

**PENGARUH VARIASI KECEPATAN PENGELASAN *TUNGSTEN*  
*INERT GAS* (TIG) TERHADAP KEKUATAN TARIK HASIL  
SAMBUNGAN LAS PADA BAJA KARBON RENDAH (*ST 41*)**

(Skripsi)

Oleh:

**RAHMAT DANI**



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2016**

## ABSTRAK

### **PENGARUH VARIASI KECEPATAN PENGELASAN *TUNGSTEN INERT GAS* (TIG) TERHADAP KEKUATAN TARIK HASIL SAMBUNGAN LAS PADA BAJA KARBON RENDAH (*ST 41*)**

Oleh

**RAHMAT DANI**

Las TIG (*tungsten inert gas*) adalah proses pengelasan menggunakan panas dari nyala pijar yang terbentuk dari elektroda tungsten dan gas mulia sebagai gas pelindung. Pada penggunaan las TIG, parameter pengelasan harus diperhatikan seperti kecepatan las, besar arus, jenis arus dan parameter lainnya. Karena parameter yang digunakan sangat berpengaruh pada sifat mekanik logam khususnya pada logam hasil lasan. Selain parameter tersebut, kecepatan pengumpulan logam pengisi dapat diatur terlepas dari besarnya arus dan kecepatan las yang digunakan. Hal ini memungkinkan las TIG cocok digunakan untuk plat baja tipis maupun tebal. Namun tidak semua logam baja mempunyai sifat mampu las yang baik. Baja karbon rendah (kandungan karbon < 0,30 %) adalah jenis baja dengan sifat mampu las yang baik. Berdasarkan hasil pengujian tarik yang dilakukan, diketahui bahwa *raw material* mempunyai kekuatan tarik sebesar 460,55 MPa. Nilai kekuatan tarik terbesar hasil pengelasan dengan kecepatan las 1 mm/s yaitu sebesar 433,80 MPa atau mengalami penurunan sebesar 26,75 MPa (5,8 %). Nilai kekuatan tarik terkecil hasil pengelasan dengan kecepatan las 10 mm/s yaitu 288,86 MPa atau mengalami penurunan sebesar 171,69 MPa (37,2%). Dari pengujian mikro yang dilakukan diperoleh fasa butir dari *raw material* yaitu ferit dan perlit. Pada daerah lasan dan HAZ, juga diperoleh fasa ferit dan perlit. Namun pada daerah lasan dan HAZ struktur butir menjadi lebih kasar dan lebih lunak, hal ini disebabkan oleh pengaruh panas yang terjadi saat proses pengelasan. Berdasarkan hasil yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa kecepatan las berbanding lurus dengan arus yang digunakan, dimana semakin besar kecepatan las maka arus yang digunakan juga semakin besar. Hal ini terbukti bahwa semakin besar kecepatan las dengan arus yang tetap maka nilai kekuatan tarik semakin menurun.

Kata kunci: las *TIG* (*tungsten inert gas*), Parameter pengelasan, baja karbon rendah, struktur mikro

## **ABSTRACT**

### **THE INFLUENCE OF VARIATION WELDING SPEED TUNGSTEN INERT GAS (TIG) TO TENSILE STRENGTH OF THE WELDING JOINT RESULT AT LOW CARBON STEEL (ST 41)**

**By**

**RAHMAT DANI**

TIG (*tungsten inert gas*) is the welding technique which use heat energy formed by tungsten electrode light and noble gases as a shield. The preservation of welding parameters such as welding speed, huge current, type of currents and the other parameters is important to do. Because the using of parameters is totally affecting to the characteristics of metal especially at the result of welding metal. Beside these parameters, the velocity of bait filler metal can be arranged either amount of current and welding speed that is used. It may cause TIG (*tungsten inert gas*) is not fit for thin or thick steel plate. But not all of steel has good welding characteristic. Low carbon steel (carbon <0.30%) is the type of steel with good welding characteristics. Based on the tensile strenght result we can see that raw material has tensile strength up to 460.55 MPa. The highest tensile strength from the welding result with 1 mm/s velocity is 433.80 MPa that approximately decreasing to 26.75 MPa (5.8%). The lowest tensile strength from the welding result with 10 mm/s velocity is 288.86 MPa that approximately decreasing to 171.69 MPa (37.2%). According to the microstructure test resulted granule phase from the raw material is ferrite and perlite. At the welding area and HAZ also resulted ferrite phase and perlite. But in that area and HAZ granule structure become rougher and softer, this is caused by the effect of heat energy that occur during the welding process. The conclusion based of the result is the velocity directly proportional with the using of current, if the velocity is higher, so the current also must be higher. It is prove that if welding speed is higher and the current is constant then the tensile strength is decrease.

Key words: TIG (*tungsten inert gas*), welding parameters, low carbon steel, and microstructure.

**PENGARUH VARIASI KECEPATAN PENGELASAN *TUNGSTEN  
INERT GAS* (TIG) TERHADAP KEKUATAN TARIK HASIL  
SAMBUNGAN LAS PADA BAJA KARBON RENDAH (*ST 41*)**

**(Skripsi)**

Oleh:  
**RAHMAT DANI**

**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 KECEPATAN PENGELASAN  
TUNGSTEN INERT GAS (TIG) TERHADAP KEKUATAN  
TARIK HASIL SAMBUNGAN LAS PADA BAJA KARBON  
RENDAH (ST 41)**

Nama Mahasiswa

: **Rahmat Dani**

Nomor Pokok Mahasiswa : 4015021047

Program Studi

: **Teknik Mesin**

Fakultas

: **Teknik**

**MENYETUJUI**

**1. Komisi Pembimbing**

  
**Tarkono, S.T., M.T.**

**NIP 19700415 199802 1 001**

  
**Zulhanif, S.T., M.T.**

**NIP 19730402 200003 1 002**

**2. Ketua Jurusan Teknik Mesin**

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

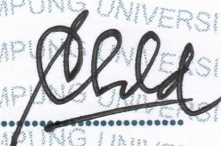
**NIP 19740816 200012 1 001**

**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

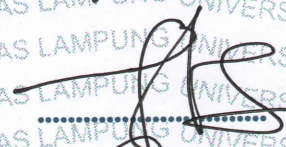
**Ketua**

**: Tarkono, S.T., M.T.**



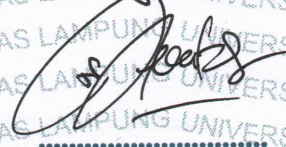
**Anggota Penguji**

**: Zulhanif, S.T., M.T.**

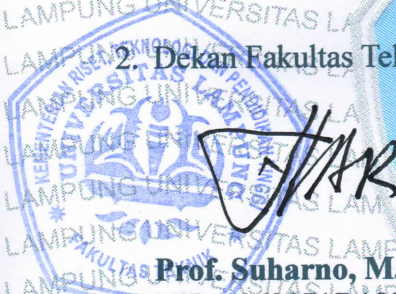


**Penguji Utama**

**: Achmad Yahya T P, S.T., M.T.**



**2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**Prof. Suharno, M.S., M.Sc., Ph.D.**

**NIP 19620717 198703 1 002**



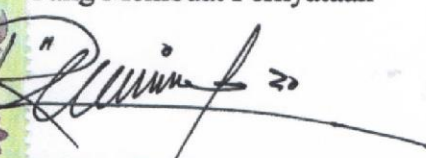
**Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 4 Mei 2016**

## 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

  
Rahmat Dani

NPM. 10105021047

## RIWAYAT HIDUP



Penulis merupakan putra dari pasangan Bapak Sunaryo dan Ibu Misirah, lahir di Sendang Rejo pada tanggal 29 Maret 1992 dan diberi nama Rahmat Dani. Penulis merupakan anak kedua dari empat bersaudara, yang mempunyai satu kakak dan dua adik yaitu Eka winarni, Musbikhin dan Azzam Abdul Hanif.

Jenjang pendidikan pertama yang dijalani penulis adalah Pendidikan Sekolah Dasar (SD) di SD Negeri 1 Muara Tenang diselesaikan pada tahun 2004. Kemudian penulis melanjutkan ke Sekolah Lanjutan Tingkat Pertama di SLTP Negeri 2 Tanjung Raya dan diselesaikan pada tahun 2007. Kemudian penulis melanjutkan ke Sekolah Menengah Kejuruan di SMK Negeri 1 Simpang Pematang, diselesaikan pada tahun 2010. Selama menjalani pendidikan di SMK N 1 Simpang Pematang, penulis aktif dalam organisasi *intern* Sekolah. Penulis pernah menjabat sebagai bendahara umum OSIS pada tahun 2005-2006 dan juga menjadi bagian dari organisasi teater di SMK N 1 Simpang Pematang.

Pada tahun 2010, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung (Unila) melalui seleksi yang pada waktu itu bersama Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN). Selama duduk dibangku kuliah, penulis aktif mengikuti organisasi kemahasiswaan, diantaranya menjadi anggota Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin (HIMATEM) pada divisi kerohanian pada tahun 2011-2012. Ditahun yang sama, penulis juga aktif dalam organisasi Forum Silaturahmi dan Studi Islam Fakultas Teknik (FoSSI FT) sebagai anggota Kajian Syi'ar Islam (KSI) dan juga sebagai anggota Dinas Internal di BEM-FT. Selanjutnya pada tahun 2012-2013 pernah menjadi ketua



Bimbingan Baca Al-Qur'an (BBQ) Fakultas Teknik dan menjadi Ketua Divisi Penelitian di Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin (HIMATEM). Pada tahun 2013-2014 penulis juga pernah menjadi Sekretaris Komisi II di DPM FT Unila. Pada tahun 2013 penulis mengikuti Lomba Program Kreativitas Mahasiswa (PKM) tingkat Nasional. Penulis juga pernah menjadi asisten praktikum/instruktur praktikum Fenomena Dasar Mesin pada tahun 2014 dan 2015.

Pada bulan Juli 2013, penulis melakukan Kerja Praktik di Balai Mesin Perkakas Teknik Produksi dan Otomasi (MEPPO-BPPT) kawasan Puspitek Tangerang Banten selama satu bulan. Dalam Kerja Praktik penulis melakukan studi kasus dengan judul "*Pengujian Ketelitian Gerak Mesin Perkakas Dengan Metode Laser Interferometer dan Ballbar Pada Mesin CNC Milling Leadwell V-30*". Sejak bulan Februari 2015 penulis mulai melakukan penelitian dibawah bimbingan Bapak Tarkono, S.T., M.T. selaku pembimbing utama dan Bapak Zulhanif, S.T., M.T. sebagai pembimbing pendamping. Karya Ilmiah yang penulis buat sebagai salah satu syarat untuk mendapat gelar S.T. ini berjudul "*Pengaruh Variasi Kecepatan Pengelasan Tungsten Inert Gas (TIG) Terhadap Kekuatan Tarik Hasil Sambungan Las Pada Baja Karbon Rendah ST 41*".

## SANWACANA

*Assalamu'alaikum Wr. Wb.*

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena berkat karunia, rahmat dan hidayah yang diberikan kepada penulis sehingga skripsi ini dapat diselesaikan. Skripsi ini merupakan syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.

Skripsi ini berjudul “Pengaruh Kecepatan Pengelasan *Tungsten Inert Gas* (TIG) Terhadap Kekuatan Tarik Hasil Sambungan Las Pada Baja Karbon Rendah (ST 41)”. Semua sumber yang dirangkum dan dijadikan acuan, berasal dari buku buku yang berkaitan dengan tema, jurnal dan prosiding nasional maupun internasional dan Tugas Akhir Mahasiswa dari kampus ternama dari seluruh Indonesia. Hasil dari penelitian disajikan secara terstruktur didalam skripsi ini sehingga para pembaca dapat memahaminya secara utuh dan mudah.

Dalam penulisan skripsi ini penulis banyak mendapat bimbingan, masukan, motivasi dan bantuan baik moral maupun materi oleh banyak pihak. Untuk itu pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Hasriadi Mat Akin, M.P., selaku Rektor Universitas Lampung
2. Prof. Dr. Suharno MS, M.Sc., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung
3. Bapak Ahmad Su'udi, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.
4. Bapak Harnowo, S.T., M.T., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.

5. Bapak Tarkono, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing utama yang telah meluangkan banyak waktu, tenaga, ide pemikiran dan semangat yang telah diberikan untuk membimbing penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
6. Bapak Zulhanif, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing kedua yang telah meluangkan waktu saran dan masukan sehingga skripsi ini menjadi lebih baik.
7. Bapak Achmad Yahya Teguh P, S.T., M.T., selaku dosen yang membahas yang telah meluangkan waktu, tenaga, serta memberikan saran, kritikan dan masukan kepada penulis sehingga skripsi ini menjadi lebih baik.
8. Seluruh dosen Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung berkat ilmu yang telah diajarkan kepada penulis selama penulis menjalani masa studi di perkuliahan.
9. Kedua orang tua tercinta Bapak Sunaryo dan Ibu Misirah yang telah memberikan dukungan penuh, do'a, materi, dan kesabaran sepanjang penulis menjalani studi sampai dapat menyelesaikan skripsi.
10. Kakakku Eka Winarni dan Nur Rohman serta Adikku Musbihin dan Azzam Abdul Hanif dan seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan, do'a dan membantu penulis.
11. Ratnasari Hidayah yang senantiasa mendo'akan, memberikan semangat, dukungan, dan motivasi penulis dalam menyelesaikan skripsi.
12. Teman-teman seperjuangan tugas akhir (Saiin, Fiskan, Agung, dan Galih Pamungkas) yang telah bersama-sama menyelesaikan tugas akhir ini dengan suka dan duka.
13. Sahabat-sahabat terutama lengkers, Bowo, Galih, Chikal, Baron, Saiin, Zen, Pranca, Dwi dan Yayang yang telah banyak memberikan dukungan dan inspirasi kepada penulis.
14. Semua rekan di Teknik Mesin Khususnya rekan seperjuangan angkatan 2010 untuk kebersamaan yang telah dijalani, " Salam *Solidarity Forever*".
15. Staf Akademik serta staf Laboratorium yang telah banyak membantu penulis.
16. Dan semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, namun Penulis memiliki harapan agar skripsi yang sederhana ini dapat memberi inspirasi dan berguna bagi semua kalangan civitas akademik maupun masyarakat Indonesia. Aamiin.

*Wassalamu'alaikum Wr. Wb.*

Bandar Lampung, Mei 2016  
Penulis,

Rahmat Dani  
NPM. 1015021047

## **PERSEMBAHAN**

PENULIS MENDEDIKASIKAN KARYA SEDERHANA INI  
UNTUK AYAHANDA TERCINTA (SUNARYO)  
UNTUK IBUNDA TERCINTA (MISIRAH),  
UNTUK KAKAK (EKA WINARNI & NUR ROHMAN),  
UNTUK ADIKKU (MUSBIHIN DAN AZZAM ABDUL HANIF)  
UNTUK KELUARGAKU,  
UNTUK PARA DOSEN TEKNIK MESIN,  
UNTUK SEMUA SAHABAT DEKATKU,  
UNTUK REKAN-REKAN PENELITIAN,  
UNTUK ALMAMATERKU,  
DAN UNTUKMU  
YANG MEMAJUKAN TEKNIK MESIN UNILA.

## **MOTTO**

**Sesungguhnya Allah tidak mengubah keadaan suatu kaum sehingga mereka mengubah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri (Q.S. Ar ra'd. 11)**

**Jangan pernah iri dengan pencapaian orang lain yang lebih baik darimu, percayalah setiap orang mempunyai cara dan jalannya sendiri untuk setiap sesuatu yang akan di capai (Rahmat Dani)**

**Sebaik-baik manusia adalah yang banyak bermanfaat bagi manusia yang lain. (HR. Thabrani dan Dhuruquthni)**

**Berfikir dan berbuatlah ketika orang lain telah berfikir dan berbuat lebih, apalagi kurang.( SMK N 1 Simpang Pematang)**

**Satu-satunya cara untuk bisa melakukan pekerjaan dengan sempurna ialah dengan mencintai pekerjaanmu, jika belum menemukannya, maka carilah, jangan pernah menyerah (Steve Job)**

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>i</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>iv</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR SIMBOL</b> .....	<b>viii</b>
<b>I. PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang .....	1
B. Tujuan.....	5
C. Batasan Masalah.....	5
D. Sistematika Penulisan .....	6
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
A. Pengertian Las.....	8
B. Klasifikasi Cara Pengelasan .....	9
C. Jenis-Jenis Pengelasan .....	11
1. Las busur listrik .....	12
2. Busur logam gas ( <i>Gas Metal Arc Welding</i> ).....	13
3. Las busur rendam( <i>Submerged Arc Welding/ SAW</i> ).....	13
4. Las busur elektroda terbungkus ( <i>Shielded Metal Arc Welding... /SMAW</i> ). .....	13
5. Las Oksi Asetilen ( <i>Oxy Acetilene Welding /OAW</i> ).....	14
6. Las busur tungsten gas mulia ( <i>Gas Tungsten Arc Welding/GTAW</i> ) 14	
7. Las listrik terak ( <i>Electroslag Welding</i> ).....	14
8. Las <i>metal inert gas</i> (MIG) .....	15
D. Las <i>Gas Tungsten Arc Welding</i> (GTAW).....	16
1. Prinsip kerja las TIG .....	17

2.	Kelebihan las GTAW/TIG.....	18
3.	Kekurangan/kelemahan las GTAW/TIG .....	19
4.	Peralatan las TIG .....	19
5.	Variabel proses pengelasan TIG .....	27
6.	Gas argon .....	32
7.	Pemilihan arus dalam pengelasan (AC/DC) .....	33
E.	Klasifikasi Sambungan Las.....	35
1.	Sambungan bentuk T dan bentuk silang.....	35
2.	Sambungan sudut.....	36
3.	Sambungan tumpang.....	37
4.	sambungan tumpul.....	37
5.	Sambungan sisi .....	39
6.	Sambungan dengan plat penguat .....	39
F.	Posisi Pengelasan .....	40
1.	Posisi pengelasan di bawah tangan ( <i>down hand position</i> ).....	40
2.	Posisi pengelasan mendatar ( <i>horizontal position</i> ) .....	40
3.	Posisi pengelasan tegak ( <i>vertical position</i> ).....	41
4.	Posisi pengelasan di atas kepala ( <i>over head position</i> ).....	41
G.	Metalurgi Las .....	42
H.	Baja Karbon .....	43
1.	Baja karbon tinggi ( <i>hight carbon steel</i> ) .....	44
2.	Baja karbon sedang ( <i>medium carbon steel</i> ).....	45
3.	Baja karbon rendah ( <i>low carbon steel</i> ).....	45
4.	Struktur mikro baja karbon .....	46
I.	Pengujian Kekuatan Hasil Lasan .....	52
1.	Uji tarik.....	52
2.	Uji struktur mikro .....	55

### III. METODOLOGI PENELITIAN

A.	Tempat Penelitian. ....	57
B.	Alat dan Bahan.....	58
1.	Peralatan untuk pembuatan spesimen uji.....	58
2.	Peralatan untuk pengujian spesimen.....	59



3. Bahan .....	60
C. Prosedur Penelitian .....	60
1. Persiapan spesimen uji .....	60
2. Proses pengelasan .....	61
3. Pembuatan spesimen uji.....	62
4. Jumlah spesimen .....	64
5. Pengujian .....	64
6. Analisis .....	66
D. Diagram Alir Penelitian .....	67

#### **IV. DATA HASIL DAN PEMBAHASAN**

A. Data Penelitian .....	68
1. Material penelitian.....	68
2. Data proses pengelasan .....	70
3. Alat kecepatan las dan skema pengelasan.....	71
B. Data Hasil Pengujian .....	75
1. Nilai kekuatan tarik .....	75
2. Nilai perpanjangan ( <i>Elongation</i> ) .....	77
3. Hasil uji struktur mikro .....	79
C. Pembahasan .....	82

#### **V. SIMPULAN DAN SARAN**

A. Simpulan.....	97
B. Saran .....	98

#### **DAFTAR PUSTAKA**

#### **LAMPIRAN**

LAMPIRAN A (Data hasil uji tarik)

LAMPIRAN B (Data hasil uji struktur mikro)

LAMPIRAN C (Perhitungan)

LAMPIRAN D (Foto kegiatan penelitian)

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Las MIG ( <i>Metal Inert Gas</i> ).....	15
2. Proses Pengelasan <i>gas tungsten arc welding</i> (GTAW).....	16
3. Skema las TIG .....	18
4. Stang las/obor ( <i>torch welding</i> ) .....	20
5. Mesin las AC/DC .....	21
6. Tabung gas lindung, regulator gas lindung dan <i>flowmeter</i> .....	21
7. Pemegang elektroda / <i>collet</i> ( <i>electrode holder</i> ) .....	22
8. Moncong ( <i>Nozzle</i> ) .....	24
9. Penggerindaan elektroda tungsten.....	27
10. Pengaruh kecepatan pengelasan terhadap penetrasi dan lebar lajur las	30
11. Jenis-jenis sambungan dasar .....	35
12. Sambungan T.....	36
13. Macam-macam sambungan sudut .....	36
14. Macam-macam sambungan tumpang.....	37
15. Alur sambungan las Tumpul .....	38
16. Sambungan sisi.....	39
17. Sambungan dengan plat penguat.....	40
18. Posisi pengelasan.....	42

19. Daerah lasan .....	43
20. Diagram fasa besi karbon .....	48
21. Struktur mikro ferit.....	49
22. Struktur mikro <i>cementite</i> .....	50
23. Struktur mikro perlit.....	50
24. Struktur mikro martensit .....	51
25. Transformasi fasa pada logam hasil pengelasan .....	52
26. Kurva tegangan-regangan teknik.....	54
27. Batas elastis dan tegangn luluh .....	54
28. Mesin uji tarik ( <i>universal testing machine</i> ).....	55
29. Dimensi sambungan las tumpul dengan alur V tunggal.....	61
30. Dimensi spesimen uji tarik .....	62
31. Diagram alir penelitian ( <i>Flow chart</i> ).....	67
32. Alat kecepatan pengelasan .....	72
33. Skema proses pengelasan .....	74
34. Hasil uji strukturmikro material dasar baja karbon rendah St 41 etsa nital dengan pembesaran 400 X .....	79
35. Hasil uji struktur mikro baja karbon rendah St 41 menggunakan variasi kecepatan las 1 mm/s, 5 mm/s, dan 10 mm/s etsa nital dan pembesaran 400 X .....	80
36. Daerah patahan hasil uji tarik baja karbon rendah pada daerah lasan dengan kecepatan las 1 mm/s (spesimen A <sub>1</sub> , A <sub>2</sub> , dan A <sub>3</sub> ) .....	84
37. Daerah patahan hasil uji tarik baja karbon rendah pada daerah lasan dengan kecepatan las 5 mm/s (spesimen B <sub>1</sub> , B <sub>2</sub> , dan B <sub>3</sub> ).....	86

38. Daerah patahan hasil uji tarik baja karbon rendah pada daerah lasan dengan kecepatan las 10 mm/s (spesimen C <sub>1</sub> , C <sub>2</sub> , dan C <sub>3</sub> ).....	88
39. Grafik hubungan antara kekuatan tarik dengan variasi kecepatan pengelasan .....	89
40. Grafik hubungan antara regangan dengan variasi kecepatan pengelasan .....	90
41. Perubahan struktur mikro pada logam yang mengalami transformasi fasa akibat proses pengelasan.....	92
42. Pengaruh distribusi temperatur dan kecepatan pendinginan terhadap struktur mikro logam .....	94

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Klasifikasi cara pengelasan .....	11
2. Elektroda tungsten .....	25
3. Penggunaan elektroda tungsten untuk mengelas baja karbon .....	26
4. Variabel proses pengelasan TIG untuk baja karbon.....	31
5. Logam dan jenis arus yang sesuai untuk las gas tungsten.....	34
6. Klasifikasi baja karbon .....	44
7. Jumlah spesimen uji .....	64
8. Contoh tabel data uji tarik .....	66
9. Sifat mekanik baja karbon rendah (St 41) .....	68
10. Komposisi kimia baja karbon rendah (St 41) .....	68
11. Komposisi kimia logam pengisi (AWS A5.18) .....	69
12. Data nilai kekuatan tarik .....	75
13. Data nilai perpanjangan .....	77

## DAFTAR SIMBOL

Simbol	Satuan
$A_0$ : Luas mula penampang .....	(mm <sup>2</sup> )
$E$ : Modulus elastisitas bahan.....	(kg/mm <sup>2</sup> , N/mm <sup>2</sup> )
$\epsilon$ : Regangan .....	(%)
$\sigma$ : Tegangan .....	(kg/mm <sup>2</sup> , N/mm <sup>2</sup> )
$\sigma_u$ : Tegangan <i>ultimate</i> .....	(kg/mm <sup>2</sup> , N/mm <sup>2</sup> )
$F$ : Beban, gaya .....	(kg, N)
$L_0$ : Panjang awal.....	(mm)
$L$ : Panjang Akhir .....	(mm)

## I. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Pada saat ini teknik pengelasan telah dipergunakan secara luas dalam penyambungan batang-batang pada konstruksi bangunan baja dan konstruksi mesin. Luasnya penggunaan teknologi ini disebabkan karena bangunan dan mesin yang dibuat dengan menggunakan teknik penyambungan ini menjadi lebih ringan dan proses pembuatannya juga lebih sederhana sehingga secara keseluruhan biaya yang dikeluarkan menjadi lebih murah. Dari perkembangannya yang pesat ini telah banyak teknologi baru yang ditemukan, sehingga boleh dikatakan hampir tidak ada logam yang tidak dapat disambung atau dilas dengan cara-cara yang ada sekarang ini.

Pengelasan adalah suatu proses penggabungan logam dimana logam menjadi satu akibat panas las, dengan atau tanpa pengaruh tekanan, dan dengan atau tanpa logam pengisi. Berdasarkan definisi dari *Dutch Industrie Normen* (DIN) las adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Dari definisi tersebut dapat dijabarkan lebih lanjut bahwa las adalah sambungan setempat dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas (Wiryosumarto, 2000).

Di samping untuk penyambungan (*joining*), proses las dapat juga dipergunakan untuk reparasi misalnya untuk mengisi lubang-lubang pada coran, membuat lapisan keras pada perkakas, mempertebal bagian-bagian yang sudah aus, dan macam-macam reparasi lainnya. Prosedur pengelasan kelihatannya sangat sederhana, tetapi sebenarnya di dalamnya banyak masalah-masalah yang harus diatasi dimana pemecahannya memerlukan berbagai macam pengetahuan. Oleh sebab itu pengelasan menjadi sangat penting dan membutuhkan penanganan yang serius dalam penggunaannya, karena kesalahan dalam proses pengelasan dapat menyebabkan hasil pengelasan buruk yang dapat menyebabkan kerugian yang cukup besar.

Pada saat ini telah digunakan lebih dari 40 jenis pengelasan, yang salah satunya adalah pengelasan GTAW (*gas tungsten arc welding*). Las GTAW (*gas tungsten arc welding*) atau biasa disebut las TIG (*tungsten inert gas*) adalah pengelasan dengan memakai busur nyala yang dihasilkan oleh elektroda tetap yang terbuat dari *tungsten*. Sedang sebagai bahan penambah terbuat dari bahan yang sama atau sejenis dengan bahan yang dilas dan terpisah dari pistol las (*welding gun*) (Sriwidharto, 2006).

Dari semua jenis logam yang ada saat ini, tidak semua jenis logam memiliki sifat mampu las yang baik dan dapat dilas dengan semua jenis pengelasan. Bahan yang mempunyai sifat mampu las yang cukup baik diantaranya adalah baja karbon rendah. Baja karbon rendah dapat dilas dengan semua cara pengelasan yang ada, dan mempunyai kepekaan retak las yang rendah dibandingkan dengan baja karbon lainnya (Wiryosumarto, 2000).



Baja karbon rendah (baja karbon yang memiliki kandungan karbon dibawah 0,3%) merupakan baja yang banyak digunakan dan memiliki aplikasi yang luas seperti pada konstruksi bangunan dan rangka baja, konstruksi jembatan, untuk pipa, dan banyak juga digunakan dalam bidang otomotif sebagai *body* dari kendaraan terutama banyak digunakan di kendaraan mobil. Hal ini disebabkan selain mudah dikerjakan dengan proses pemesinan dan mudah dibentuk, baja karbon rendah ini juga memiliki sifat mampu las yang cukup baik (Sack, 1997).

Kekuatan hasil lasan dipengaruhi oleh beberapa parameter yang ada dalam pengelasan, seperti: tegangan busur, besar arus, besarnya penembusan, polaritas listrik dan kecepatan pengelasan. Untuk kecepatan pengelasan itu sendiri tergantung pada jenis elektroda, diameter inti elektroda, bahan yang dilas, geometri sambungan, ketelitian sambungan dan lain-lainnya. Namun dalam prakteknya, banyak juru las (*welder*) yang tidak memperhatikan hal tersebut sehingga banyak terjadi cacat las dan kekuatan hasil sambungan pada lasan menurun.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Yazit Bustomi, variasi kecepatan pengelasan dengan menggunakan las TIG pada sambungan plat aluminium cukup berpengaruh terhadap tegangan geser. Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh variasi kecepatan pengelasan dengan menggunakan las TIG pada sambungan plat aluminium terhadap tegangan gesernya, maka dilakukan pengujian geser serta melakukan perhitungan dari spesimen hasil pengelasan dengan variasi kecepatan pengelasan mulai dari 300 mm/menit hingga 500 mm/menit. Dari penelitian ini dapat kita ketahui bahwa variasi kecepatan

pengelasan dengan menggunakan las khususnya las TIG berpengaruh terhadap tegangan gesernya, yaitu semakin tinggi kecepatan pengelasan maka tegangan geser spesimen akan semakin besar. Dan sebaliknya semakin rendah kecepatan pengelasan maka tegangan geser yang dihasilkan akan semakin kecil.

Telah dilakukan juga penelitian mengenai pengaruh kecepatan pengelasan dan bentuk geometri ujung elektroda berbentuk runcing dan pipih terhadap hasil pengelasan TIG (*Tungsten Inert Gas*) tutup kelongsong Batang Elemen Bakar Nuklir (EBN). Hasil pengelasan pada kondisi pengelasan dengan pola arus yang sama dan kecepatan waktu pengelasan (RPM) yang berbeda untuk masing-masing bentuk elektroda yang digunakan, secara keseluruhan menghasilkan lebar las dan HAZ (*heat affected zone*) yang relatif sama, tetapi menghasilkan kedalaman sambungan las yang berbeda. Kecepatan pengelasan yang digunakan menentukan posisi tingkat dan besar arus pengelasan serta kedalaman hasil pengelasan pada satu putaran kelongsong. Kecepatan pengelasan pada RPM 7,5; 8,5; dan 9,5 untuk elektrode runcing dan pipih, menghasilkan kedalaman las lebih dari ketebalan kelongsong. Sedangkan kecepatan pengelasan pada RPM 6,5; 5,5 dan 4,5 untuk elektrode runcing dan pipih, menghasilkan kedalaman las kurang dari tebal kelongsong (Saeful Hidayat, 2009).

Berdasarkan uraian di atas, salah satu yang perlu diperhatikan dalam melakukan pengelasan (khususnya pada pengelasan TIG) adalah pengaruh kecepatan pengelasan terhadap sifat mekanik atau kekuatan pada hasil sambungan lasnya. Untuk mengetahui pengaruh kecepatan pengelasan

terhadap kekuatan tarik pada sambungan las maka perlu dilakukan pengujian yang dalam hal ini dilakukan pada logam baja karbon rendah dengan proses pengelasan *tungsten inert gas* (TIG). Oleh karena itu, dalam penulisan Tugas Akhir ini penulis mengambil judul **“PENGARUH VARIASI KECEPATAN PENGELASAN *TUNGSTEN INERT GAS* (TIG) TERHADAP KEKUATAN TARIK HASIL SAMBUNGAN LAS PADA BAJA KARBON RENDAH (ST 41)”**.

## **B. Tujuan**

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuktikan pengaruh kecepatan pengelasan terhadap kekuatan tarik hasil sambungan las serta mendapatkan laju kecepatan pengelasan yang baik pada pengelasan baja karbon rendah (ST 41) dengan pengelasan *tungsten inert gas* (TIG).

## **C. Batasan Masalah**

Kajian dalam penelitian tugas akhir ini dibatasi pada:

1. Jenis pengelasan yang digunakan adalah las *tungsten inert gas* (TIG) atau *Gas Tungsten Arc Welding* (GTAW).
2. Material yang digunakan adalah baja karbon rendah (ST 41) dengan tebal 12 mm
3. Jenis sambungan las yang digunakan adalah sambungan las tumpul (*butt weld joint*) dengan alur berbentuk V tunggal.

4. Kecepatan pengelasan yang digunakan dalam penelitian ini adalah (1, 5, dan 10) mm/s, dan jenis arus yang digunakan adalah DCEN sebesar 200 *Ampere*.
5. Posisi pengelasan mendatar atau pengelasan di bawah tangan.
6. Pengujian dilakukan dengan uji tarik untuk mengetahui kekuatan hasil sambungan las dengan dimensi spesimen uji sesuai standar *ASTM E-8* dan foto mikro untuk mengetahui struktur mikro pada hasil lasan atau daerah *heat affected zone (HAZ)*.

#### **D. Sistematika Penulisan**

Laporan penelitian Tugas Akhir ini disusun dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

##### **BAB I : PENDAHULUAN**

Pada bab ini terdiri dari latar belakang, tujuan, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

##### **BAB II : TINJAUAN PUSTAKA**

Pada bab ini memuat teori mengenai hal-hal yang berkaitan dengan penelitian ini.

##### **BAB III : METODOLOGI PENELITIAN**

Pada bab ini terdiri atas hal-hal yang berhubungan dengan pelaksanaan penelitian, yaitu tempat penelitian, bahan penelitian, peralatan, dan prosedur pengujian.

**BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada bab ini berisikan hasil dan pembahasan dari data-data yang diperoleh saat pengujian dilaksanakan.

**BAB V : SIMPULAN DAN SARAN**

Pada bab ini berisi hal-hal yang dapat disimpulkan dan saran-saran yang ingin disampaikan dari penelitian ini.

**DAFTAR PUSTAKA**

Memuat referensi yang digunakan penulis untuk menyelesaikan laporan tugas akhir.

**LAMPIRAN-LAMPIRAN**

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Pengertian Las

Berdasarkan definisi dari *Deutsche Industrie Normen* (DIN), las adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Definisi ini juga dapat diartikan lebih lanjut bahwa las adalah sambungan setempat dari beberapa logam dengan menggunakan energi panas (Wiryo Sumarto, 2000).

Pengelasan adalah suatu aktifitas menyambung dua bagian benda atau lebih dengan cara memanaskan atau menekan atau gabungan dari keduanya sedemikian rupa sehingga menyatu seperti benda utuh. Penyambungan bisa dengan atau tanpa bahan tambah (*filler metal*) yang sama atau berbeda titik cair maupun strukturnya (Alip, 1989).

Beberapa metode atau cara pengelasan telah ditemukan untuk membuat proses pengelasan dengan hasil sambungan yang kuat dan efisien. Pengelasan juga memberikan keuntungan baik itu dalam aspek komersil maupun teknologi. Adapun keuntungan dari pengelasan adalah sebagai berikut (Groover, 1996):

1. Pengelasan memberikan sambungan yang permanen. Kedua bagian yang disambung menjadi satu kesatuan setelah dilas.

2. Sambungan las dapat lebih kuat daripada material induknya jika logam pengisi (*filler metal*) yang digunakan memiliki sifat-sifat kekuatan yang tinggi daripada material induknya, dan teknik pengelasan yang digunakan harus tepat.
3. Pengelasan biasanya merupakan cara yang paling ekonomis jika ditinjau dari harga pembuatannya dan segi penggunaannya.
4. Pengelasan tidak dibatasi hanya pada lingkungan pabrik saja, tetapi pengelasan juga dapat dilakukan atau dikerjakan di lapangan.

Berdasarkan masukan panas (*heat input*) utama yang diberikan kepada logam dasar, proses pengelasan dapat dibagi menjadi dua cara, yaitu (Wiryosumanto, 2000):

1. Pengelasan dengan menggunakan energi panas yang berasal dari *fusion* (nyala api las), contohnya: las busur (*arc welding*), las gas (*gas welding*), las sinar elektron (*electron discharge welding*), dan lain-lain.
2. Pengelasan dengan menggunakan energi panas yang tidak berasal dari nyala api las (*non fusion*), contohnya: *friction stirr welding* (proses pengelasan dengan gesekan), las tempa, dan lain-lain.

## **B. Klasifikasi Cara Pengelasan**

Sampai pada waktu ini banyak sekali cara-cara pengklasifikasian yang digunakan dalam bidang las, ini disebabkan karena belum adanya kesepakatan dalam hal tersebut. Secara konvensional cara-cara pengklasifikasian tersebut dapat dibagi dalam dua golongan yaitu: klasifikasi berdasarkan cara kerja dan

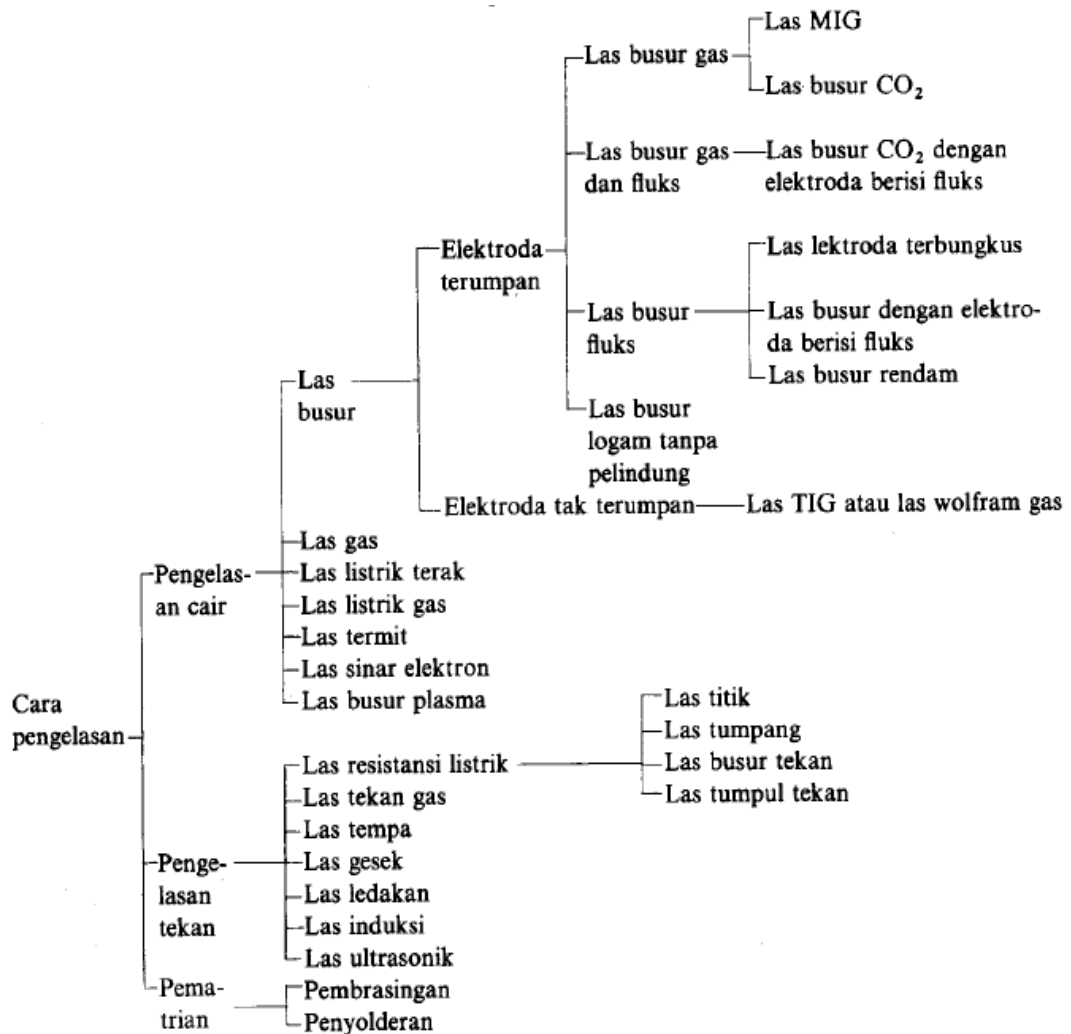
klasifikasi berdasarkan energi yang digunakan (Wiryosumarto, 2000). Klasifikasi yang pertama membagi las dalam kelompok las cair, las tekan, las patri dan lain-lain. Sedangkan klasifikasi yang kedua membedakan adanya kelompok-kelompok seperti las listrik, las kimia, las mekanik dan lain-lain. Bila diadakan klasifikasi yang lebih terperinci lagi, maka kedua klasifikasi tersebut di atas akan terbaaur dan akan terbentuk kelompok-kelompok yang banyak sekali.

Diantara kedua cara klasifikasi tersebut di atas, klasifikasi berdasarkan cara kerja lebih banyak digunakan. Berdasarkan klasifikasi ini, pengelasan dapat dibagi dalam tiga kelas utama yaitu (Wiryosumarto, 2000):

1. Pengelasan cair adalah cara pengelasan dimana sambungan dipanaskan sampai mencair dengan sumber panas dari busur listrik atau semburan api gas yang terbakar.
2. Pengelasan tekan adalah cara pengelasan dimana sambungan dipanaskan dan kemudian ditekan hingga menjadi satu.
3. Pematrian adalah cara pengelasan dimana sambungan diikat dan disatukan dengan menggunakan paduan logam yang mempunyai titik cair rendah. Dalam cara ini logam induk tidak turut mencair.



Tabel 1. Klasifikasi Cara Pengelasan



Sumber: Wiryosumarto, 2000

### C. Jenis-Jenis Pengelasan

Dari sekian banyak jenis atau klasifikasi pengelasan, cara pengelasan yang banyak digunakan saat ini adalah pengelasan cair dengan busur dan dengan gas. Adapun dari kedua jenis tersebut akan dijelaskan sebagai berikut (Wiryosumarto, 2000).

## 1. Las Busur Listrik

Las busur listrik adalah cara pengelasan dengan mempergunakan busur nyala listrik sebagai sumber panas pencair logam. Klasifikasi las busur listrik yang digunakan hingga saat ini dalam proses pengelasan adalah las elektroda terbungkus (Wiryosumarto, 2000).

Prinsip pengelasan las busur listrik adalah sebagai berikut: arus listrik yang cukup padat dan tegangan rendah bila dialirkan pada dua buah logam yang konduktif akan menghasilkan loncatan elektroda yang dapat menimbulkan panas yang sangat tinggi mencapai suhu  $5000^{\circ}\text{C}$  sehingga dapat mudah mencair kedua logam tersebut (Wiryosumarto, 2000).

Proses pemindahan logam cair seperti dijelaskan diatas sangat mempengaruhi sifat maupun las dari logam, dapat dikatakan bahwa butiran logam cair yang halus mempunyai sifat mampu las yang baik. Sedangkan proses pemindahan cairan sangat dipengaruhi oleh besar kecilnya arus dan komposisi dari bahan fluks yang digunakan. Selama proses pengelasan, fluks yang digunakan untuk membungkus elektroda sebagai zat pelindung yang sewaktu pengelasan juga ikut mencair. Tetapi karena berat jenisnya lebih ringan dari bahan logam yang dicairkan, maka cairan fluks tersebut mengapung diatas cairan logam dan membentuk terak sebagai penghalang oksidasi. Dalam beberapa fluks bahan tidak terbakar, tetapi berubah menjadi gas pelindung dari logam cair terhadap oksidasi (Wiryosumarto, 2000).

2. Busur Logam Gas (*Gas Metal Arc Welding*)

Proses pengelasan dimana sumber panas berasal dari busur listrik antara elektroda yang sekaligus berfungsi sebagai logam yang terumpan (*filler*) dan logam yang dilas. Las ini disebut juga *metal inert gas welding* (MIG) karena menggunakan gas mulia seperti argon dan helium sebagai pelindung busur dan logam cair (Wiryo Sumarto, 2000).

3. Las Busur Rendam (*Submerged Arc Welding/SAW*)

Proses pengelasan dimana busur listrik dan logam cair tertutup oleh lapisan serbuk fluks sedangkan kawat pengisi (*filler*) diumpankan secara kontinyu. Pengelasan ini dilakukan secara otomatis dengan arus listrik antara 500-2000 *Ampere* (Wiryo Sumarto, 2000).

4. Las Busur Elektroda Terbungkus (*Shielded Metal Arc Welding/SMAW*)

Proses pengelasan dimana panas dihasilkan dari busur listrik antara ujung elektroda dengan logam yang dilas. Elektroda terdiri dari kawat logam sebagai penghantar arus listrik ke busur dan sekaligus sebagai bahan pengisi (*filler*). Kawat ini dibungkus dengan bahan fluks. Biasanya dipakai arus listrik yang tinggi (10-500 A) dan potensial yang rendah (10-50 V). Selama pengelasan, fluks mencair dan membentuk terak (*slag*) yang berfungsi sebagai lapisan pelindung logam las terhadap udara sekitarnya. Fluks juga menghasilkan gas yang bisa melindungi butiran-butiran logam cair yang berasal dari ujung elektroda yang mencair dan jatuh ke tempat sambungan (Wiryo Sumarto, 2000).

5. Las Oksi Asetilen (*Oxy Acetilene Welding*)

Las oksidasi asetilen adalah salah satu jenis pengelasan gas yang dilakukan dengan membakar bahan bakar gas dengan O<sub>2</sub> sehingga menimbulkan nyala api dengan suhu yang dapat mencairkan logam induk dan logam pengisi. Bahan bakar yang biasa digunakan adalah gas asetilen, propan, atau hidrogen. Dari ketiga bahan bakar ini yang paling banyak digunakan adalah gas asetilen, maka dari itu pengelasan ini biasa disebut dengan las oksidasi asetilen (Wiryo Sumarto, 2000).

6. Las Busur Tungsten Gas Mulia (*Gas Tungsten Arc Welding/GTAW*)

Proses pengelasan di mana sumber panas berasal dari loncatan busur listrik antara elektroda terbuat dari wolfram/tungsten dan logam yang dilas. Pada pengelasan ini logam induk (logam asal yang akan disambung dengan metode pengelasan biasanya disebut dengan istilah logam induk) tidak ikut terumpan (*non-consumable electrode*). Untuk melindungi elektroda dan daerah las digunakan gas mulia (argon atau helium). Sumber arus yang digunakan bisa AC (arus bolak-balik) maupun DC (arus searah) (Wiryo Sumarto, 2000).

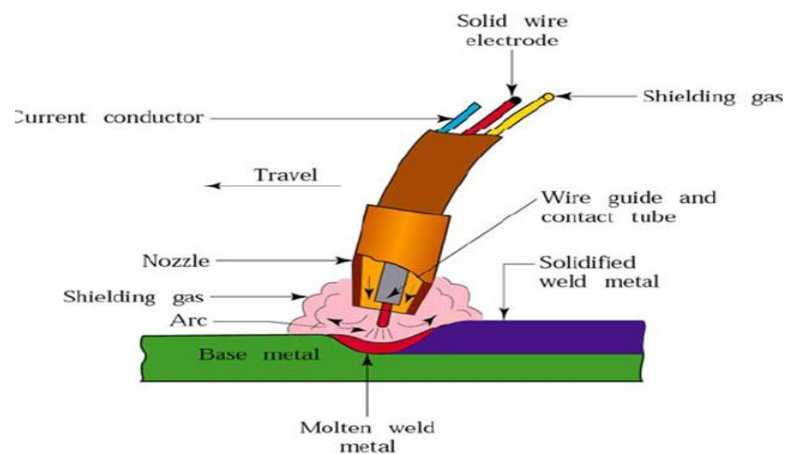
7. Las Listrik Terak (*Electroslag Welding*)

Proses pengelasan di mana energi panas untuk melelehkan logam dasar (*base metal*) dan logam pengisi (*filler*) berasal dari terak yang berfungsi sebagai tahanan listrik ketika terak tersebut dialiri arus listrik. Pada awal pengelasan, fluks dipanasi oleh busur listrik yang mengenai dasar sambungannya. Kemudian logam las terbentuk pada arah vertikal sebagai

hasil dari campuran antara bagian sisi dari logam induk dengan logam pengisi (*filler*) cair. Proses pencampuran ini berlangsung sepanjang alur sambungan las yang dibatasi oleh pelat yang didinginkan dengan air (Wiryosumarto, 2000).

#### 8. Las *Metal Inert Gas* (MIG)

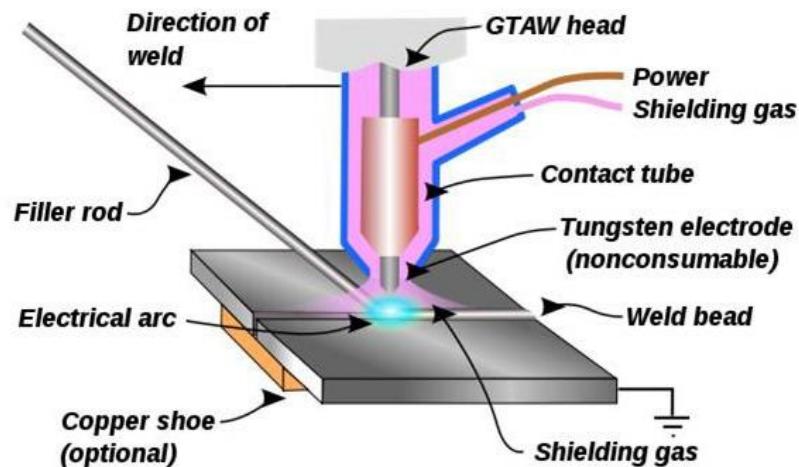
Dalam las logam gas mulia, kawat las pengisi yang juga berfungsi sebagai elektroda diumpankan secara terus menerus. Busur listrik terjadi antara kawat pengisi dan logam induk. Skema dari alat las ini ditunjukkan dalam Gambar 1. Gas pelindung yang digunakan adalah gas argon, helium atau campuran dari keduanya. Untuk memantapkan busur kadang-kadang ditambahkan gas  $O_2$  antara 2 sampai 5%, atau CO, antara 5 sampai 20%. Proses pengelasan MIG ini dapat secara semi otomatis atau otomatis. Semi otomatis dimaksudkan pengelasan secara manual, sedangkan otomatis adalah pengelasan yang seluruhnya dilaksanakan secara otomatis. Elektroda keluar melalui tangkai bersama-sama dengan gas pelindung (Wiryosumarto, 2000).



Gambar 1. Las MIG (*Metal Inert Gas*) (www.skema las MIG)

#### D. Las Gas Tungsten Arc Welding (GTAW) / Tungsten Inert Gas (TIG)

Las gas tungsten arc welding (GTAW) adalah jenis pengelasan dengan memakai busur nyala api yang menghasilkan elektroda tetap yang terbuat dari tungsten (*wolfram*), sedangkan bahan penambah terbuat dari bahan yang sama atau sejenis dengan bahan yang dilas dan terpisah dari *torch*. Untuk mencegah oksidasi, maka dipakai gas pelindung yang keluar dari *torch* biasanya berupa gas argon dengan kemurnian mencapai 99,99%. Pada proses pengelasan ini peleburan logam terjadi karena panas yang dihasilkan oleh busur listrik antara elektroda dan logam induk. Proses pengelasan *gas tungsten arc welding* (GTAW) dapat dilihat seperti pada gambar 2 (Aljufri, 2008).



Gambar 2. Proses Pengelasan Gas Tungsten Arc Welding (GTAW) (Aljufri, 2008).

*Tungsten Inert Gas* (TIG) adalah suatu proses pengelasan busur listrik elektroda tidak terumpan, dengan menggunakan gas mulia sebagai pelindung terhadap pengaruh udara luar. Pada proses pengelasan TIG peleburan logam terjadi karena panas yang dihasilkan oleh busur listrik antara elektroda dengan logam induk. Pada jenis pengelasan ini logam pengisi dimasukkan ke dalam

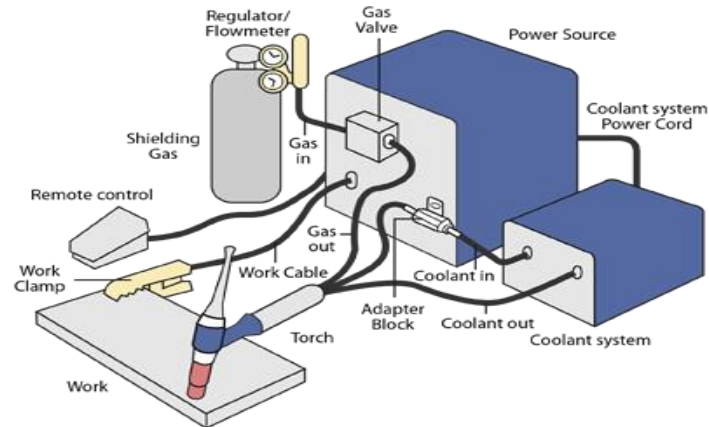
daerah arus busur sehingga mencair dan terbawa ke logam induk. Las TIG dapat dilaksanakan secara manual atau secara otomatis dengan mengotomatisasikan cara pengumpanan logam pengisi (Aljufri, 2008).

#### 1. Prinsip Kerja Las TIG/GTAW

Pada gambar 3 menunjukkan skema atau cara pelaksanaan pengelasan GTAW. Prosesnya menggunakan gas pelindung untuk mencegah terjadinya oksidasi pada bahan las yang panas. Untuk menghasilkan busur nyala, digunakan elektroda yang tidak dikonsumsi terbuat dari logam tungsten atau paduannya yang mempunyai titik lebur sangat tinggi (Sriwidharto, 2006).

Busur nyala dihasilkan dari arus listrik melalui konduktor dan mengionisasi gas pelindung. Busur terjadi antara ujung 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 dirasa perlu sebagai logam penambah). Pencairan kawat las dilaksanakan di ujung kolom las yang sambil proses pengelasan berjalan. Terdapat 4 (empat) komponen dasar atau komponen utama dari las GTAW, yaitu (Sriwidharto, 2006):

1. Obor (*torch*)
2. Elektroda tidak dikonsumsi (*tungsten*)
3. Sumber arus las
4. Gas pelindung



Gambar 3. Skema Las TIG (Sriwidharto, 2006).

## 2. Kelebihan Las GTAW/TIG

Berikut ini adalah beberapa keuntungan penggunaan GTAW/TIG (Sriwidharto, 2006):

- a. Menghasilkan sambungan bermutu tinggi, biasanya bebas cacat.
- b. Bebas dari terbentuknya percikan las (*spatter*).
- c. Dapat digunakan dengan atau tanpa bahan tambahan (*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 pada semua jenis metal termasuk pengelasan metal berbeda.
- i. Memungkinkan pengendalian mandiri sumber panas maupun penambahan *filler metal*.



### 3. Kekurangan/kelemahan Las GTAW/TIG

Berikut ini adalah beberapa kekurangan dari proses pengelasan GTAW/TIG (Sriwidharto, 2006):

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

### 4. Peralatan Las TIG

Pada proses pengelasan las *tungsten inert gas* (TIG) atau GTAW ada beberapa peralatan umum yang digunakan antara lain sebagai berikut (Sriwidharto, 2006):

#### a) Stang Las/Obor (*torch welding*)

Stang las atau obor GTAW berfungsi sebagai pemegang elektroda tidak terkonsumsi (*tungsten*) yang menyalakan arus pengelasan ke busur listrik, serta menjadi sarana penyalur gas pelindung ke zona busur (*arc zone*). Obor dipilih sesuai dengan kemampuan menampung arus las maksimum ke busur nyala tanpa mengalami *over heating*. Sebagian besar obor didesain untuk mengakomodasi segala ukuran elektroda serta berbagai tipe ukuran *nozzle* (Sriwidharto, 2006).

Pada umumnya obor untuk pengelasan manual memiliki sudut kepala (*heat angle*), yakni antara sudut elektroda dan pegangan (*handle*)  $120^\circ$  dan jenis-jenis obor lainnya seperti obor dengan sudut kepala yang dapat diatur, sudut kepala siku ( $90^\circ$ ), dan kepala bentuk pensil. Obor GTAW manual memiliki *switch* dan katub tambahan yang dipasang pada pegangannya yang digunakan untuk mengendalikan arus dan aliran gas pelindung, sedangkan obor untuk mesin GTAW otomatis hanya dapat diatur pada permukaan sambungan, sepanjang sambungan, dan jarak antara obor dan bahan yang akan dilas (Sriwidharto, 2006).



Gambar 4. Stang las/obor (*torch welding*) (Sriwidharto, 2006).

b) Mesin las AC/DC

Mesin las AC/DC merupakan mesin las pembangkit arus AC/DC yang digunakan di dalam pengelasan las gas tungsten. Pemilihan arus AC atau DC biasanya tergantung pada jenis logam yang akan dilas (Tim Fakultas Teknik UNY, 2004).

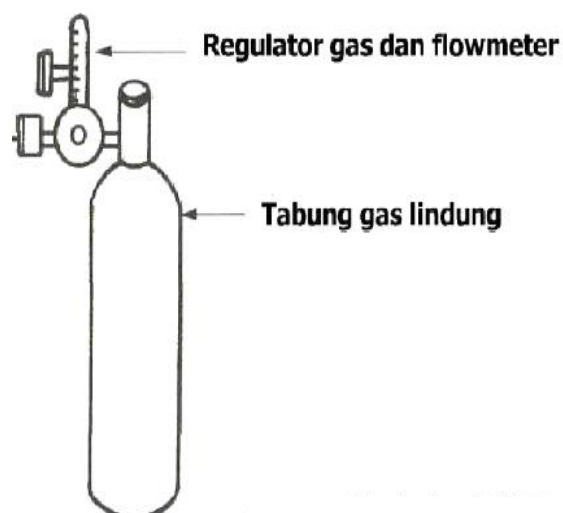


Gambar 5. Mesin Las AC/DC (Tim Fakultas Teknik UNY, 2004).

c) Tabung Gas Lindung, Regulator Gas Lindung dan *flowmeter*

Tabung gas lindung adalah tabung tempat penyimpanan gas lindung seperti argon dan helium yang digunakan di dalam mengelas gas tungsten. Regulator gas lindung adalah pengatur tekanan gas yang akan digunakan di dalam pengelasan gas tungsten. Pada regulator ini biasanya ditunjukkan tekanan kerja dan tekanan gas di dalam tabung.

Sedangkan *Flowmeter* dipakai untuk menunjukkan besarnya aliran gas lindung yang dipakai di dalam pengelasan gas tungsten (Tim Fakultas Teknik UNY, 2004).



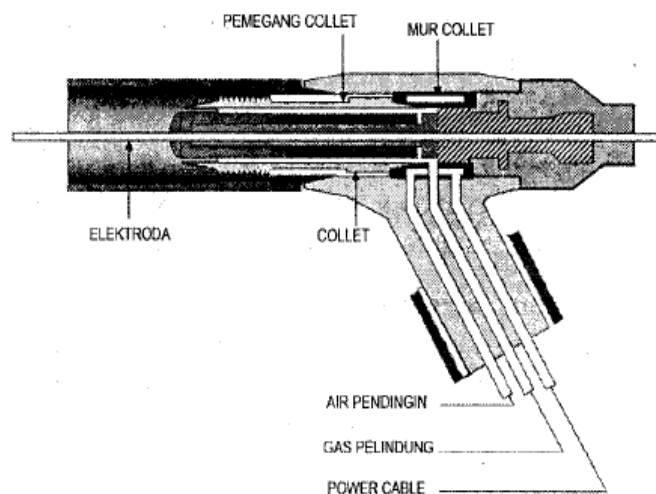
Gambar 6. Tabung Gas Lindung, Regulator Gas Lindung dan *Flowmeter* (Tim Fakultas Teknik UNY, 2004).

d) Kabel Elektroda Selang Gas dan Perlengkapannya

Kabel elektroda dan selang gas berfungsi menghantarkan arus dari mesin las menuju stang las, begitu juga aliran gas dari mesin las menuju stang las. Selang gas dan perlengkapannya berfungsi sebagai penghubung gas dari tabung menuju pembakar las. Sedangkan perangkat pengikat berfungsi mengikat selang dari tabung menuju mesin las dan dari mesin las menuju pembakar las (Tim Fakultas Teknik UNY, 2004).

e) *Collet*

Segala ukuran diameter elektroda dapat dipegang oleh piranti pemegang elektroda (*electrode holder*) yang disebut *Collet* atau *Chuck*. Piranti ini terbuat dari paduan tembaga. *Collet* ini akan menggenggam erat elektroda saat penutup obor diikat erat. Hubungan baik antar elektroda dengan bagian dalam diameter *collet* penting untuk penyaluran arus las dan pendingin elektroda.



Gambar 7. Pemegang elektroda (*electrode holder*)/*collet* (Sriwidharto, 2006).

f) Moncong (*Nozzle*)

*Nozzle* berfungsi untuk mengarahkan gas pelindung pada pengelasan. *Nozzle* antar cup ini dapat dipasang pada kepala obor, dan juga terpasang pada kepala obor piranti pengatur aliran gas (*diffuser*) atau piranti jet yang terpatent. Fungsi *diffuser* adalah untuk meluruskan arah aliran gas. Bahan *nozzle* adalah bahan tahan panas (*heat resisting material*) dalam berbagai ukuran dan bentuk. Pemasangannya pada kepala obor menggunakan ulir atau genggaman friksi (*tight fit*). *Nozzle* terbuat dari keramik, metal, keramik berlapis metal, *quartz* yang dicor atau bahan lain. Bahan keramik adalah bahan yang paling umum digunakan karena murah namun sangat mudah pecah, oleh karenanya harus sering diganti (Sriwidharto, 2006).

*Nozzle quartz* bersifat bening/transparan, karenanya memungkinkan juru las melihat dengan jelas elektroda dan busur nyala listrik sewaktu mengelas. Namun karena kontaminasi dari uap metal, menyebabkan *nozzle* tersebut menjadi buram (*opaque*) dan mudah pecah. *Nozzle* yang terbuat dari metal yang didinginkan dengan air berumur lebih panjang dan biasanya digunakan untuk GTAW secara manual dan otomatis dimana arus pengelasan yang relatif besar.

Suatu piranti yang berfungsi memastikan aliran gas lindung menjadi laminar disebut lensa gas. Lensa gas ini mengandung *diffuser* penghalang yang berpori (*porous barrier diffuser*) yang dipasang ketat melingkari elektroda atau *collet*. Lensa gas menghasilkan aliran

gas yang lebih panjang dan tidak terganggu yang memungkinkan juru las menempatkan obor las 1 *inchi* atau lebih dari permukaan bahan yang dilas sehingga lebih mudah melihat posisi elektroda dan kondisi kolam las, serta memudahkan pengelasan di sudut-sudut dan celah yang relatif sempit (Sriwidharto, 2006).



Gambar 8. Moncong (*Nozzle*) (Sriwidharto, 2006).

g) Elektroda Tungsten

Elektroda tungsten adalah elektroda tidak terumpan (*non-consumable electrode*) 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 biasa dipakai pada elektroda batang las busur metal maupun elektroda gulungan pada las MIG (Tim Fakultas Teknik UNY, 2004).

Titik lebur metal tungsten adalah  $6.170^{\circ}\text{F}$  ( $3.410^{\circ}\text{C}$ ). Pada saat tungsten mendekati suhu tersebut, sifatnya menjadi *thermonic* (sumber pemasok elektron). Suhu tersebut 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 dari elektroda diantara ujungnya dan bagian *collet* yang paling dingin (Sriwidharto, 2006).

Ada beberapa tipe elektroda tungsten yang biasa dipakai di dalam pengelasan sebagaimana dijelaskan pada tabel 2 berikut:

Tabel 2. Elektroda Tungsten

Klasifikasi AWS	Perkiraan Komposisi	Kode warna
EWP	Tungsten murni	Hijau
EWCe-2	97,3% tungsten, 2% cerium oksida	Oranye
EWLa-1	98,3% tungsten, 1% lanthanum 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

Sumber: Cary, 1993

Tabel di atas disusun berdasarkan klasifikasi AWS dimana kode-kodenya dapat dijelaskan sebagai berikut:

E : elektroda

W : wolfram atau tungsten

P : tungsten murni (pure tungsten)

G : umum (general ) dimana komposisi tambahan biasa tidak disebut.

Sedangkan untuk kode Ce-2, La-1, Th-1, Th-2, dan Zr-1 masing-masing adalah komposisi tambahan sebagaimana yang dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 3. Penggunaan Elektroda Tungsten Untuk Mengelas Baja Karbon

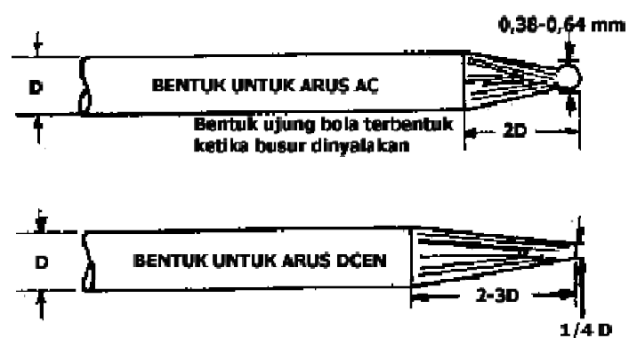
Diameter elektrode mm	Arus las			
	AC		Elektrode negatif	Elektrode positif
	YWP	YWth	Ywp, YWth	Ywp, YWth
0.5	5 ~ 15	5 ~ 20	5 ~ 20	--
1.0	10 ~ 60	15 ~ 80	15 ~ 80	--
1.6	50 ~ 100	70 ~ 150	70 ~ 150	10 ~ 20
2.4	100 ~ 160	140 ~ 235	150 ~ 250	15 ~ 30
3.2	150 ~ 210	225 ~ 325	250 ~ 400	25 ~ 40
4.0	200 ~ 275	300 ~ 425	400 ~ 500	40 ~ 55
4.8	250 ~ 350	400 ~ 525	500 ~ 800	55 ~ 80
6.4	325 ~ 475	500 ~ 700	800 ~ 1100	80 ~ 125

Sumber: Heri Sunaryo, 2008

Elektroda tungsten murni biasa digunakan untuk pengelasan AC pada pengelasan aluminium maupun magnesium. Elektroda *tungsten thorium* 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 dari mulai ukuran 0,254 mm sampai dengan 6,35 mm. Untuk panjang disediakan mulai dari 76,2 mm sampai dengan 609,6 mm.



Pengasahan elektroda tungsten dilakukan membujur dengan arah putaran gerinda. Pengasahan dengan arah ini akan mempermudah aliran arus yang akan digunakan di dalam pengelasan, sebaliknya jika penggerindaan dilakukan melintang dengan arah putaran batu gerinda akan mengakibatkan terhambatnya jalannya arus yang digunakan untuk mengelas. Adapun ukuran penggerindaan elektroda tungsten dapat dilihat pada Gambar 9 (Tim Fakultas Teknik UNY, 2004).



Gambar 9. Penggerindaan Elektroda Tungsten (Tim Fakultas Teknik UNY, 2004).

##### 5. Variabel Proses Pengelasan TIG

Variabel utama pada pengelasan TIG adalah tegangan busur tegangan busur (*arc length*), arus pengelasan, kecepatan gerak pengelasan (*travel speed*), dan gas lindung. Jumlah energi yang dihasilkan oleh busur sebanding dengan arus dan tegangan, sedangkan jumlah bahan las yang dideposisikan per satuan panjang berbanding terbalik dengan kecepatan gerak pengelasan. Busur yang dihasilkan dengan gas pelindung helium lebih dalam dari pada dengan gas argon (Sriwidharto, 2006).

Permasalahan yang timbul adalah bahwa variabel-variabel tersebut diatas saling berkaitan sehingga sulit untuk memperlakukan satu demi satu secara

terpisah terutama sewaktu menyusun prosedur las untuk maksud fabrikasi tertentu (Sriwidharto, 2006).

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 dan kecepatan las yang lebih tinggi, terutama apabila gas lindungnya adalah helium. Namun dalam aplikasinya, pada pengelasan TIG gas pelindung yang banyak digunakan adalah gas argon. Gas argon merupakan pilihan yang terbaik untuk pengelasan TIG secara manual baik dengan 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

lindung dapat terkontaminasi kawat las yang terganggu pasokannya (*feeding*), perubahan suhu pada elektroda, dan elektroda yang tererosi. Jika variabel ini mampu mempengaruhi tegangan arus, maka tegangan tersebut perlu disetel ulang.

b) Tegangan Busur

Tegangan yang diukur antara elektroda tungsten dengan bahan induk biasanya disebut tegangan busur. Tegangan busur ini sangat tergantung pada hal-hal sebagai berikut (Sriwidharto, 2006):

1. Arus busur
2. Bentuk ujung elektroda tungsten
3. Jarak antara elektroda tungsten dengan bahan induk
4. Jenis gas lindung

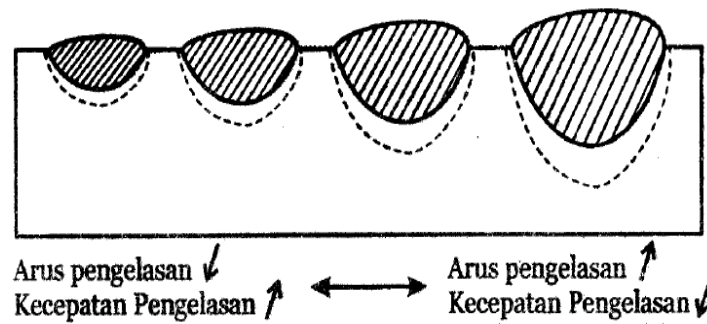
Tegangan arus dipengaruhi oleh variabel lainnya, dan digunakan untuk menjelaskan prosedur las karena mudah diukur. Karena variabel lainnya seperti gas lindung, elektroda dan jenis arus telah ditentukan sebelumnya, maka tinggal tegangan busur saja yang digunakan untuk mengendalikan panjang busur meskipun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

Panjang busur pada proses pengelasan sangat menentukan lebar dari kolam las. Untuk semua pengelasan GTAW kecuali pengelasan pada pelat tipis (*sheet*), busur listrik harus dipertahankan sependek mungkin, oleh karenanya juru las harus selalu waspada agar ujung elektroda pengumpanan tercelup kedalam kolam las. Namun dengan

sistem mekanisasi las yang menggunakan helium sebagai gas lindung dan arus listrik DCEN (*direct current electrode negative*) serta kuat arus yang relatif cukup penetrasi yang cukup dalam, lajur las yang sempit dan kecepatan las yang tinggi. Teknik ini disebut dengan las busur terendam (*burried arc*) (Sriwidharto, 2006).

c) Kecepatan pengelasan (*Travel speed*)

Kecepatan pengelasan mempengaruhi lebar lajur las dan kedalaman penetrasi TIG dan juga berpengaruh terhadap biaya. Pada beberapa aplikasi, kecepatan pengelasan dipandang sebagai obyektif bersama dengan variabel lainnya dipilih untuk mendapatkan konfigurasi las yang dikehendaki pada kecepatan tertentu (Sriwidharto, 2006).



Gambar 10. Pengaruh Kecepatan Pengelasan Terhadap Penetrasi dan Lebar Lajur Las (Sonawan, 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 mekanisasi las, kecepatan pengelasan biasanya tetap untuk segala jenis obyek pengelasan, sedang variabel lainnya seperti arus dan tegangan dapat diatur sesuai dengan kebutuhan (Sriwidharto, 2006).

d) Pengumpanan kawat las (*wire feed*)

Cara pengumpanan kawat las ke dalam kolam las menentukan jumlah lajur yang terproduksi dan tampak luarnya. Pada mesin las GTAW/TIG yang otomatis, kecepatan pengumpanan kawat las menentukan bahan tambahan las yang terdeposisi persatuan panjang sambungan las. Mengurangi kecepatan pengumpanan akan memperdalam penetrasi dan meratakan bentuk permukaan (*contour*) lajur las. Pengumpanan kawat las yang terlalu lambat cenderung akan menghasilkan *undercut* (luruhnya sisi kampuh), retak sumbu lajur dan kekurangan pengisian (*lack of joint fill*). Pengumpanan yang cepat akan mendangkalkan penetrasi dan menyebabkan bentuk lajur cembung (*convex*) (Sriwidharto, 2006).

Berdasarkan beberapa variabel pengelasan yang telah disebutkan dan dijelaskan diatas, maka dapat dilihat pada tabel 4 untuk penggunaan arus, kecepatan pengelasan dan lain-lain yang sesuai untuk pengelasan baja karbon.

Tabel 4. Variabel Proses Pegelasan TIG Untuk Baja Karbon

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

Sumber: AusAID (Batam Institutional Development Project), 2001

## 6. Gas Argon

Gas lindung (inert gas) adalah gas yang tidak bereaksi dengan logam maupun gas yang lain. Gas ini dipakai sebagai pelindung busur dan logam panas ketika dilakukan proses pengelasan. Gas lindung yang biasa dipakai di dalam las gas tungsten dapat berupa gas argon, helium, dan campuran argon-hidrogen. Argon lebih sering dipakai di dalam las gas tungsten berdasar atas beberapa pertimbangan yang antara lain:

- a. Busur lebih tenang dan halus.
- b. Membutuhkan tegangan busur yang lebih rendah bila dibandingkan dengan gas lindung yang lain untuk panjang busur dan arus yang digunakan.
- c. Busur mudah sekali dinyalakan.
- d. Harga lebih murah
- e. Dengan arus AC, pengelasan aluminium dan magnesium mudah sekali dilakukan karena aksi pembersihan permukaan logam yang lebih besar.
- f. Karena berat atom yang besar, konsumsi gas lindung dibutuhkan lebih sedikit bila dibandingkan dengan gas lindung yang lain.

Argon yang dipakai sebagai gas lindung di dalam pengelasan gas tungsten harus mempunyai kemurnian 99,99%. Gas ini biasa disimpan di dalam silinder baja berukuran 330 cu.ft. (9,34 m<sup>3</sup>) yang biasanya mirip dengan silinder baja untuk gas oksigen.

## 7. Pemilihan Arus Dalam Pengelasan (AC/DC)

Arus AC maupun DC yang digunakan di dalam 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 aluminium dan magnesium serta logam-logam *non ferro* yang lain, arus AC (*alternating current*) dan DCEP (*direct current electrode positive*) digunakan. Arus AC dan DCEP ini digunakan untuk mengelupas lapisan oksid yang akan terjadi akibat adanya aliran elektron dari benda kerja menuju elektroda pada arus DCEP maupun pada setengah siklus AC. Selain dengan kedua arus di atas hampir tidak mungkin logam yang bersangkutan dapat dilas dengan baik mengingat titik cair oksid logam tadi jauh lebih tinggi bila dibandingkan dengan titik cair logam yang bersangkutan.

Penggunaan jenis arus juga mempengaruhi kedalaman penetrasi yang akan dibentuk. Pada arus AC distribusi panasnya terjadi 1/2 untuk benda kerja dan 1/2 untuk elektroda. Pada arus DCEP 2/3 panas 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 berpengaruh 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 dibanding AC. Pada DCEN,

Lebar kawah lebih sempit dan kedalaman penetrasi lebih dalam bila dibandingkan AC.

Berikut ini adalah jenis logam dan jenis arus yang mungkin digunakan di dalam pengelasan gas tungsten.

Tabel 5. Logam dan jenis arus yang sesuai untuk las gas tungsten

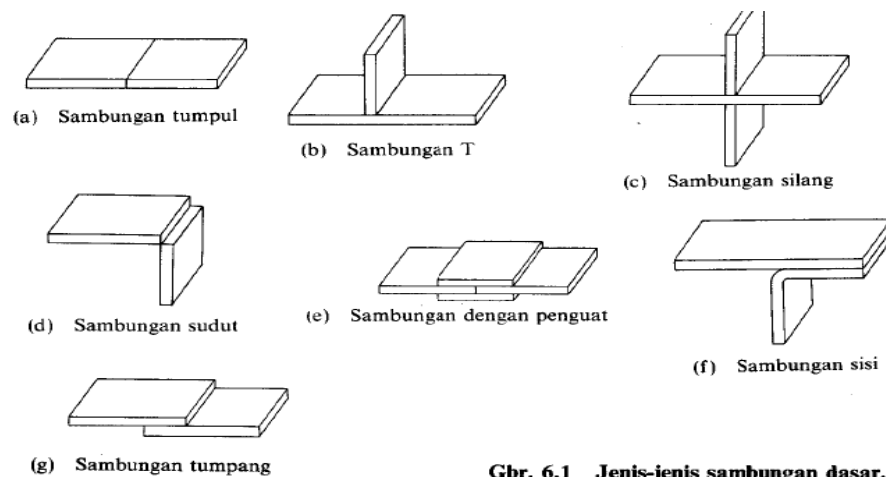
Logam Dasar	Arus		
	DCEP	DCEN	AC
Aluminium sampai dengan tebal 3/32"	J	B	S
Aluminium tebal di atas 3/32"	J	J	S
Aluminium perunggu	J	B	S
Aluminium tuang	J	J	S
Tembaga beryllium	J	B	S
Paduan tembaga	S	J	B
Paduan berbasis tembaga	S	J	B
Besi tuang	S	J	B
Tembaga deoksidasi	S	J	J
Logam-logam tak sejenis (dissimilar metals)	S	J	B
Permukaan keras (hard facing)	B	J	S
Baja paduan tinggi	S	J	B
Baja karbon tinggi	S	J	B
Baja paduan rendah	S	J	B
Baja karbon rendah	S	J	B
Magnesium ketebalan sampai dengan 1/8"	J	B	S
Magnesium ketebalan di atas 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	B
Keterangan: S: sempurna, B:bagus, J: jelek			

Sumber: Althouse dkk, 1984



## E. Klasifikasi Sambungan Las

Sambungan las dalam konstruksi baja pada dasarnya terbagi 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 (Wiryosumarto, 2000).



**Gbr. 6.1 Jenis-jenis sambungan dasar.**

Gambar 11. Jenis-Jenis Sambungan Dasar (Wiryosumarto, 2000).

Ada tujuh jenis sambungan dasar pengelasan (seperti pada gambar 11), meskipun dalam prakteknya dapat ditemukan banyak variasi dan kombinasi, diantaranya adalah (Wiryosumarto, 2000):

### 1. Sambungan Bentuk T dan Bentuk Silang

Pada kedua sambungan ini secara garis besar dibagi dalam dua jenis yaitu jenis las dengan alur dan jenis las sudut. Hal-hal yang dijelaskan untuk sambungan tumpul di atas juga berlaku untuk sambungan jenis ini. Dalam pelaksanaan pengelasan mungkin sekali ada bagian batang yang menghalangi, dalam hal ini dapat diatasi dengan memperbesar sudut alur (Wiryosumarto, 2000).

Lasan dengan alur	Lasan penetrasi penuh					
	Lasan penetrasi sebagian					—
Las sudut						

Gambar 12. Sambungan T (Wiryosumarto, 2000).

2. Sambungan Sudut

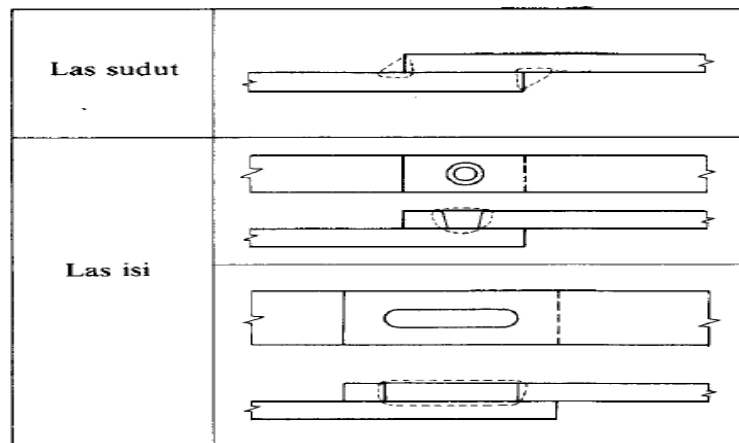
Dalam sambungan ini dapat terjadi penyusutan dalam arah tebal pelat yang dapat menyebabkan terjadinya retak lamel. Hal ini dapat dihindari dengan membuat alur pada pelat tegak seperti pada gambar 13. Bila pengelasan dalam tidak dapat dilakukan karena sempitnya ruang, maka pelaksanaannya dapat dilakukan dengan pengelasan tembus atau pengelasan dengan pelat pembantu (Wiryosumarto, 2000).

Lasan dengan alur	Lasan penetrasi penuh							
	Lasan penetrasi sebagian							—
Gabungan lasan dengan alur dan las sudut						—	—	
Las sudut								

Gambar 13. Macam-macam sambungan sudut (Wiryosumarto, 2000)

### 3. Sambungan Tumpang

Sambungan tumpang dibagi dalam tiga jenis seperti ditunjukkan pada gambar 14. Karena sambungan ini memiliki efisiensi yang rendah, maka jarang sekali digunakan dalam pelaksanaan penyambungan konstruksi utama. Sambungan tumpang biasanya dilaksanakan dengan las sudut dan las sisi (Wiryosumarto, 2000).



Gambar 14. Macam-macam Sambungan Tumpang (Wiryosumarto, 2000).

### 4. Sambungan Tumpul (*butt joint*)

Sambungan tumpul adalah jenis sambungan yang paling efisien. Sambungan ini dibagi lagi menjadi dua yaitu sambungan penetrasi penuh dan sambungan penetrasi sebagian seperti pada gambar 15. Sambungan penetrasi penuh dibagi lebih lanjut menjadi sambungan tanpa pelat pembantu dan sambungan dengan pelat pembantu. Bentuk alur pada sambungan tumpul sangat mempengaruhi efisiensi pengerjaan, efisiensi sambungan dan jaminan sambungan. Karena itu pemilihan bentuk alur sangat penting. Bentuk dan ukuran alur sambungan datar ini sudah banyak distandarkan dalam standar AWS, BS, DIN, dan lain-lain.

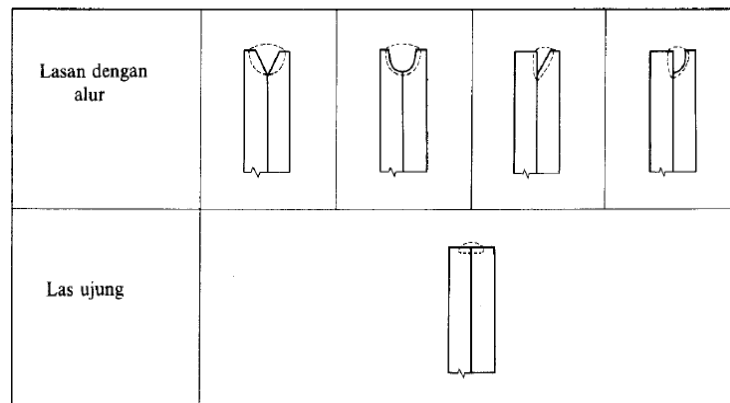
Pada dasarnya dalam memilih bentuk alur harus menuju pada penurunan masukan panas dan penurunan logam las sampai kepada harga terendah yang tidak menurunkan mutu sambungan. Karena hal ini, maka dalam pemilihan bentuk alur diperlukan kemampuan dan pengalaman yang luas. Bentuk-bentuk yang telah distandarkan pada umumnya hanya meliputi pelaksanaan pengelasan yang sering dilakukan (Wirjosumarto, 2000).

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 15. Alur Sambungan Las Tumpul (Wirjosumarto, 2000).

## 5. Sambungan Sisi

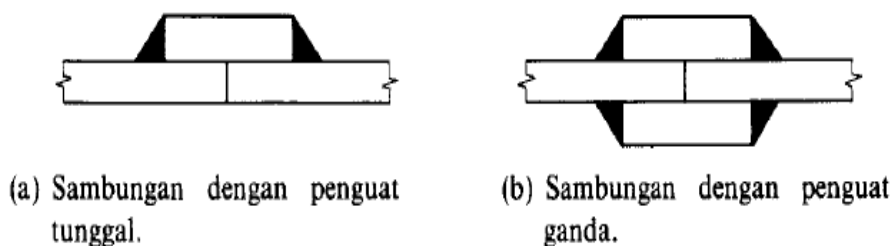
Sambungan sisi dibagi dalam sambungan las dengan alur dan sambungan las ujung seperti pada gambar 16. Untuk jenis yang pertama pada pelatnya harus dibuat alur. Sedangkan pada jenis kedua pengelasan dilakukan pada ujung pelat tanpa ada alur. Jenis yang kedua ini biasanya hasilnya kurang memuaskan kecuali bila pengelasannya dilakukan dalam posisi datar dengan aliran listrik yang tinggi. Karena hal ini, maka jenis sambungan ini hanya dipakai untuk pengelasan tambahan atau sementara pada pengelasan pelat-pelat yang tebal (Wiryosumarto, 2000).



Gambar 16. Sambungan Sisi (Wiryosumarto, 2000).

## 6. Sambungan dengan pelat penguat

Sambungan ini dibagi dalam dua jenis yaitu sambungan dengan pelat penguat tunggal dan dengan pelat penguat ganda seperti yang ditunjukkan pada gambar 17. Dari gambar dapat dilihat bahwa sambungan ini mirip dengan sambungan tumpang. Dengan alasan yang sama pada sambungan tumpang, maka sambungan ini juga jarang digunakan dalam penyambungan konstruksi utama (Wiryosumarto, 2000).



Gambar 17. Sambungan dengan pelat penguat (WiryoSumarto, 2000).

## F. 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 di bawah tangan (*down hand position*), posisi pengelasan mendatar (*horizontal position*), posisi pengelasan tegak (*vertical position*), dan posisi pengelasan di atas kepala (*over head position*) (Bintoro, 2000).

### 1. Posisi pengelasan di bawah tangan (*down hand position*)

Posisi pengelasan ini merupakan posisi yang paling mudah dilakukan. Posisi ini dilakukan untuk pengelasan pada permukaan datar atau permukaan agak miring, yaitu letak elektroda berada di atas benda kerja (Gambar 18 a).

### 2. Posisi pengelasan mendatar (*horizontal position*)

Mengelas dengan posisi mendatar 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 arah elektroda las. Pengelasan posisi mendatar sering digunakan untuk pengelasan benda-benda yang berdiri tegak (Gambar 18 b). Misalnya pengelasan badan kapal laut arah *horizontal*.

3. Posisi pengelasan tegak (*vertical position*)

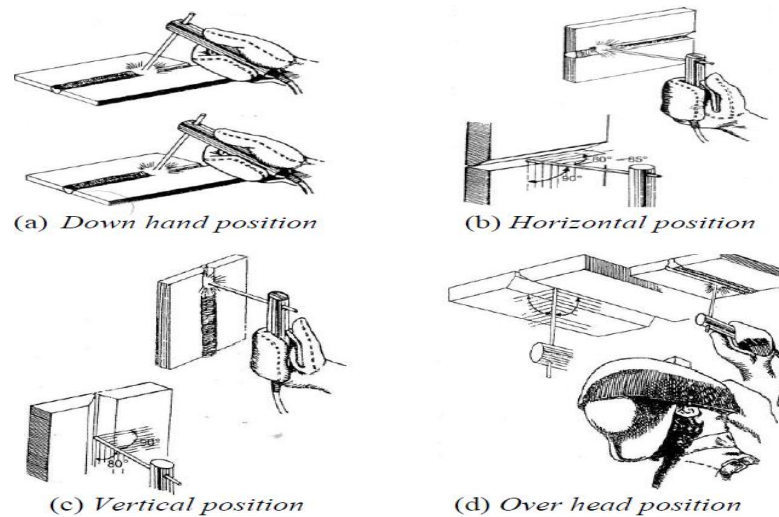
Mengelas dengan posisi tegak merupakan pengelasan yang arahnya mengikuti arah garis tegak/vertikal. Seperti pada *horizontal position* pada *vertical position*, posisi benda kerja biasanya berdiri tegak atau agak miring sedikit searah dengan gerak elektroda las yaitu naik atau turun (Gambar 18 c). Misalnya pengelasan badan kapal laut arah vertikal.

4. Posisi pengelasan di atas kepala (*over head position*)

Benda kerja terletak di atas kepala *welder*, sehingga pengelasan dilakukan di atas kepala operator atau *welder*. Posisi ini lebih sulit dibandingkan dengan posisi-posisi pengelasan yang lain. Posisi pengelasan ini dilakukan untuk pengelasan pada permukaan datar atau agak miring tetapi posisinya berada di atas kepala, yaitu letak elektroda berada di bawah benda kerja (Gambar 18 d). Misalnya pengelasan atap gudang bagian dalam.

Posisi pengelasan di bawah tangan (*down hand position*) memungkinkan penetrasi dan cairan logam tidak keluar dari kampuh las serta kecepatan pengelasan yang lebih besar dibanding lainnya. Pada *horizontal position*, cairan logam cenderung jatuh ke bawah, 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 *electromagnetic* bukan akibat gravitasi, pengelasan tidak harus dilakukan pada *down hand position* ataupun *horizontal position* (Bintoro, 2000).

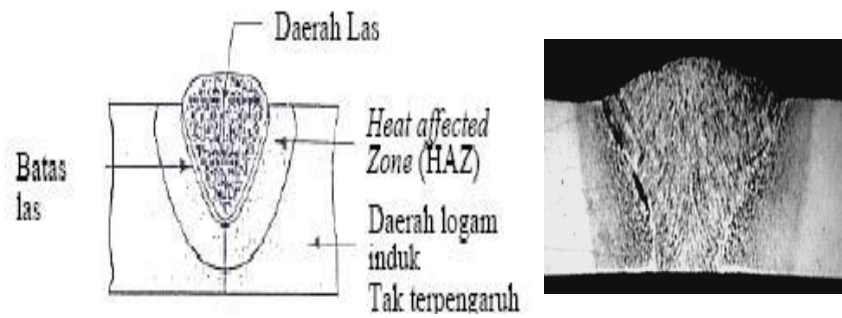


Gambar 18. Posisi Pengelasan (Bintoro, 2000)

## G. Metalurgi Las

Metalurgi dalam pengelasan, dalam arti yang sempit dapat dibatasi hanya pada logam las dan daerah yang dipengaruhi panas atau HAZ (*Heat Affected Zone*). Karena dengan mengetahui metalurgi las, memungkinkan meramalkan sifat-sifat dari logam las. Aspek-aspek yang timbul selama dan sesudah pengelasan harus benar-benar diperhitungkan sebelumnya, karena perencanaan yang kurang tepat dapat mengakibatkan kualitas hasil las yang kurang baik. Dengan demikian pengetahuan metalurgi las dan ditambah dengan keahlian dalam operasi pengelasan dapat ditentukan prosedur pengelasan yang baik untuk menjamin hasil las-lasan yang baik. Pada proses pengelasan terdapat tiga daerah seperti ditunjukkan pada gambar 19.





Gambar 19. Daerah lasan (Wiryosumarto, 2000).

- (a) Logam induk (*base metal*), merupakan bagian logam dasar dimana panas dan suhu pengelasan tidak menyebabkan terjadinya perubahan-perubahan struktur dan sifat.
- (b) Daerah las / logam las, merupakan bagian dari logam yang pada waktu pengelasan mencair dan membeku.
- (c) Daerah pengaruh panas atau *heat effected zone* (HAZ), merupakan logam dasar yang bersebelahan logam las yang selama proses pengelasan mengalami siklus termal pemanasan dan pendinginan cepat (Wiryosumarto, 2000).
- (d) Selain ketiga daerah tersebut, masih ada satu daerah khusus yang membatasi antara logam las dengan daerah pengaruh panas yang disebut batas las atau daerah fusi (*fusion line*).

## H. Baja Karbon

Baja karbon adalah paduan antara besi dan karbon dengan sedikit Si, Mn, P, S, dan Cu. Sifat baja karbon sangat tergantung pada kadar karbon, jika kadar karbon naik maka kekuatan dan kekerasan juga akan bertambah tinggi. Karena

itu, baja karbon dikelompokkan berdasarkan kadar karbonnya (Wiryosumarto, 2000).

Baja ST 41 adalah baja struktur standardisasi Jerman (DIN=*Deutch Industrie Normen*). Baja ST 41 ini adalah termasuk dalam kategori baja karbon rendah dengan kadar karbon 0,08-0,20 %, dan mampu menahan tegangan atau kekuatan tarik sebesar 41 kgf/mm<sup>2</sup> (402, 07 MPa). Sifat yang dimiliki oleh baja ST 41 adalah mempunyai kekuatan dan keuletan yang cukup tinggi.

Tabel 6. Klasifikasi Baja Karbon

Jenis	Kadar Karbon (%)	Kek. Luluh (kg/mm <sup>2</sup> )	Kek. Tarik (kg/mm <sup>2</sup> )	Kek. Brinel	Penggunaan
Baja Karbon rendah:					
Baja Lunak Khusus	0,08	18-28	32-36	95-100	Pelat Tipis
Baja Sangat Lunak	0,08-0,12	20-29	36-42	80-120	Batang, Kawat
Baja Lunak	0,12-0,2	22-30	38-48	100-130	Konstruksi
Baja Setengah Lunak	0,2-0,3	24-36	44-45	112-145	Umum
Baja Karbon Sedang	0,3-0,5	30-40	50-60	140-170	Alat-Alat Mesin
Baja Karbon Tinggi:					
Baja Keras	0,5-0,6	34-46	58-70	160-200	Perkakas Rel, Pegas, Kawat Piano
Baja Sangat Keras	0,6-0,8	36-47	36-47	180-235	

Sumber: Wiryosumarto, 2000.

### 1. Baja Karbon Tinggi (*High Carbon Steel*)

Baja karbon tinggi memiliki kandungan karbon paling tinggi dibandingkan dengan baja karbon yang lain yakni 0,60% - 1,7%. Kebanyakan baja karbon tinggi sukar untuk dilas dibandingkan dengan baja karbon sedang dan rendah (Sack, 1997). Karena memiliki banyak kandungan karbon dan unsur peneras baja yang lain maka pada daerah pengaruh panas (HAZ)

mudah terjadi pengerasan. Sifat yang mudah mengeras ini ditambah dengan adanya hydrogen difusi menyebabkan baja ini sangat rentan terhadap retak las. Pemanasan mula sebelum pengelasan dan perlakuan panas setelah dilas baik untuk mengurangi retak las pada baja karbon tinggi (Wiryosumarto, 2000).

## 2. Baja Karbon Sedang (*Medium Carbon Steel*)

Baja karbon sedang merupakan baja yang memiliki kandungan karbon 0,3% - 0,60%. Baja karbon sedang memiliki kekuatan yang lebih dari baja karbon rendah dan mempunyai kualitas perlakuan panas yang tinggi. Baja karbon sedang dapat dilas dengan las busur listrik elektroda terlindung dan proses pengelasan yang lain. Untuk hasil yang terbaik maka dilakukan pemanasan mula sebelum pengelasan dan normalizing sesudah pengelasan.

## 3. Baja Karbon Rendah (*Low Carbon Steel*)

Baja karbon rendah memiliki kandungan karbon dibawah 0,3%. Baja karbon rendah sering disebut dengan baja ringan (*mild steel*) atau baja perkakas. Jenis baja yang umum dan banyak digunakan adalah baja jenis *cold rolled steel* dengan kandungan karbon 0,08% - 0,30% yang biasa digunakan untuk bodi kendaraan (Sack, 1997).

Baja karbon ini dibagi lagi dalam baja kil, baja semi-kil dan baja rim. Dimana penamaanya didasarkan atas persyaratan deoksidasi, cara pembekuan dan distribusi rongga atau lubang halus di dalam ingot (Wiryosumarto, 2000).

Baja karbon rendah dapat dilas dengan semua cara pengelasan yang ada di dalam praktek dan hasilnya akan baik bila persiapannya sempurna dan persyaratan dipenuhi pada kenyataannya baja karbon rendah adalah baja yang mudah dilas. Namun terlepas dari hal tersebut, ada faktor-faktor yang sangat mempengaruhi mampu las dari baja karbon rendah yakni kekuatan tarik dan kepekaan terhadap retak las. Baja karbon rendah memiliki kepekaan retak las yang rendah dibandingkan dengan baja karbon lainnya atau dengan baja karbon paduan. Tetapi retak las pada baja ini dapat terjadi dengan mudah pada pengelasan plat tebal atau bila di dalam baja tersebut terdapat belerang bebas yang cukup tinggi, namun hal ini dapat dihindari dengan cara pemanasan mula atau dilas dengan elektroda hidrogen rendah (Wiryosumarto, 2000).

#### 4. Struktur Mikro Baja Karbon

Siklus *thermal* akan terjadi pada saat dilakukannya proses pengelasan baja karbon. Siklus *thermal* las adalah proses pemanasan dan pendinginan yang terjadi di daerah pengelasan. Gambar 20 menunjukkan diagram fasa besi karbon yang menampilkan antara hubungan temperatur dengan perubahan fasa selama proses pemanasan dan pendinginan yang lambat (Wiryosumarto, 2000). Titik-titik penting yang tersaji pada gambar diagram adalah :

**A** : Titik cair besi

**B** : Titik pada cairan yang ada hubungannya dengan reaksi *peritektik*.

**H** : Larutan pada  $\delta$  yang ada hubungannya dengan reaksi *peritektik*.

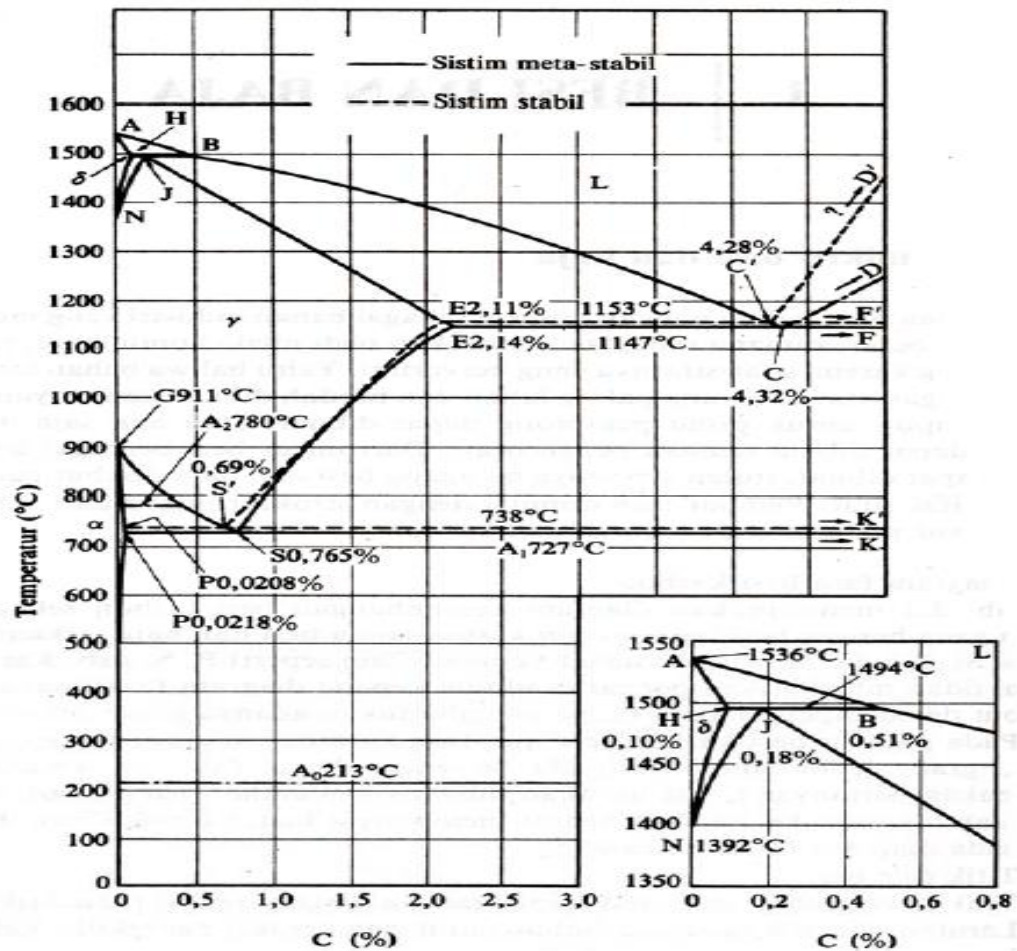
Kelarutan maksimum adalah 0,10%.

- J** : Titik *peritektik*. Selama pendinginan *austenit* pada komposisi J, fasa  $\gamma$  terbentuk dari larutan padat  $\delta$  pada komposisi H dan cairan pada komposisi B.
- N** : Titik transformasi dari besi  $\delta$  dan ke besi  $\gamma$ , titik transformasi  $A_4$  dari besi murni.
- C** : Titik *eutektik*, selama pendinginan fasa  $\gamma$  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  $\gamma$ , ada hubungan dengan reaksi *eutektik*. Kelarutan maksimum dari karbon 2,14%. Paduan besi karbon sampai komposisi ini disebut baja.
- G** : Titik transformasi besi  $\gamma$  dari dan ke besi  $\alpha$ . Titik transformasi  $A_3$  untuk besi.
- P** : Titik yang menyatakan ferit, fasa  $\alpha$ , ada hubungan dengan reaksi *eutektoid*. Kelarutan maksimum dari karbon kira-kira 0,02%.
- S** : Titik *eutektoid*. Selama pendinginan, ferit pada komposisi P dan *sementit* pada komposisi K (sama dengan F) terbentuk simultan dari *austenit* pada komposisi S. Reaksi *eutektoid* ini dinamakan reaksi  $A_1$  dan fasa *eutektoid* ini disebut perlit.
- GS** : Garis yang menyatakan hubungan antara temperatur 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 *magnetic* untuk sementit.



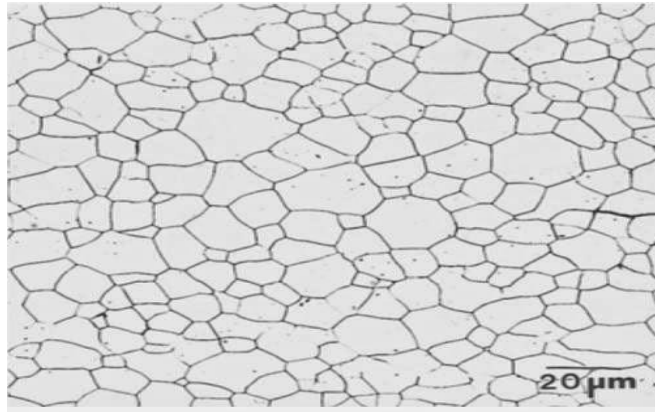
Gambar 20. Diagram fasa besi karbon (Tata Surdia, 1985).

Fasa-fasa yang terdapat pada diagram fasa besi karbon dapat dijelaskan sebagai berikut (Suratman, 1994):

a) *Ferrite* (disimbolkan dengan  $\alpha$ )

*Ferrite* adalah fasa larutan padat yang memiliki struktur BCC (*body centered cubic*). *Ferrite* ini akan terbentuk pada proses pendinginan lambat dari *austenite* baja *hipoeutectoid* (baja dengan kandungan

karbon < 0,8%) yang bersifat lunak, ulet, memiliki kekerasan (70-100) BHN dan konduktifitas *thermalnya* tinggi.



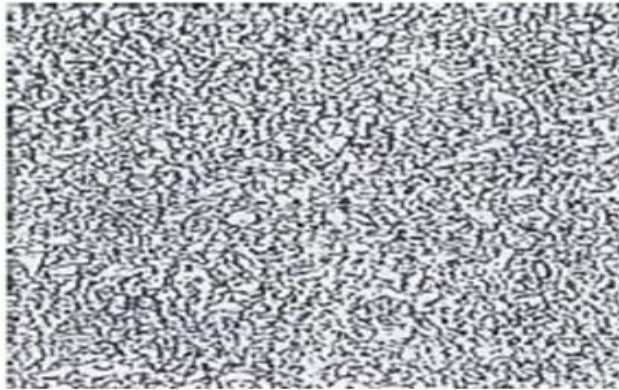
Gambar 21. Struktur mikro ferrite (www.struktur mikro ferrit)

b) *Austenite* (disimbolkan dengan  $\gamma$ )

Fase *Austenite* memiliki struktur atom FCC (*Face Centered Cubic*). Dalam keadaan setimbang fasa *austenite* ditemukan pada temperatur tinggi. Fasa ini bersifat non magnetik dan ulet (*ductile*) pada temperatur tinggi. Kelarutan atom karbon di dalam larutan padat *austenite* lebih besar jika dibandingkan dengan kelarutan atom karbon pada fasa *ferrite*. Secara geometri, dapat dihitung perbandingan besarnya ruang intertisi di dalam fasa *austenite* (kristal FCC) dan fasa *Ferrite* (kristal BCC).

c) *Cementite* (disimbolkan dengan  $Fe_3C$ )

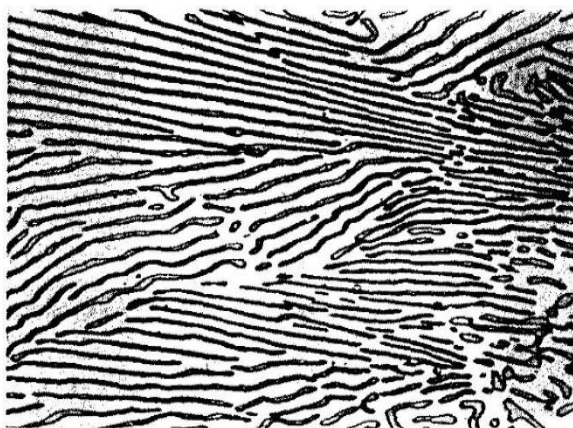
Adalah senyawa besi dengan karbon yang pada umumnya dikenal sebagai karbida besi dengan rumus kimia  $Fe_3C$  dengan bentuk sel satuan *ortorombik* dan bersifat keras (65-68) HRC.



Gambar 22. Struktur mikro *cementite* (www.struktur mikro cementit)

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

*Perlit* adalah campuran ferite dan cementit berlapis dalam suatu struktur butir, dengan nilai kekerasan (10-30) HRC. Pendinginan yang lambat akan menghasilkan struktur perlit 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 23. Struktur Mikro Perlit (Sonawan, 2006)



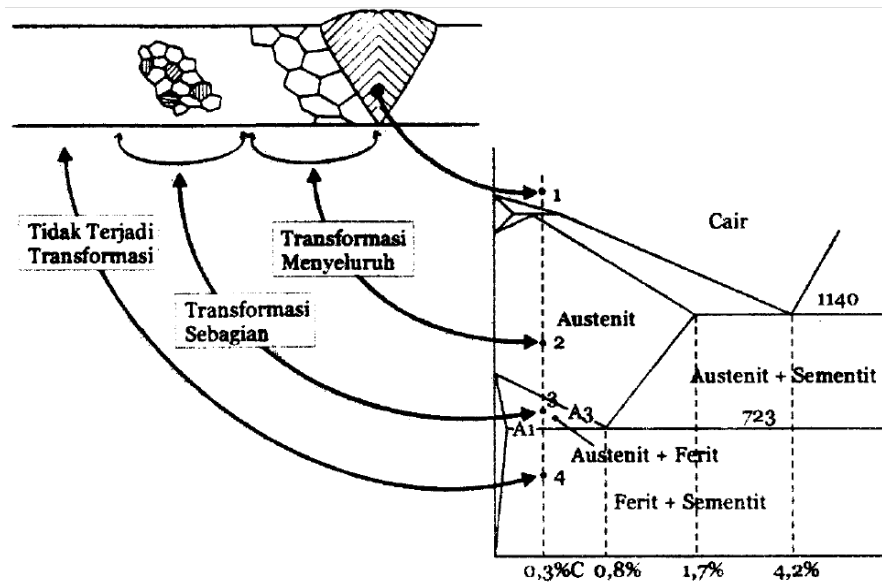
e) *Martensit*

Terbentuk dari pendinginan cepat fasa austenit sehingga mengaibatkan 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 jarum-jarum halus, namun bersifat kasar (20-67) HRC dan getas.



Gambar 24. Struktur Mikro Martensit (Sonawan, 2006)

Transformasi fasa pada daerah pengelasan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 25, dapat dianalisa secara eksperimental dengan menggunakan diagram CCT (*continous cooling transformation*), karena kecepatan pendinginan dari temperatur *austenit* sampai ketemperatur ruangan berlangsung secara cepat. Kecepatan pendinginan tersebut berpengaruh pada kekuatan sambungan las, karena akan menentukan fasa akhir yang terbentuk (Sonawan, 2006).



Gambar 25. Transformasi Fasa Pada Logam Hasil Pengelasan (Sonawan, 2006).

## I. Pengujian Kekuatan Hasil Lasan

Pengujian untuk mengetahui kekuatan dan cacat yang terjadi pada sambungan 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, antara lain: uji kekerasan, uji tarik, dan uji fatik. Jenis pengujian pada penelitian ini menggunakan metode uji tarik dan uji foto mikro.

### 1. Uji Tarik

Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui kekuatan sambungan logam yang telah dilas, karena mudah dilakukan, dan menghasilkan tegangan seragam (*uniform*) pada penampang serta kebanyakan sambungan logam yang telah dilas mempunyai kelemahan untuk menerima tegangan tarik.

Kekuatan tarik sambungan las sangat dipengaruhi oleh sifat logam induk, sifat daerah HAZ, sifat logam las, dan geometri serta distribusi tegangan dalam sambungan (Wirjosumarto, 2000).

Dalam pengujian, spesimen uji dibebani dengan kenaikan beban sedikit demi sedikit hingga spesimen uji tersebut patah, kemudian sifat-sifat tariknya dapat dihitung dengan persamaan (Wirjosumarto, 2000):

Tegangan:

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \text{ (kg/mm}^2\text{)} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana: F= Beban (kg)

$A_0$  = luas mula dari penampang batang uji (mm<sup>2</sup>)

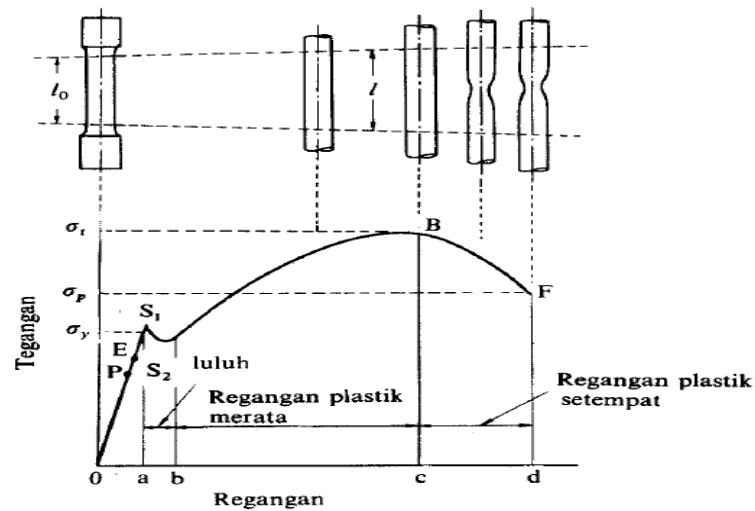
Regangan:

$$\epsilon = \frac{L-L_0}{L} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

Dimana:  $L_0$  = panjang mula dari batang uji (mm)

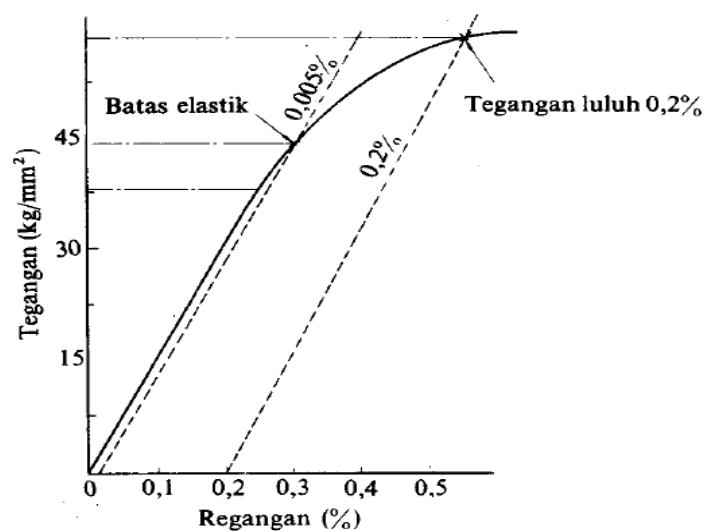
L = panjang batang uji yang dibebani (mm)

Hubungan antara tegangan dan regangan dapat dilihat pada gambar 26. Titik P menunjukkan batas dimana hukum *hooke* masih berlaku dan disebut batas proporsi, dan titik E menunjukkan batas dimana bila beban diturunkan ke nol lagi tidak akan terjadi perpanjangan tetap pada batang uji, pada kondisi ini disebut batas elastis.



Gambar 26. Kurva Tegangan – Regangan Teknik (Wirjosumarto, 2000).

Titik E sukar ditentukan dengan tepat karena itu biasanya ditentukan batas elastis dengan perpanjangan tetap sebesar 0,005% sampai 0,01%. Titik  $S_1$  disebut titik luluh atas dan titik  $S_2$  titik luluh bawah. Pada beberapa logam, batas luluh ini tidak kelihatan dalam diagram tegangan – regangan. Dan dalam hal ini tegangan luluhnya ditentukan sebagai tegangan dan regangan sebesar 0,2%. Seperti ditunjukkan pada gambar 27 (Wirjosumarto, 2000).



Gambar 27. Batas Elastis Dan Tegangan Luluh (Wirjosumarto, 2000).

Uji tarik suatu material dapat dilakukan dengan menggunakan *universal testing machine* seperti yang ditunjukkan pada gambar 28. Benda uji dijepit pada mesin uji tarik, kemudian beban statik dinaikkan secara bertahap sampai spesimen mengalami putus. Besarnya beban dan pertambahan panjang dihubungkan langsung dengan *plotter*, sehingga diperoleh grafik tegangan (MPa) dan regangan (%) yang memberikan data berupa tegangan luluh ( $\sigma_{ys}$ ), tegangan *ultimate* ( $\sigma_{ult}$ ), modulus elastisitas beban (E), ketangguhan dan keuletan sambungan las yang diuji tarik (Dowling, 1999).



Gambar 28. Mesin uji tarik (*universal testing machine*) ([www.mesin uji tarik.com](http://www.mesin uji tarik.com)).

## 2. Uji Struktur Mikro

Pada pengujian mikro ini, kualitas material ditentukan dengan mengamati struktur material tersebut dengan menggunakan mikroskop. Disamping itu, dapat pula mengamati cacat pada bagian yang tidak teratur. Mikroskop yang digunakan adalah mikroskop optik, tetapi untuk memperoleh keakuratan 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 penganalisis mikro dimana kotoran kecil dalam struktur dapat dianalisis. Permukaan logam uji diperoleh dan diperiksa secara langsung dibawah mikroskop atau dilakukan lebih dahulu bermacam-macam etsa baru di bawah mikroskop.

### **III. METODOLOGI PENELITIAN**

#### **A. Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilakukan di beberapa tempat sebagai berikut:

1. Pemotongan spesimen dan pembuatan kampuh las (*butt weld joint*) alur V tunggal dilakukan di Laboratorium Teknologi Mekanik Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.
2. Proses pegelasan dilakukan di PDD (Program Studi Diluar Domisili) Diploma 2 Universitas Lampung yang berlokasi di SMK N 1 Simpang Pematang Kabupaten Mesuji, Kecamatan Simpang Pematang.
3. Proses pembuatan spesimen uji tarik dilakukan di Laboratorium Teknologi Mekanik Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.
4. Pengujian tarik dilakukan di Laboratorium Pengembangan Paduan dan Karakterisasi Prodi Teknik Metalurgi Fakultas Pertambangan dan Perminyakan (FTTM) Institut Teknologi Bandung.
5. Uji foto mikro dilakukan di Laboratorium Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, UPT. Balai Pengolahan Mineral Lampung

## B. Alat dan Bahan

Adapun peralatan dan bahan atau material yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

### 1. Peralatan Untuk Pembuatan Spesimen Uji

#### a. Mesin Gergaji

Mesin gergaji digunakan untuk pemotongan spesimen uji sesuai dengan ukuran yang diinginkan.

#### b. Mesin las

Mesin las yang digunakan adalah mesin las GTAW (*gas tungsten arc welding*) atau biasa disebut dengan TIG (*tungsten inert gas*), yang digunakan untuk menyambung atau mengelas spesimen uji.

#### c. Elektroda las

Dalam pengelasan TIG elektroda yang digunakan adalah elektroda *tungsten* yang berfungsi sebagai pencipta busur nyala yang digunakan untuk mencairkan kawat las atau logam pengisi yang ditambahkan dari luar dan benda atau material yang akan disambung menjadi satu kesatuan sambungan.

#### d. Alat kecepatan las

Alat kecepatan las ini digunakan untuk membantu juru las (*welder*) dalam melakukan proses pengelasan. Alat ini bertujuan agar kecepatan pada saat proses pengelasan dapat dikontrol dan berjalan secara konstan pada tiap titiknya.



e. Mesin gerinda

Digunakan untuk membuat geometri mata pahat sesuai dengan geometri yang diinginkan ( mengasah mata pahat).

f. Mesin skrap

Digunakan untuk membuat spesimen uji pada proses pembuatan kampuh las alur V tunggal.

g. Mistar dan jangka sorong

Digunakan untuk membantu dalam membuat ukuran spesimen uji.

h. Mesin amplas

Digunakan untuk menghaluskan permukaan spesimen uji foto mikro.

i. Mesin uji foto mikro (*Mikroskop Optik*)

Digunakan sebagai alat untuk melihat struktur mikro pada permukaan spesimen uji.

j. Kamera

Digunakan untuk mengambil gambar dari hasil uji foto mikro.

k. Alat bantu

Digunakan untuk membantu dalam proses pengelasan dan pembuatan spesimen uji, seperti palu, kikir, sikat baja dan lain-lain.

## 2. Peralatan Untuk Pengujian Spesimen

Peralatan yang digunakan untuk melakukan pengujian spesimen adalah *Universal Testing Machine* yaitu alat uji tarik yang digunakan untuk menentukan tegangan tarik dari hasil kekuatan sambungan las. Dan mikroskop optik digunakan untuk melihat struktur mikro pada daerah pengelasan.

### 3. Bahan

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja karbon rendah (ST 41) yang memiliki kandungan karbon dibawah 0,3%. Baja karbon rendah ini juga banyak digunakan dalam kontruksi bangunan, jembatan, kendaraan (digunakan sebagai material dari *body* kendaraan), dan kontruksi-kontruksi lainnya.

## C. Prosedur Penelitian

### 1. Persiapan Spesimen Uji

Persiapan spesimen uji merupakan langkah awal dari penelitian ini. Ada dua tahap dalam melakukan persiapan spesimen uji yakni pemilihan material yang akan digunakan dan pembuatan kampuh las.

#### a. Pemilihan Material Spesimen Uji

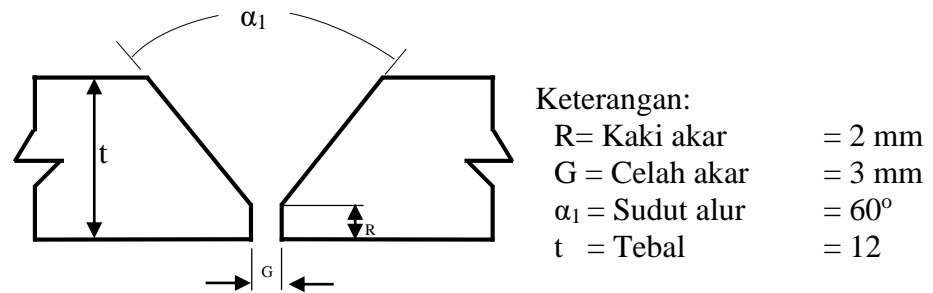
Material yang digunakan pada penelitian ini adalah baja karbon rendah (St 41) dengan ketebalan 12 mm.

#### b. Pemilihan Elektroda Las, Kecepatan dan Arus Pengelasan

Elektroda yang digunakan pada penelitian ini adalah elektroda jenis tungsten (EWTh-2) dengan diameter 3,2 mm dengan kecepatan pengelasan 1, 5 dan 10 mm/s. Sedangkan untuk jenis dan besar arus yang digunakan pada penelitian ini adalah tipe arus searah DCEN (*direct current elektrode negative*) dengan besar arus tetap yaitu 200 *Ampere*.

c. Pembuatan Kampuh Las

Jenis kampuh las yang digunakan dalam penelitian ini adalah sambungan las tumpul alur V tunggal, seperti pada gambar 29 berikut.



Gambar 29. Dimensi sambungan las tumpul dengan alur V tunggal

Ukuran alur pada gambar 29 (alur V tunggal) diambil berdasarkan rekomendasi JSSC-1997 (*Japan Society Of Steel Construction*) tentang persiapan sisi untuk pengelasan baja. Pembuatan kampuh dilakukan dengan cara baja karbon rendah dipotong dengan mesin gergaji dan kemudian dibentuk kampuh las dengan mesin sekrup sesuai dengan dimensi yang diperlukan.

## 2. Proses Pengelasan

Dalam penelitian ini jenis las yang digunakan adalah gas *tungsten arc welding* (GTAW)/ *Tungsten inert gas* (TIG). Adapun mesin las yang digunakan yaitu tipe KW 14-722 dengan kapasitas 200 *Ampere*. Sebelum proses pengelasan dimulai, logam induk yang sudah dibuat kampuh las tersebut harus dibersihkan dari kotoran seperti debu, minyak, oli atau gemuk, karat, air dan lain sebagainya untuk menghindari terjadinya cacat las. Selanjutnya baja dilas dengan las *tungsten inert gas* (TIG) dengan

prosedur dan cara pengelasan yang sesuai serta berdasarkan parameter-parameter yang sudah ditentukan yaitu:

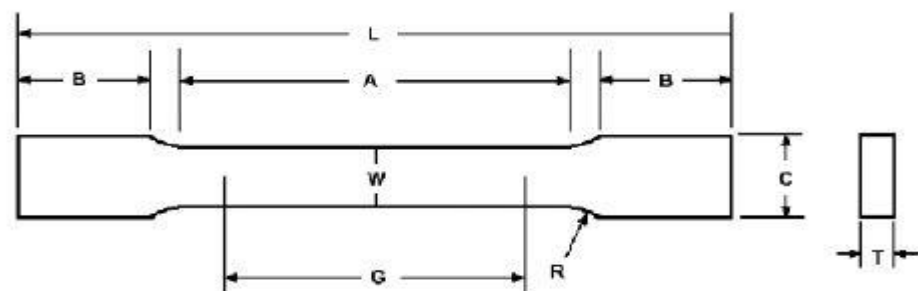
1. Pengelasan dengan kecepatan (1 mm/s) dan arus 200 *Ampere*.
2. Pengelasan dengan kecepatan (5 mm/s) dan arus 200 *Ampere*.
3. Pengelasan dengan kecepatan (10 mm/s) dan arus 200 *Ampere*.

Untuk tipe serta diameter logam pengisi (*filler metal*) pada pengelasan ini digunakan logam pengisi tipe ER 70S-6 dengan diameter 3,2 mm, berdasarkan standar AWS A5.18.

### 3. Pembuatan Spesimen Uji

#### a. Spesimen uji tarik

Setelah proses pengelasan selesai dilakukan tahap selanjutnya adalah pembuatan spesimen uji tarik yang sesuai dengan standar. Standar yang digunakan untuk pengujian tarik ini adalah ASTM E-8. Pada gambar 30 ditunjukkan dimensi dari spesimen uji tarik.



Gambar 30. Dimensi Spesimen Uji Tarik (Standar ASTM E-8)

Keterangan:

L : 200 mm	R : 12,5 mm	W : 12,5 mm	G : 50±0,1 mm
T : 12 mm	C : 20 mm	B : 50 mm	

b. Spesimen uji struktur mikro

Untuk pembuatan spesimen uji struktur mikro, spesimen diambil sebelum uji tarik dilakukan. Untuk daerah yang akan di uji yaitu pada daerah las dan daerah HAZ. Hal ini bertujuan untuk melihat struktur mikro daerah lasan dan daerah HAZ. Dalam pengujian struktur mikro ini, tidak ada dimensi khusus yang ditentukan. Untuk itu, dalam penelitian kali ini dimensi uji foto mikro dibentuk dengan ukuran panjang 10 mm dan lebar 10 mm. Kemudian spesimen dimasukkan ke dalam cetakan untuk dicetak dengan campuran resin dan katalis atau bisa disebut proses *mounting*. Hal ini bertujuan sebagaiudukan atau pemegang spesimen untuk memudahkan proses *Grinder-Polisher*. Selanjutnya permukaan spesimen yang akan dilakukan uji foto mikro diampas dengan menggunakan *Grinder-polisher*. Adapun amplas yang digunakan yaitu mulai dari kekasaran 120, 150, 220, 280, 400, 500, 800, 1000, 1500 dan 2000 sampai permukaan spesimen halus dan rata.

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 harus menggunakan kain yang lembut dan dilakukan secara searah agar permukaan benda benar-benar mengkilat dan tidak ada

goresan. Apabila terdapat goresan pada permukaan benda uji, maka goresan akan terlihat nyata sekali bila dilihat dibawah mikroskop.

#### 4. Jumlah Spesimen

Jumlah spesimen yang digunakan pada tugas akhir ini dapat dilihat pada tabel 7. Jumlah spesimen uji tarik keseluruhan adalah 12 spesimen, dimana setiap perlakuan uji tarik terdiri dari 3 spesimen dengan 3 variasi kecepatan yang berbeda-beda, dan ditambah 3 spesimen material tanpa perlakuan. Sedangkan pada uji foto mikro diambil 2 spesimen, yaitu pada daerah las, HAZ dan ditambah satu spesimen dari material dasar. Untuk lebih jelasnya maka jumlah spesimen uji dapat dilihat pada tabel 7 berikut:

Tabel 7. Jumlah Spesimen Uji

Material	Variasi Pengelasan		Jumlah Spesimen Uji	
	Arus (Ampere)	Kecepatan Las (mm/s)	Uji Tarik	Uji Struktur Mikro
Baja Karbon Rendah (St 41)	Material Dasar	-	3	1
	200	1	3	2
		5	3	2
		10	3	2
<b>Total Spesimen Uji</b>			12	7

#### 5. Pengujian

Pengujian yang dilakukan adalah uji tarik dan uji foto mikro. Uji tarik dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kekuatan tarik dari spesimen uji. Dan uji foto mikro dilakukan bertujuan untuk melihat struktur mikro atau perubahan struktur mikro yang terjadi pada daerah las (HAZ).

a. Uji tarik

Pengujian tarik yang dilakukan kepada spesimen uji harus sesuai standar yang digunakan yaitu ASTM E-8. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan *universal testing machine* yang dihubungkan langsung dengan *plotter*, sehingga dapat diperoleh grafik tegangan (MPa) dan regangan (%) yang memberikan informasi data berupa tegangan *ultimate* ( $\sigma_{ult}$ ) dan modulus elastisitas bahan (E).

Pengujian Tarik dilakukan dengan menyiapkan spesimen uji yang sudah dilas dan dibentuk sesuai dengan standar ASTM E-8, kemudian spesimen uji dipasang pada alat pengecam grep pada *upper cross heat* dan mencekam pengecam agar spesimen tersebut tidak lepas. Langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian. Pada saat pengujian berlangsung perhatikan perubahan besar beban hingga terdengar bunyi suara atau melihat spesimen putus. Setelah didapat hasil pengujian, spesimen tersebut dilepas dan dilakukan pengujian untuk spesimen berikutnya hingga selesai.

b. Uji Struktur Mikro

Setelah pembuatan spesimen uji struktur mikro selesai dilakukan seperti yang telah dijelaskan pada pembuatan spesimen uji struktur mikro, selanjutnya dilakukan pengambilan foto spesimen menggunakan mikroskop optik dengan pembesaran sesuai yang diinginkan. Hal tersebut dilakukan pada semua spesimen yang akan diuji hingga selesai.

## 6. Analisis

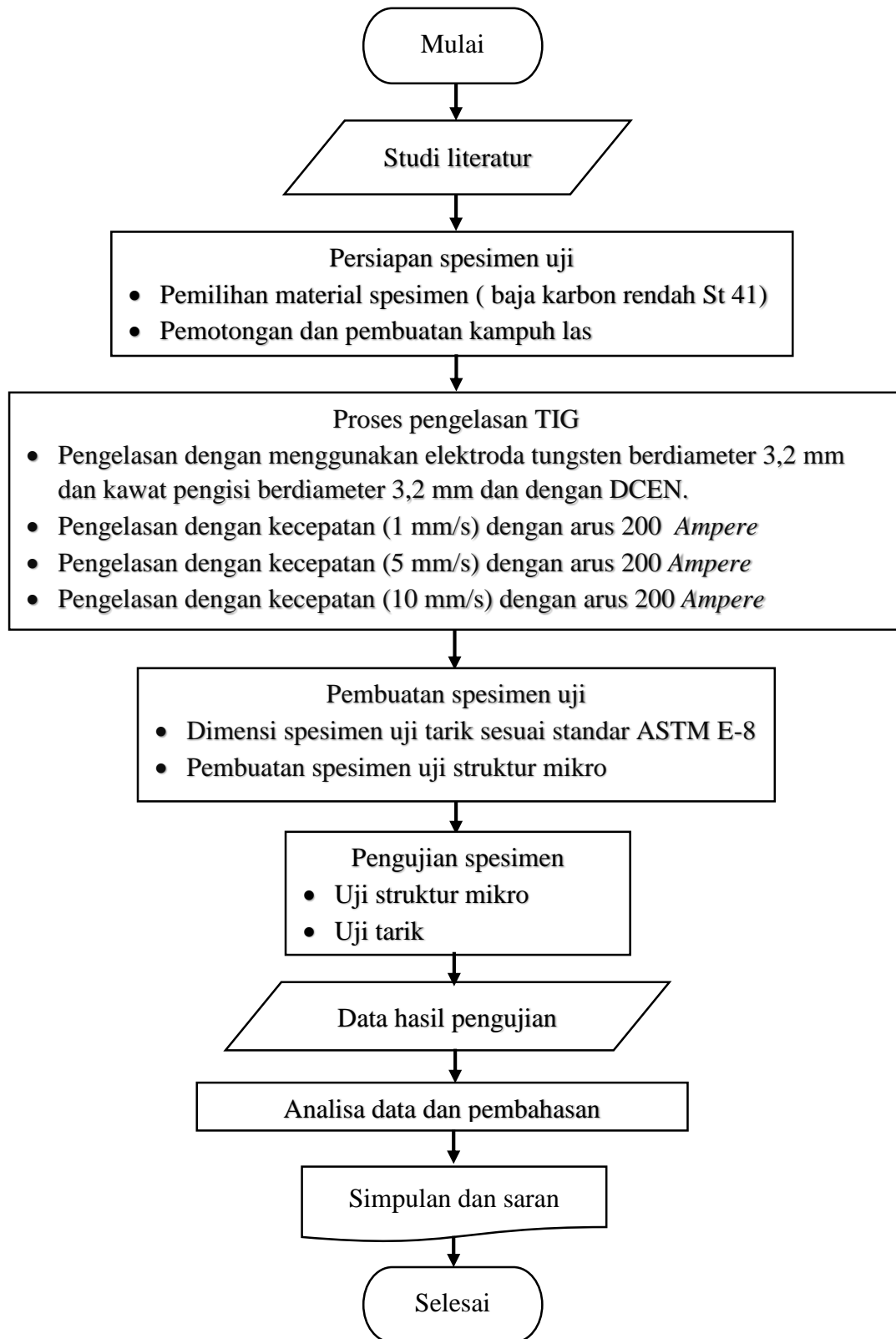
Dari pengujian tarik diperoleh data-data yang berupa nilai tegangan tarik (*tensile strength*), tegangan luluh (*yield strength*) dan perpanjangan (*elongation*) serta grafik tegangan regangan. Data-data tersebut dapat dianalisis dengan cara melihat hubungan tegangan tarik, tegangan luluh, dan regangan yang terjadi pada spesimen uji berdasarkan variasi atau parameter yang digunakan pada saat pengelasan. Data dari tiap-tiap spesimen dirata-ratakan dan dimasukkan ke dalam tabel data hasil uji tarik untuk keperluan analisis. Sedangkan pada pengujian struktur mikro, diperoleh data-data berupa hasil uji foto mikro yang kemudian dilakukan analisa untuk mengetahui struktur mikro dan juga sifat mekaniknya.

Tabel 8. Contoh Tabel Data Uji Tarik

Material	Variasi pengelasan		Nomor spesimen	Kekuatan Tarik Maksimum, $\sigma_u$ (MPa)	Elongation (%)
	Arus Pengelasan (Ampere)	Kecepatan Pengelasan (mm/s)			
Baja Karbon Rendah (St 41)	200	Material Tanpa Perlakuan	R <sub>1</sub>		
			R <sub>2</sub>		
			R <sub>3</sub>		
			Rata-rata		
		1	A <sub>1</sub>		
			A <sub>2</sub>		
			A <sub>3</sub>		
			Rata-rata		
		5	B <sub>1</sub>		
			B <sub>2</sub>		
			B <sub>3</sub>		
			Rata-rata		
		10	C <sub>1</sub>		
			C <sub>2</sub>		
			C <sub>3</sub>		
			Rata-rata		



#### D. Diagram Alir Penelitian



Gambar 31. Diagram Alir (*Flow Chart*) Penelitian

## V. SIMPULAN DAN SARAN

### A. Simpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian yang diperoleh dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Penggunaan parameter las yang tidak sesuai (kecepatan, besar arus, jenis arus dan lain-lain) berpengaruh terhadap kekuatan tarik hasil sambungan las. Dimana kekuatan tarik dan regangan menurun seiring bertambahnya kecepatan pengelasan yang digunakan dengan arus yang tetap (200 *Ampere*). Hal ini dibuktikan dengan kecepatan las tinggi dan arus rendah, logam las tidak menyatu dengan sempurna yang menyebabkan hasil lasan getas sehingga tegangan dan regangan yang diperoleh rendah.
2. Variasi pengelasan antara kecepatan las dan arus yang digunakan pada penelitian ini, hasil yang terbaik ditunjukkan pada spesimen dengan kecepatan las 1 mm/s dengan besar arus 200 *Ampere* dan jenis arus DCEN yaitu pada spesimen A dengan nilai kekuatan tarik sebesar 433,80 MPa.

## **B. Saran**

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan masih terdapat beberapa kesalahan. Maka untuk mendukung kesempurnaan penelitian tentang pengelasan TIG selanjutnya, penulis memberikan saran sebagai berikut:

1. Dalam pengelasan TIG penggunaan parameter las harus diperhatikan yaitu mengenai kecepatan las, besar arus, jenis arus dan parameter lainnya untuk mendapatkan hasil lasan yang maksimal serta untuk mengurangi kesalahan atau cacat las pada logam las.
2. Untuk penelitian selanjutnya mengenai las TIG, diharapkan dapat memvariasikan antara kecepatan las, besar arus dan jenis arus yang digunakan (DCEP atau DCEN) untuk mengetahui lebih jelas pengaruh kecepatan las dan besar arus yang digunakan terhadap kekuatan tarik hasil pengelasan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aisyah. 2008. *Perubahan Struktur Mikro Dan Sifat Mekanik Pada Pengelasan Drum Baja Karbon Wadah Limbah Radioaktif*. Prosiding seminar nasional teknologi pengolahan limbah VIII. Pusat teknologi limbah radioaktif-BATAN
- Alip, M. 1989. *Teori Dan Praktik Las*. Departemen Pendidikan Dan Kebudayaan.
- Aljufri. 2008. *Pengaruh Variasi Sudut Kampuh V Tunggal Dan Kuat Arus Pada Sambungan Logam Aluminium – Mg 5083 Terhadap Kekuatan Tarik Hasil Pengelasan Tig*.
- Althouse, dkk. 1984. *Modern Welding*. The Goodheart-Willcox Company. Inc. Illinois.
- ASTM. 2004. *Metals\_Mechanical Testing\_Elevated and Low-Temperature Tests\_Metallograph*, Annual Book of ASTM Standard, Vol. 03.01, E-8M.
- Bastomi, Yazit. 2006. *Pengaruh Kecepatan Las Terhadap Tegangan Geser Sambungan Plat Aluminium Dengan Las Tungsten Inert Gas (Tig)*. Jurnal Penelitian. Universitas Muhammadiyah Malang.
- Bintoro, G.A. 2000. *Dasar-Dasar Pekerjaan Las*. Kanisius. Yogyakarta.
- Cary, H. B., 1993, *Modern Welding Technology*, A Simon & Schuster Company, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Dowling E, Norman. 1999. *Mechanical Behavior Of Materials*. 2<sup>nd</sup> adition. Printed in the united states of America.
- Groover, Mikell P. 1996. *Fundamental Of Modern Manufacturing, Material, Proses And System*. Penerbit Prentice-Hall Inc. USA.
- 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 – Universitas Lampung. Bandar Lampung.

- Hidayat, Saeful. 2009. *Pengaruh Kecepatan Pelasan Dan Geometri Elektrode Terhadap Hasil Las Pada Pelasan Tig Batang EBN*. Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir. Pusat Teknologi Nuklir Bahan Dan Radiometri –BATAN.
- Sack, Raymond J. *Welding: Principles and Practices*. Mc Graw Hill. USA.
- Sonawan H dan Rochim Suratman. 2006. *Pengantar Untuk Memahami proses Pengelasan Logam*. Alfabeta. Bandung.
- Sunaryo, Heri. 2008. *Teknik Pengelasan Kapal*. Jilid 1. Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan. Jakarta.
- Suratman, D. 1994. *Panduan Proses Perlakuan Panas*. Lembaga penelitian ITB. Bandung.
- Surdia, T. 1985, *Pengetahuan Bahan Teknik*. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Syamola, Eric. 2007. *Skripsi Sarjana: Pengaruh Waktu Pembersihan Terak Terhadap Kekuatan Sambungan Las Baja Karbon Rendah (AISI 1020) Pada Multipass Welding*. Jurusan Teknik Mesin – Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Tim Penyusun, Fakultas Teknik UNY. 2004. *Mengelas Dengan proses Las Gas Tungsten*. Direktorat Jenderal Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional
- Widharto, Sri. 2006. *Petunjuk Kerja Las*. Cetakan Ke 6. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Wirjosumarto, H Dan Okumura, T. 2000. *Teknologi Pengelasan Logam*. Cetakan Ke 8. Pradnya Paramita. Jakarta.
- [https://www.google.co.id/search?q=struktur+mikro+cementite&es\\_em](https://www.google.co.id/search?q=struktur+mikro+cementite&es_em). Diunduh tanggal 25 Januari 2015.
- [https://www.google.co.id/search?q=struktur+mikro+ferrite&es\\_em](https://www.google.co.id/search?q=struktur+mikro+ferrite&es_em). Diunduh tanggal 25 Januari 2015