sedang untuk material yang bersifat ulet maka nilai σ_u dapat melampaui nilai σ_f . Kekuatan luluh merupakan nilai yang sangat penting dalam sebuah desain struktur teknik karena nilai merupakan kekuatan dimana logam atau paduan

mulai menunjukkan deformasi plastis secara signifikan. Berdasarkan pada karakteristik regangan baja, kekuatan luluh dapat dijelaskan dalam dua cara

- a. Tegangan minimum pada bagian *yeld point elongation* (YPE) untuk material yang luluh secara tidak kontinyu.
- b. Tegangan pada regangan *offset* 0,2 % untuk material yang luluh secara kontinyu.

Keuletan merupakan kemampuan dari sebuah material untuk mengatasi deformasi non-elastis tanpa terjadi perpatahan. Pada kondisi pembebanan tarik, keuletan merupakan kemampuan terhadap peregangan oleh regangan plastis. *Enginer fracstture stain* (ϵ_f) merupakan sebuah ukuran terhadap keuletan. Hal ini diperoleh dari pemanjangan pada saat patah (L_f) dan panjang awal (L_i) [Dowling, 1999].

Gradien bagian linier awal kurva tegangan-regangan adalah *modulus elastis Young*. *Modulus elasatis* adalah ukuran kekuatan suatu material dimana semakin besar modulus elastis maka semakin kecil regangan elastis yang dihasilkan akibat pemberian tegangan. Modulus elastis ditentukan oleh gaya ikat antar atom karena gaya-gaya ini tidak dapat diubah tanpa terjadinya perubahan mendasar pada sifat material. Sifat ini hanya sedikit berubah oleh adanya penambahan paduan, perlakuan panas atau pengerjaan dingin sangat menentukan perubahan tersebut [Dieter, 1988].

2. Uji Foto Mikro

Pada pengujian mikro ini, kualitas material ditentukan dengan mengamati struktur material tersebut dengan menggunakan mikroskop. Disamping itu,

dapat pula mengenai cacat pada bagian yang tidak teratur. Mikroskop yang digunakan adalah mikroskop optik, tetapi memperoleh kekuatan yang tinggi maka perlu digunakan mikroskop elektron. Dalam hal tertentu digunakan alat khusus yaitu mikroskop pirometri untuk bisa mengamati perubahan-perubahan yang disebabkan oleh temperatur, atau dapat dipakai alat penganalisa mikro dimana kotoran kecil dalam struktur dapat dianalisa. Permukaan logam uji diperoleh dan diperiksa secara langsung dibawah mikroskop atau dilakukan lebih dahulu bermacam-macam etsa baru dibawah mikroskop.

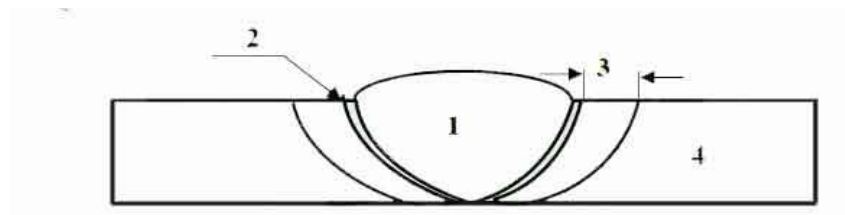
2.12 Metalurgi LAS

Pengelasan adalah proses penyambungan dengan menggunakan energi panas, karena proses ini maka logam disekitar lasan mengalami siklus termal cepat yang menyebabkan terjadinya perubahan-perubahan metalurgi yang rumit, deformasi dan tegangan-tegangan thermal. Hal ini sangat berhubungan erat dengan ketangguhan, cacat las, retak dan lain sebagainya yang umumnya memiliki pengaruh yang fatal terhadap keamanan dan konstruksi las.

Logam akan mengalami pengaruh pemanasan hasil pengelasan dan mengalami perubahan struktur mikro didaerah lasan. Bentuk struktur mikro tergantung pada temperatur tinggi yang di capai pada pengelasan, kecepatan pengelasan, dan laju pendinginan pengelasan. Daerah logam yang mengalami perubahan struktur mikro akibat mengalami pemanasan karena pengelasan disebut daerah pengaruh panas (DPP) atau *Heat efektif zone* [Sibrani.2004]

Daerah lasan terdiri dari tiga bagian diantaranya yaitu :

1. Logam las adalah bagian dari logam yang pada waktu pengelasan mencair kemudian membeku.
2. Fusion line yaitu garis penggabungan atau garis batas cair antara logam las dan logam induk.
3. Daerah pengaruh panas disebut HAZ (*Heat Effected Zone*) adalah logam dasar yang bersebelahan dengan logam las selama pengelasan mengalami pemanasan dan pendinginan yang cepat. Pembagian daerah lasan dapat dilihat pada gambar dibawah ini



- Keterangan :
1. Weld Metal (Logam Las)
 2. Fusion Line (Garis Penggabungan)
 3. HAZ (Daerah pengaruh panas)
 4. Logam Induk

Gambar 2.18 Daerah Lasan [Harsono, 2000]

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di beberapa tempat sebagai berikut :

- a. Pembuatan spesimen dengan sambungan tumpul (*butt joint*) alur bentuk V dilakukan di Laboratorium Produksi Jurusan Teknik Mesin Unila
- b. Pengelasan dilakukan di PDD (Program Studi Di luar Domisili) Diploma II Universitas Lampung yang berlokasi di Kabupaten Mesuji, Kecamatan Tanjung Raya.
- c. Pengujian Struktur mikro dilaksanakan di laboratorium LIPI Tanjung Bintang
- d. Pengujian tarik dilaksanakan di Laboratorium BPPT-B2TKS Puspitek Serpong

3.2 Alat yang digunakan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu

- a. Alat untuk proses pengelasan
 - Mesin Las TIG dan perlengkapannya digunakan untuk pengelasan spesimen.

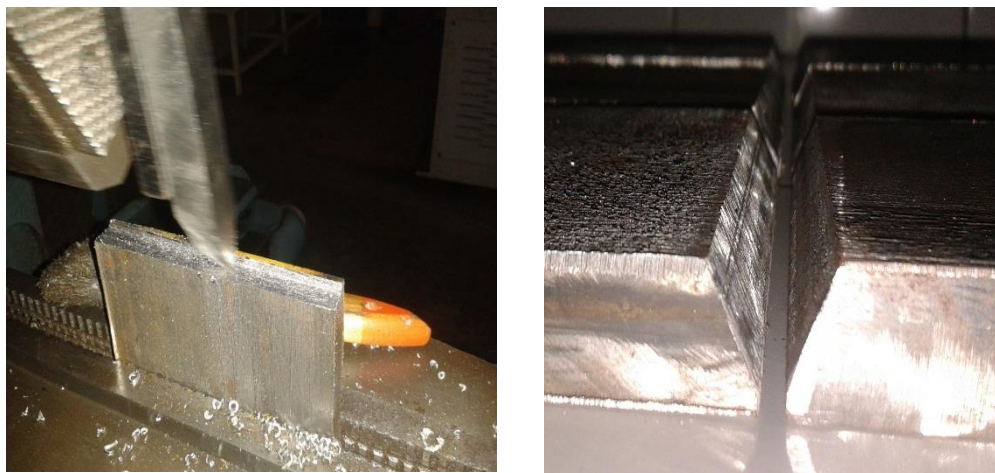
- Sikat baja, kain pembersih dan peralatan pendukung lainnya.
- b. Tungsten yang digunakan pada pengelasan TIG (*Tungsten Inert Gas*) ini adalah tungsten dengan ukuran diameter 1,6 mm, 2,4 mm, dan 3,2 mm.
- c. Alat untuk membuat spesimen
 - Gerinda digunakan untuk membuat geometri mata pahat sesuai dengan geometri yang diinginkan (mengasah mata pahat)
 - Jangka sorong dan mistar digunakan untuk mengukur dimensi spesimen yang akan dibuat
 - Mesin gergaji digunakan untuk memotong baja hingga dimensi yang diinginkan
 - Mesin Skrap digunakan untuk membuat sambungan temu kumpul jenis V (*V-butt joint*) dan mengurangi geometri pelat baja sesuai dengan standar yang diinginkan
 - Spidol digunakan untuk penandaan spesimen yang akan dipotong.
 - Mesin Amplas digunakan untuk menghaluskan permukaan spesimen uji foto mikro
 - Lem *epoxy* digunakan untuk memudahkan pembuatan spesimen uji mikro
 - Mesin Milling digunakan untuk Membuat Spesimen Uji
- d. Peralatan Pengujian
 - Mesin uji tarik dan perlengkapannya digunakan untuk pengujian tarik
 - Mesin uji foto mikro (mikroskop Optik) dan perlengkapannya digunakan untuk melihat struktur mikro pada permukaan spesimen uji

3.3 Prosedur Penelitian

a. Persiapan Pengelasan

Langkah awal sebelum melakukan pengelasan dan pengujian adalah mempersiapkan perlengkapan dan spesimen yang akan di gunakan. Dalam hal ini beberapa perlengkapan yang perlu dipersiapkan yaitu mesin las dan kelengkapannya, spesimen atau bahan yang akan dilas, serta variasi diameter tungsten yang akan digunakan. Spesimen yang digunakan dalam penelitian ini adalah Baja karbon Medium, variasi elektroda tungsten yang digunakan berdiameter dengan ukuran 1.6 mm, 2.4 mm, dan 3.2 mm.

Baja karbon sedang atau medium yang berbentuk pelat mula-mula dilakukan penyekrapan untuk mengurangi geometri sesuai dengan standar ASTM E8 yaitu dengan ketebalan 12 mm, selanjutnya pembuatan sudut kampuh dengan jenis sambungan las temu kampuh V (*V-butt joint*) dengan sudut sudut 60° seperti terlihat pada gambar 3.1 berikut ini :



Gambar 3.1 Proses pembuatan kampuh V tunggal dengan sudut 60°

b. Pengelasan

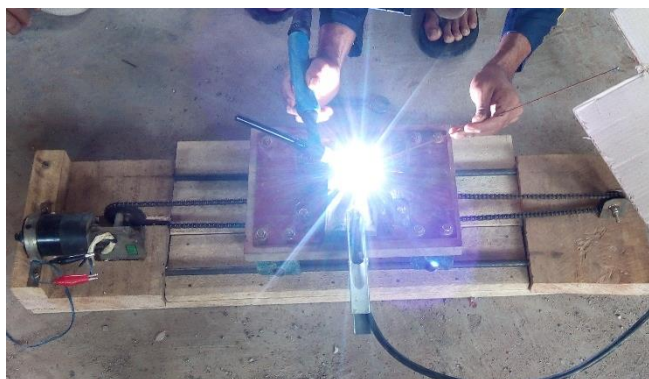
Spesimen yang telah di buat kapuh jenis V (*V-butt joint*) selanjutnya di lakukan proses pengelasan. Langkah pertama dalam pengelasan ini yaitu menghidupkan mesin las dan mengatur arus yang digunakan. Arus yang digunakan dalam pengelasan ini mengikuti pada kaidah pengelasan TIG yaitu arus disesuaikan dengan diameter elektroda tungsten. Selanjutnya pada spesimen dilakukan pengelasan dengan variasi elektroda tungsten sampai kampuh terisi penuh. Untuk satu jenis variasi diameter elektroda tungsten digunakan untuk mengelas 3 material spesimen uji sehingga jumlah spesimen dengan variasi diameter tungsten tersebut adalah 9 spesimen untuk uji tarik, 7 spesimen untuk pengujian struktur mikro dan serta 1 spesimen tanpa perlakuan pengelasan. Tahap selanjutnya setelah pengelasan dilakukan maka hasil lasan yang timbul diratakan dengan menggunakan mesin gerinda sehingga permukaan pelat baja Karbon Medium merata, kemudian dibentuk spesimen uji dan dilakukan pengujian. Dibawah ini merupakan tabel jumlah spesimen untuk pengujian.

1. Jumlah spesimen uji tarik

Tabel 3.1 Jumlah spesimen uji tarik

Arus	Diameter Elektroda Tungsten	Jumlah Spesimen
100	1,6	3
150	2,4	3
200	3,2	3
Jumlah		9

Jumlah spesimen yang akan diuji tarik yaitu sebanyak 9 Spesimen ditambah 1 Spesimen tanpa perlakuan (*Raw material*) sehingga jumlah total spesimen pengujian tarik yaitu 10 Spesimen.



Gambar 3.2 Proses Pengelasan

2. Jumlah Spesimen Uji struktur mikro

Tabel 3.2 Jumlah spesimen uji Struktur Mikro

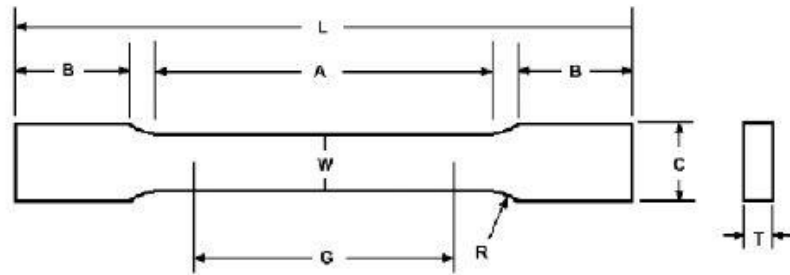
Arus	Diameter elektroda tungsten	Jumlah spesimen daerah Las	Jumlah spesimen daerah HAZ
100	1,6	1	1
150	2,4	1	1
200	3,2	1	1
jumlah		3	3

Jumlah spesimen yang akan distruktur mikro yaitu sebanyak 6 Spesimen ditambah 1 tanpa perlakuan sehingga jumlah total spesimen pengujian struktur yaitu 7 spesimen.

c. Pembuatan Spesimen

Setelah pelat baja karbon Medium tersebut dilakukan pengelasan dengan variasi diameter elektroda tungsten maka selanjutnya pembuatan spesimen uji. Spesimen

pengujian dipersiapkan untuk dibentuk sesuai dengan standar ASTM E-8 (uji tarik). Baja Karbon Medium yang berbentuk pelat setelah pengelasan dipotong menjadi bagian-bagian dengan ukuran panjang 200 mm, lebar 20 mm dan tebal 12 mm untuk spesimen yang akan diuji tarik.



Gambar 3.3 Spesimen Uji Tarik standar ASTM E-8

L	: 200 mm	R	: 12,5 mm	W	: 12,5 mm
T	: 12 mm	C	: 20 mm	B	: 50 mm

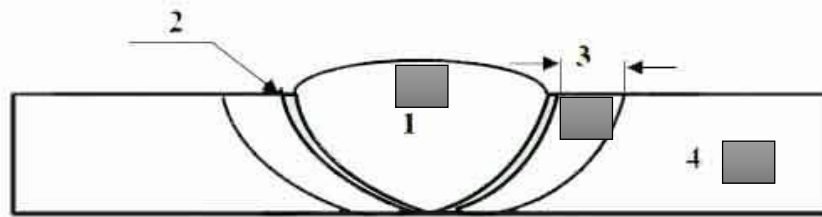
Spesimen uji akan dibuat sesuai dengan dengan standar pengujian seperti pada gambar 3.3 diatas. Maka selanjutnya dengan menggunakan mesin milling dilakukan pembentukan spesimen uji tarik sesuai standar. Setelah spesimen terbentuk selanjutnya spesimen dihaluskan dengan mesin gerinda dan amplas. Tahap terakhir adalah pembersihan dengan kain lap dan penomoran.



Gambar 3.4 Pembuatan Spesimen Uji tarik standar ASTM E-8

Selain spesimen yang dilakukan perlakuan pengelasan juga dibuat spesimen tanpa perlakuan (*raw material*) hal tersebut dimaksudkan untuk membandingkan hasil pengujian setelah dilakukan perlakuan pengelasan dan sebelum dilakukan pengelasan.

Selanjutnya pembuatan spesimen uji struktur mikro, tahap awal dalam pembuatan spesimen uji ini yaitu spesimen hasil pengelasan dari masing – masing variasi diambil satu sample yang paling baik untuk dilakukan pemotongan, 1 daerah las dan 1 daerah HAZ dengan ukuran 7 mm², kemudian memasukkannya kedalam pipa paralon $\frac{3}{4}$ dengan tinggi 5 cm.



keterangan :

1. Daerah Las
2. Garis lasan
3. Daerah HAZ (*Heat Affected Zone*)
4. Logam induk

Gambar 3.5 Daerah pemotongan yang digunakan untuk spesimen uji mikro

Katalis dan resin yang telah disiapkan kemudian dicampur dalam bejana dan diaduk hingga merata kemudian dituangkan kedalam pipa yang telah diisi dengan spesimen hingga penuh. Hal ini tidak mempengaruhi struktur namun penggunaan katalis dan resin dimaksudkan untuk memudahkan dalam pengerjaan pengamplasan poleser dan pembacaan pada mikroskop optik. Setelah tiga jam cairan katalis dan resin akan membeku dan selanjutnya yaitu proses pengamplasan.

d. Pengujian

1. Uji tarik

Benda uji yang telah dibuat selanjutnya di jepit pada ragum uji tarik. Tahap awal adalah menyiapkan milimeter *block* dan meletakkannya pada *plotter*. Benda uji mulai mendapat beban tarik menggunakan tenaga hidrolik diawali 0 kg hingga benda terputus pada beban maksimum yang dapat ditahan oleh benda tersebut. Benda uji yang telah terputus lalu diukur berapa besar penampang dan panjang benda uji setelah terputus. Gaya atau beban yang maksimum ditandai dengan putusnya benda uji terdapat pada layar digital dan dicatat sebagai data. Hasil diagram terdapat pada kertas milimeter *block* yang ada pada meja *plotter*. Langkah terakhir yaitu menghitung kekuatan tarik, dan perpanjangan dari data yang telah didapat menggunakan persamaan. Dibawah ini merupakan tabel pengujian tarik.

Tabel 3.3 Tabel pengujian tarik (dengan perlakuan pengelasan)

Diameter Elektroda Tungsten (mm)	Arus (Ampere)	No. Spesimen	Kekuatan Tarik (Mpa)	Kekuatan Tarik Rata-Rata (Mpa)
1,6		1		
		2		
		3		
2,4		1		
		2		
		3		
3,2		1		
		2		
		3		

Tabel 3.4 Pengujian tarik tanpa perlakuan pengelasan

Spesimen uji	kekuatan tarik (Mpa)
1	

2. Uji Struktur Mikro

Dalam pengujian ini tidak ada dimensi yang ditentukan. Namun dalam penelitian yang dilakukan oleh Nur Ismail hamid dijumpai bahwa spesimen dimaksudkan kedalam cetakan untuk dicetak dengan campuran resin dan katalis kemudian dibentuk dudukan spesimen untuk proses *Grinder-Polisher*. Selanjutnya permukaan spesimen yang akan dilakukan uji foto mikro diampelas sampai permukaan halus dan rata. Pengamplasan pertama dilakukan secara manual dengan kekasaran 500, 800, 1500 dan 2000.

Setelah benda uji cukup halus, maka langkah selanjutnya adalah memoles dengan autosol. Pemolesan ini bertujuan untuk menghilangkan goresan-goresan yang diakibatkan oleh amplas agar didapatkan permukaan yang halus dan mengkilap, sehingga struktur benda uji menjadi jelas. Pemolesan autosol pada permukaan benda uji digunakan kain yang lembut dan dilakukan secara searah agar permukaan benda uji mengkilat dan tidak ada goresan. Spesimen uji untuk struktur mikro setiap satu variasi diambil 2 untuk pengujian foto mikro sehingga jumlah spesimen untuk fotomikro yaitu 6 spesimen ditambah *raw material* 1 sehingga jumlah seluruhnya adalah 7 spesimen.

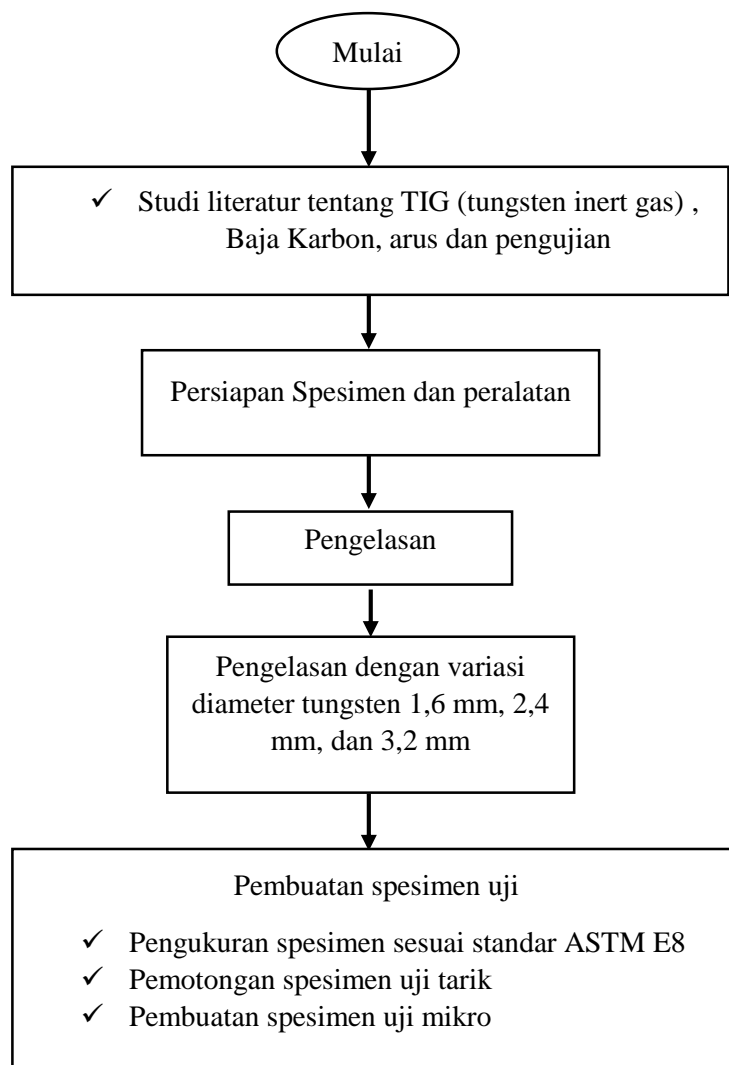


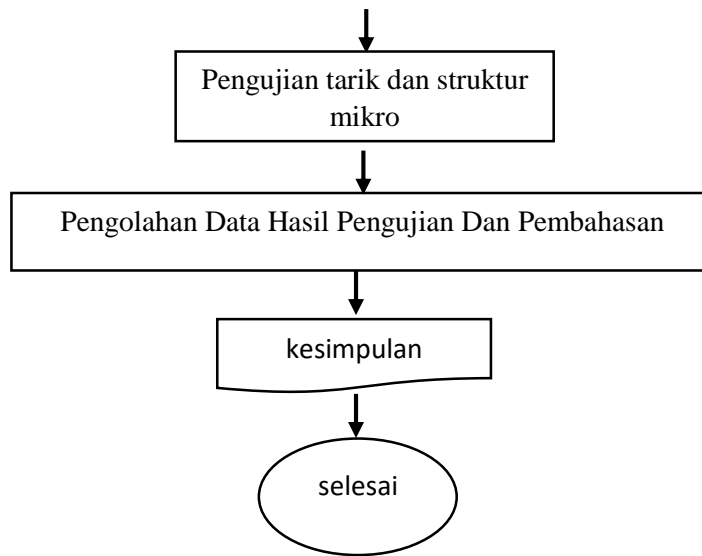
Gambar 3.6 Spesimen Uji Struktur Mikro

3.4 Analisis Data

Data yang dianalisis adalah hasil pengujian tarik pada setiap spesimen yang dilas dengan menggunakan diameter elektroda tungsten yang berbeda, dan selanjutnya akan diambil nilai rata-rata. Langkah selanjutnya adalah mendeskripsikan data yang diperoleh dalam bentuk kalimat yang mudah dibaca dan dipahami, sehingga pada intinya adalah sebagai upaya memberi jawaban atas permasalahan yang akan diteliti dan hal tersebut dikuatkan dengan melihat struktur mikro Spesimen pengujian kemudian ditampilkan dalam bentuk grafik.

3.5 Diagram Alir Penelitian





BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 KESIMPULAN

Dari pengujian yang telah dilakukan pada pengelasan baja karbon Medium dengan variasi diameter elektroda tungsten dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- a. Nilai kekuatan tarik rata-rata sangat variatif dimana hasil pengujian tarik nilai tarik tertinggi yaitu terjadi pada diameter elektroda tungsten 2,4 mm sebesar 723,3 Mpa sedangkan nilai pengujian tarik rata-rata terendah terjadi pada diameter elektroda tungsten 1,6 mm yaitu 345,3 Mpa dan pada diameter elektroda tungsten 3,2 mm hasil pengujian tarik rata-rata yaitu sebesar 707,6 Mpa. Data perpanjangan (*elongation*) dari penelitian ini nilai perpanjangan terbesar terjadi pada diameter elektroda 2,4 mm yaitu 20.17% sedangkan nilai perpanjangan terendah terjadi pada diameter elektroda tungsten 1,6 mm yaitu sebesar 15.49 %. Pada diameter elektroda tungsten 3,2 mm perpanjangan terjadi sebesar 18,37 %. Pengaruh diameter elektroda tungsten yaitu pada penyambungan *root* (akar) dan jumlah lapisan untuk memenuhi kampuh spesimen dimana diameter elektroda yang kecil memungkinkan akan terjadinya kurang penetrasi sehingga terjadi cacat pada lasan, sementara pada penelitian ini meski diameter elektroda cukup besar

yaitu 3,2 mm namun parameter pengelasannya yang kurang baik maka keberhasilan pengelasannya pun akan menurun.

- b. Penggunaan diameter elektroda tungsten sangat berpengaruh terhadap kekuatan sambungan hasil las dimana diameter elektroda tungsten 2,4 mm cukup baik digunakan untuk mengelas baja karbon ketebalan 12 mm dengan parameter pengelasan yang sesuai.

4.2 SARAN

Setelah melakukan penelitian dan diperoleh data maka saran yang dapat diberikukan untuk penelitian selanjutnya yaitu :

- a. Dalam melakukan pengelasan untuk mengurangi cacat pada pengelasan sebaiknya memahami dasar-dasar pengelasan dan parameter-parameter yang tepat agar hasil lasan semakin baik.
- b. Adanya pengujian komposisi kimia pada daerah las disamping struktur mikro dimana dipengujian komposisi kimia dimaksudkan untuk mengetahui kandungan pada daerah las, apakah terjadi perubahan setelah dilas atau tetap seperti kandungan komposisi kimia bahan tambah sebelum digunakan.
- c. Menganalisa daerah perpatahan untuk lebih menguatkan penelitian tentang cacat las yang terjadi di daerah las pada saat pengelasan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aljufri. 2008. *Pengaruh Variasi Sudut Kampuh V tunggal dan Kuat Arus Pada Sambungan Logam Alumunium-MG5083 Terhadap Kekuatan Tarik Hasil Pengelasan TIG*. Medan. Universitas Sumatra Utara
- [2] Athouse,Dkk. 1984. *Pengaruh Variasi Sudut Kampuh V Tunggal Dan Kuat Arus Pada Sambungan Logam Alumunium-Mg 5083 Terhadap Kekuatan Tarik Hasil Pengelasan TIG*
- [3] Bintoro, A.G.,2000. *Dasar-dasar Pekerjaan Las*. Penerbit Kanisus. Yogyakarta.
- [4] Cary.1993. *Modern Welding Technology*.Prentice Hall. New Jersey
- [5] Davis, Troxell, dan Hauck. 1998. *The Testing of Engineering Materials. Edisi 4*. Penerbit Mc Graww Hill. New York.
- [6] Hamid, Nur Ismail. Skripsi Sarjana: *Pengaruh Jenis Elektroda Pada Hasil Pengelasan Material Baja Karbon Rendah (AISI 1020) Dan Baja Karbon Sedang (AISI 1045) Dengan Kampuh V Tunggal Terhadap Kekuatan Sambungan Las*. Jurusan teknik mesin. Unila
- [7] Hartanto, Ludi. 2009. *Studi Perlakuan Alkali dan Fraksi Volume Serat terhadap Kekuatan bending, tarik dan Impact komposit berpenguat serat rami bermatrik poliester BQTN 157*. Universitas Muhammadiyah Surakarta
- [8] <http://www.mesinlas.com/artikel/7/basic-welding-theory>.

<https://rudydwi.wordpress.com/2010/03/28/mengetahui-sifat-mekanik-material-dengan-uji-tarik>

- [9] Katulistiwa, Inggi. 2014. Pengaruh Variasi Besar Arus Pengelasan Dan Jenis Elektroda Las TIG (Tungsten Iner Gas) Pada Baja Karbon Rendah Terhadap Kekuatan Tarik Dan Bending. Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Surabaya
- [10] Kenyon W. 1985. Dasar-Dasar Pengelasan. Airlangga. Jakarta
- [11] Ninien, Skotlastika dan Ponimin. 2001. *Analisa Pengaruh Variasi Besaran Arus Las TIG terhadap perubahan Struktur Mikro*. Teknik Mesin Politeknik Negri Bandung.
- [12] Setiawan Rahmat. 2009. *Studi Sifat Mekanis Perbandingan Dari Hasil Pengelasan Oksiasitilin dan Arc Listrik Pada Plat ST37 dengan Ketebalan 3,5 mm*. Medan. Universitas Sumatra Utara
- [13] Sibrani, H. 2004. Pengelasan TIG pada Pelat Alluminium Paduan Seri E1145. ITB Library
- [14] Sonawan, H. 2003. *Pengelasan logam*. Penerbit alfabeta. Bandung
- [15] Sunaryo, H., 2008. *Teknik Pengelasan Kapal Jilid I Untuk SMK*. Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Departemen Pendidikan Nasional. Jakarta.
- [16] Surdia T. 1985. Pengetahuan Bahan teknik. Pradya Paramita. Jakarta

- [17] Tarkono,Sugianto dan Andrinto. 2010. *Studi Kekuatan Sambungan Las Baja AISI 1045 Dengan Berbagai Metode Pengelasan*.Jurnal IlmiahTeknik Mesin. Bandar Lampung. Universitas Lampung.
- [18] W, Harsono,T, Akumura.2000. *Teknologi Pengelasan Logam*.Pradya Paramita. Jakarta cetakan ke VIII
- [19] Widharto, Sri .2006. *Petunjuk Kerja Las*.Jakarta.PT.Pradya Paramita
- [20] Wiryo Sumarto,H dan okumura T. 2000. *Teknologi pengelasan logam*. Cetakan ke-8. PT. Pradya Paramitha. Jakarta.
- [21] Wiryosumarto, H., 1996. *Teknologi pengelasan logam*. Cetakan ke-7. PT. Pradya Paramitha. Jakarta.