

**PENGARUH VARIASI KECEPATAN PENGELASAN
TIG (*TUNGSTEN INERT GAS*) TERHADAP KEKUATAN
TARIK SAMBUNG LAS PADA ALUMINIUM 5083**

(Skripsi)

Oleh
AGUNG ADITIA PRONO



**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
2016**

ABSTRAK

PENGARUH VARIASI KECEPATAN PENGELASAN TIG (*TUNGSTEN INERT GAS*) TERHADAP KEKUATAN TARIK SAMBUNG LAS PADA ALUMINIUM 5083

Oleh

Agung Aditia Priono

Pengelasan *Gas Tungsten Arc Welding* atau lebih populer disebut dengan *Tungsten Inert Gas* (TIG) adalah salah satu jenis pengelasan busur listrik dengan pelindung gas. Untuk menghasilkan busur listrik, digunakan elektroda yang tidak terkonsumsi terbuat dari logam *tungsten* atau paduannya yang memiliki titik lebur sangat tinggi. Aluminium 5083 atau Al-Mg 5083 merupakan paduan aluminium dengan magnesium sebesar 4,5% dan termasuk material yang tidak dapat diperlakukan panas namun dapat digunakan untuk proses pengelasan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan tarik hasil pengelasan *tungsten inert gas* (TIG) pada aluminium 5083 dengan menggunakan variasi kecepatan pengelasan yang berbeda. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, diketahui bahwa kekuatan tarik tertinggi terdapat pada material hasil pengelasan kecepatan 1 mm/s dengan nilai rata - rata kekuatan tarik sebesar 97.92 MPa. Sedangkan kekuatan tarik terendah terdapat pada material hasil pengelasan kecepatan 16 mm/s dengan nilai rata – rata kekuatan tarik sebesar 35,35 MPa.

Kata kunci : *Gas Tungsten Arc Welding*, *Tungsten Inert Gas*, Aluminium 5083, kekuatan tarik,

ABSTRACT

EFFECT OF TIG (TUNGSTEN INERT GAS) WELDING SPEED VARIATION TO WELDING STRENGTH ON ALUMINUM 5083

By

Agung Aditia Priono

Welding of Gas Tungsten Arc or commonly known as Tungsten Inert Gas (TIG) is one kind of electric arc welding process which use inert shielding gas. To generate an electric arc, welding process uses a non-consumables tungsten electrode or metal alloys which has very high melting point. Aluminum 5083 or Al-Mg 5083 is an aluminium alloy with 4.5% magnesium including materials that can not be heat treated but can be used for the welding process. This study aims to determine the tensile strength of tungsten inert gas (TIG) welding on 5083 aluminum using different variations of welding speed. Based on result of the test, it is known that the highest tensile strength can be found in metrial weld speed of 1 mm / s with average tensile strength value of 97.92 MPa. While the lowest tensile strength material can be found in a weld speed of 16 mm / s with average tensile strength value of 35.35 MPa.

Keywords: Gas Tungsten Arc Welding, Tungsten Inert Gas, Aluminium 5083, Tensile Strenght

**PENGARUH VARIASI KECEPATAN PENGELASAN
TIG (*TUNGSTEN INERT GAS*) TERHADAP KEKUATAN
TARIK SAMBUNG LAS PADA ALUMINIUM 5083**

Oleh
AGUNG ADITIA PRONO

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar

SARJANA TEKNIK

Pada

Jurusan Teknik Mesin

Fakultas Teknik Universitas Lampung



**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG**

2016

**Judul Skripsi : PENGARUH VARIASI KECEPATAN
PENGELASAN TIG (TUNGSTEN INERT
GAS) TERHADAP KEKUATAN TARIK
SAMBUNG LAS PADA ALUMINIUM 5083**

Nama Mahasiswa : Agung Aditia Priono

Nomor Pokok Mahasiswa : 1015021018

Jurusan : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

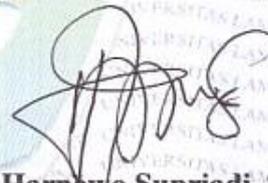
Pembimbing I



Tarkono, S.T., M.T.

NIP. 19700415 199802 1 001

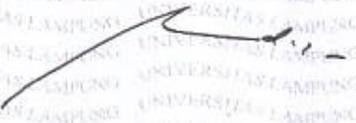
Pembimbing II



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

NIP. 19690909 199703 1 002

2. Ketua Jurusan Teknik Mesin



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

NIP. 19740816 200012 1 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

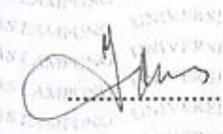
Ketua : Tarkono, S.T., M.T.



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



**Penguji
Bukan Pembimbing : Dr. Ir. Yanuar Burhanuddin, M.T.**



2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung



Prof. Drs. Suharno, M.Sc, Ph.D

NIP. 19620717 198703 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 2 November 2016

PERNYATAAN PENULIS

BAHWA BENAR SKRIPSI INI DIBUAT SENDIRI OLEH PENULIS DAN
BUKAN HASIL PLAGIAT SEBAGAIMANA DIATUR DALAM PASAL 27
PERATURAN AKADEMIK UNIVERSITAS LAMPUNG DENGAN SURAT
KEPUTUSAN REKTOR NO. 3187/H26/DT/2010

YANG MEMBUAT PERNYATAAN



AGUNG ADITIA PRIONO
NPM.1015021018

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Bandar Lampung pada tanggal 15 Juni 1992, sebagai anak kedua dari 2 bersaudara, dari pasangan Kodirman dan Suratmi. Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar Kartika II-5 Bandar Lampung pada tahun 2004, Sekolah Lanjutan Tingkat Pertama Negeri 25 Bandar Lampung diselesaikan pada tahun 2007, Sekolah Menengah Atas Al – Azhar 3 Bandar Lampung diselesaikan pada tahun 2010, dan pada tahun 2010 penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui jalur Penelusuran Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN).

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam organisasi himpunan Mahasiswa Teknik Mesin (HIMATEM) sebagai anggota divisi Kreativitas pada tahun 2012 sampai 2013. Penulis juga pernah melakukan Kerja Praktik di PT. Coca Cola Amatil Lampung, Tanjung Bintang, Lampung Selatan pada tahun 2013. Pada tahun 2015 penulis melakukan penelitian dengan judul “*Pengaruh Variasi Kecepatan Pengelasan TIG (Tungsten Inert Gas) Terhadap Kekuatan Tarik Sambung Las Pada Aluminium 5083* ” dibawah bimbingan Bapak, M.T dan Tarkono, S.T.,M.T, Harnowo, S.T.,M.T dan Dr. Ir. Yanuar Burhanuddin

MOTTO

“Banyak kegagalan dalam hidup ini dikarenakan orang-orang tidak menyadari betapa dekatnya mereka dengan keberhasilan saat mereka menyerah”

(Thomas Alva Edison)

“Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Maka apabila kamu telah selesai dari suatu urusan, kerjakanlah urusan yang lain dan hanya kepada Allah hendaknya kamu berharap”

(QS. Al Insyirah : 6-8)

“Waktu dan tenaga yang telah Anda habiskan untuk belajar, pasti akan selalu melahirkan sesuatu yang berguna untuk kehidupan Anda”

(Penulis)

“Berjuanglah dan bahagiakan orang tua, jangan pernah lupa mendoakan orangtua setiap saat”

(Penulis)

PERSEMBAHAN

Dengan Kerendahan Hati meraih Ridho Illahi Robbi Kupersembahkan karya

Kecilku ini untuk orang-orang yang aku sayangi

Ibu dan ayahku

Atas Segala pengorbanan yang tak terbalaskan, doa, kesabaran, keikhlasan, cinta

dan kasih sayangnya

Kakak

Sumber inspirasi, semangat, keceriaan dan kebanggan dalam hidupku

Sahabat Mesin '10

Yang selalu memberi semangat dan berdiri tegap disampingku saat suka maupun

duka, berbagi nasihat dan keceriaan

SANWACANA

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Dengan mengucapkan lafaz *hamdalah* penulis panjatkan puji syukur kepada Allah SWT yang tidak pernah berhenti mencurahkan kasih sayang, kemudahan, serta rahmat-Nya. Shalawat serta salam tidak lupa penulis panjatkan kepada junjungan nabi besar Muhammad SAW yang telah membimbing dan mengantarkan kita menuju zaman yang lebih baik seperti sekarang, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul “ *Pengaruh Variasi Kecepatan Pengelasan TIG (Tungsten Inert Gas) Terhadap Kekuatan Tarik Sambung Las Pada Aluminium 5083* ”. Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Dalam Pelaksanaan dan Penyusunan skripsi ini, penulis banyak mendapatkan bantuan dan sumbangan pikiran dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ibuku Tercinta Suratmi dan Ayahku Tersayang Kodirman yang tak henti-hentinya memberikan dukungan moril dan materilnya serta doa dan kasih sayangnya, Kakakku tersayang Haris Ramadhani yang menjadi sumber inspirasi dan semangat agar penulis dapat cepat menyelesaikan kuliah di Teknik Mesin ini dan cepat mendapatkan kerja.

1. Bapak Ahmad Su'udi, S.T, M.T. selaku ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung dan selaku pembimbing pendamping atas kesediaan dan keikhlasannya untuk memberikan bimbingan, motivasi serta saran untuk penyelesaian skripsi ini.
2. Bapak Tarkono, S.T., M.T. selaku pembimbing Utama tugas akhir atas kesediaannya dan keikhlasannya untuk memberikan dukungan, bimbingan, nasehat, saran, dan kritik dalam proses penyelesaian skripsi ini.
3. Bapak Harnowo, S.T., M.T. selaku pembimbing tugas akhir yang sabar dan memberikan masukan yang sangat bermanfaat dalam proses pengerjaan skripsi ini.
4. Bapak Dr. Ir. Yanuar Burhanuddin, M.T selaku dosen Pembahas yang telah memberikan masukan guna penyempurnaan dalam penulisan laporan ini.
5. Ibu Novri Tanti, S.T., M.T. selaku dosen Pembimbing Akademik.
6. Seluruh Dosen pengajar Jurusan Teknik Mesin yang banyak memberikan ilmu selama penulis melaksanakan studi, baik berupa materi perkuliahan maupun tauladan dan motivasi sehingga dapat kami jadikan bekal untuk terjun ke tengah-tengah masyarakat.
7. Rekan-rekan Teknik mesing angkatan 2010 : Wahyu, Nanjar, Nyoman, Febri, Mas Agus, Mario, Salpa, Singgih, Muslim, Doni, Nanda, Rabiah, Ryon, Bowo, serta angkatan 2010 lainnya yang tidak bisa disebutkan satu persatu, terimakasih atas persahabatannya dan juga bantuannya salam "SOLIDARITY FOREVER".

8. Nur Saiin, Fiskan, Dani, Galih teman seperjuangan yang sering memberikan nasihat, motivasi, dorongan dan kata-kata bijak serta saling membantu saat proses pengerjaan tugas akhir.
9. Semua pihak yang tidak mungkin penulis sebutkan namanya satu persatu, yang telah ikut serta membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Penulis telah berusaha semaksimal mungkin dalam penulisan laporan Tugas Akhir ini untuk mencapai suatu kelengkapan dan kesempurnaan. Penulis juga mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak. Akhirnya dengan segala kerendahan hati penulis berharap laporan ini memberi manfaat, baik kepada penulis khususnya maupun kepada pembaca pada umumnya.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Bandar Lampung, 2 November 2016

Penulis

Agung Aditia Priono

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
COVER DALAM	iii
HALAMAN PERSETUJUAN	iv
HALAMAN PENGESAHAN	v
PERNYATAAN PENULIS	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
HALAMAN MOTTO	viii
HALAMAN PERSEMBAHAN	ix
SANWACANA	x
DAFTAR ISI	xiii
DAFTARTABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	xx
DAFTAR SIMBOL	xxi
I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Tujuan.....	4
1.3. Batasan Masalah.....	4
1.4. Sistematika Penulisan.....	4

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Pengelasan.....	6
B. Klasifikasi Las.....	8
C. Desain Sambungan Las.....	10
1. Jenis- Jenis Pengelasan.....	10
2. Las Gas Tungsten Arc Welding (GTAW).....	14
a. Prinsip kerja las TIG/GTAW.....	15
b. Kelebihan Las GTAW/TIG.....	16
c. Kekurangan/kelemahan Las GTAW/TIG.....	17
d. Peralatan Las TIG.....	17
e. Variabel Proses Pengelasan TIG.....	25
f. Gas Argon.....	29
g. Pemilihan Arus dalam pengelasan (AC/DC).....	30
3. Klasifikasi Sambungan Las.....	32
a. Sambungan Bentuk T dan Bentuk Silang.....	33
b. Sambungan Sudut.....	34
c. Sambungan Tumpul (<i>butt joint</i>).....	34
d. Sambungan Tumpang.....	36
e. Sambungan Sisi.....	36
f. Sambungan dengan pelat penguat.....	37
4. Posisi Pengelasan.....	37
a. Posisi pengelasan di bawah tangan (<i>down hand position</i>).....	38
b. Posisi pengelasan mendatar (<i>horizontal position</i>).....	38
c. Posisi pengelasan tegak (<i>vertical position</i>).....	38
d. Posisi pengelasan di atas kepala (<i>over head position</i>).....	39

5. Metalurgi Las.....	40
6. Aluminium dan Paduan Aluminium.....	41
a. Jenis Al – murni (seri 1000).....	41
b. Jenis paduan Al – Cu (seri 2000).....	42
c. Jenis paduan Al – Mn (seri 3000).....	42
d. Paduan jenis Al – Si (seri 4000).....	42
e. Paduan jenis Al – Mg (seri 5000).....	42
f. Paduan jenis AL – Mg – Si (seri 6000).....	43
g. Paduan jenia AL – Zn (seri 7000).....	43
7. Pengujian Kekuatan Hasil Lasan	46
a. Uji Tarik.....	46
b. Uji Foto Mikro.....	49

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Tempat Penelitian.....	50
B. Alat dan Bahan.....	50
C. Prosedur Percobaan.....	52
1. Persiapan Spesimen Uji.....	52
2. Proses Pengelasan	53
3. Pembuatan Spesimen Uji.....	53
4. Pengujian.....	54
D. Alur Proses Penelitian.....	58

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Karakteristik Aluminium 5083.....	59
1. Material Penelitian.....	59
2. Kecepatan Pengelasan	60
3. Data Proses Pengelasan	61
B. Data Hasil Pengujian	62
1. Nilai kekuatan Tarik	62
2. Nilai perpanjangan (Elongation).....	65
3. Hasil uji struktur mikro.....	67
4. Hasil foto daerah las	69

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan.....	71
B. Saran.....	72

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel	halaman
Tabel 2.1 Elektroda Tungsten.....	23
Tabel 2.2 Penggunaan Elektroda Tungsten Aluminium.....	24
Tabel 2.3 Logam dan jenis arus yang sesuai untuk las gas tungsten.....	32
Tabel 2.4 Komposisi Kimia Aluminium- Mg 5083	45
Tabel 2.5 Sifat Mekanik Aluminium- Mg 5083	46
Tabel 3.1 Contoh Tabel Data Kekuatan Tarik	56
Tabel 3.2 Contoh Tabel Regangan Tarik Material	57
Tabel 4.1 Kandungan Unsur Kimia Al-Mg 5083.....	60
Tabel 4.2 Data kekuatan tarik.....	62
Tabel 4.3 Data perpanjangan	65

DAFTAR GAMBAR

Gambar	halaman
Gambar 2.1 Klasifikasi Cara Pengelasan.....	9
Gambar 2.2 Las MIG (<i>Metal Inert Gas</i>).....	13
Gambar 2.3 Proses Pengelasan <i>Gas Tungsten Arc Welding</i> (GTAW).....	14
Gambar 2.4 Skema Las TIG.....	16
Gambar 2.5 Stang las/obor (<i>torch welding</i>).....	18
Gambar 2.6 Mesin Las AC/DC.....	19
Gambar 2.7 Tabung Gas Lindung, Regulator Gas Lindung dan Flowmeter.....	19
Gambar 2.8 Pemegang elektroda (<i>electrode holder</i>)/ <i>collet</i>	20
Gambar 2.9 Moncong (<i>Nozzle</i>).....	22
Gambar 2.10 Elektroda Tungsten.....	23
Gambar 2.11 Penggerindaan Elektroda Tungsten.....	25
Gambar 2.12 Pengaruh Kecepatan Pengelasan Terhadap Penetrasi dan Lebar Lajur Las	28
Gambar 2.13 Jenis-Jenis Sambungan Dasar.....	33
Gambar 2.14 Sambungan T.....	33
Gambar 2.15 Macam-macam sambungan sudut.....	34
Gambar 2.16 Alur Sambungan Las Tumpul.....	35
Gambar 2.17 Macam-macam Sambungan Tumpang.....	36

Gambar 2.18 Sambungan Sisi.....	37
Gambar 2.19 Sambungan dengan pelat penguat.....	37
Gambar 2.20 Posisi Pengelasan.....	39
Gambar 2.21 Daerah lasan.....	40
Gambar 2.22 Struktur mikro daerah las dari paduan alumunium.....	44
Gambar 2.23 Diagram Fasa titik cair Al-Mg 5083.....	45
Gambar 2.24 Kurva Tegangan – Regangan Teknik.....	47
Gambar 2.25 Batas Elastis Dan Tegangan Luluh.....	48
Gambar 2.26 Mesin uji tarik	49
Gambar 3.1 Dimensi sambungan las tumpul dengan alur V tunggal.....	52
Gambar 3.2 Dimensi spesimen uji tarik sesuai standar ASTM E-8.....	54
Gambar 3.3 Diagram alir penelitian.....	58
Gambar 4.1 Grafik hubungan antara kekuatan tarik dengan variasi kecepatan pengelasan	63
Gambar 4.2 Grafik hubungan antara perpanjangan dengan variasi kecepatan pengelasan.....	66
Gambar 4.3 Hasil uji struktur mikro material dasar Aluminium 5083 dan spesimen hasil las perbesaran 500 X.....	68
Gambar 4.4 Hasil foto daerah sambungan las pada spesimen A kecepatan las 16 mm/s	69

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Gambar alat dan bahan baku aluminium.....
- Lampiran 2. Gambar hasil pengelasan aluminium.....
- Lampiran 3. Gambar Alat pengujian spesimen aluminium.....
- Lampiran 4. Hasil pengujian spsimen aluminium.....
 - a. Diagram uji tarik
 - b. Sertifikat etsa uji mikro
 - c. Sertifikat unsur kimia alumunium 5083

DAFTAR SIMBOL

Simbol	Satuan
A_0 : Luas mula penampang	(mm^2)
E : Modulus elastisitas bahan	($\text{kg}/\text{mm}^2, \text{N}/\text{mm}^2$)
: Regangan	(%)
: Tegangan	($\text{kg}/\text{mm}^2, \text{N}/\text{mm}^2$)
u : Tegangan <i>ultimate</i>	($\text{kg}/\text{mm}^2, \text{N}/\text{mm}^2$)
F : Beban, gaya	(kg, N)
L_0 : Panjang awal	(mm)
L : Panjang Akhir	(mm)
HI : <i>Heat Input</i>	(Joule)
I : Kuat Arus	(Ampere)
E : Tegangan	(Volt)
V : Kecepatan Pengelasan	(mm/s)

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teknologi pengelasan merupakan salah satu bagian yang tidak bias dipisahkan dalam teknologi manufaktur. Secara umum pengelasan dapat diartikan sebagai suatu ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan pada saat logam dalam keadaan cair. Sekarang ini pengelasan merupakan pelaksanaan pekerjaan yang amat penting dalam teknologi produksi dengan bahan baku logam. Pada sambungan – sambungan konstruksi mesin, banyak penggunaan teknik pengelasan karena dengan menggunakan teknik ini sambungan menjadi lebih ringan dan lebih sederhana dalam pembuatannya sehingga biaya produksi dapat lebih murah. (Aljufri. 2008)

Gas Tungsten Arc Welding atau lebih populer disebut dengan *Tungsten Inert Gas* (TIG) adalah salah satu jenis pengelasan busur listrik dengan pelindung gas. Sejak pertama kali ditemukan, TIG sudah menjadi bagian penting dalam industri manufaktur. Pengelasan ini banyak diaplikasikan pada baja stainless steel, aluminium, logam reaktif seperti magnesium dan titanium. (Yogi, 2012)

Aluminium dan paduan aluminium termasuk logam ringan yang mempunyai kekuatan tinggi, tahan terhadap karat dan merupakan konduktor listrik yang sangat

baik. Logam ini dipakai secara luas dalam bidang kimia, listrik, bangunan, transportasi dan alat – alat penyimpanan. Akhir – akhir ini dalam teknik pengelasan busur listrik dengan gas mulia menyebabkan aluminium dan paduannya menjadi sederhana serta dapat dipercaya. Karena hal ini penggunaan aluminium dan paduannya di dalam banyak bidang telah berkembang. (Harsono, 2000)

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 pelasan 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 pelasan pada RPM 7,5; 8,5; dan 9,5 untuk elektrode runcing dan pipih, menghasilkan kedalaman las lebih dari ketebalan kelongsong. Sedangkan kecepatan pelasan pada RPM 6,5; 5,5 dan 4,5 untuk elektrode runcing dan pipih, menghasilkan kedalaman las kurang dari tebal kelongsong [Hidayat, 2009].

Dari dasar inilah 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 aluminium dengan proses pengelasan *tungsten inert gas* (TIG). **“Pengaruh Variasi Kecepatan Pengelasan**

TIG Terhadap Kekuatan Tarik Hasil Sambungan Las pada Aluminium 5083”.

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh kecepatan las TIG dan uji tarik hasil pengelasan material aluminium 5083.

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang diberikan agar penelitian ini lebih fokus dan terarah dalam hal penganalisaan yaitu sebagai berikut:

1. Jenis pengelasan yang digunakan adalah las *tungsten inert gas* (TIG) atau *Gas Tungsten Arc Welding* (GTAW).
2. Material yang digunakan adalah Aluminium 5083 dengan tebal 12 mm
3. Variasi kecepatan dalam pengelasan adalah 1, 8, dan 16 mm/s
4. Pengujian yang dilakukan adalah uji tarik.
5. Spesifikasi uji tarik mengikuti standar ASTM E-8

1.4 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan dari penelitian ini adalah:

BAB I : PENDAHULUAN

Terdiri dari latar belakang, tujuan, batasan masalah, dan sistematika penulisan dari penelitian ini.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustaka berisikan tentang teori yang berhubungan dan mendukung masalah yang diambil.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Terdiri atas hal-hal yang berhubungan dengan pelaksanaan penelitian, yaitu tempat penelitian, bahan penelitian, peralatan penelitian, prosedur pembuatan dan diagram alir pelaksanaan penelitian.

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisikan hasil penelitian dan pembahasan dari data-data yang diperoleh setelah pengujian.

BAB V : SIMPULAN DAN SARAN

Berisikan hal-hal yang dapat disimpulkan dan saran-saran yang ingin disampaikan dari penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Memuat referensi yang dipergunakan penulis untuk menyelesaikan laporan Tugas Akhir.

LAMPIRAN

Berisikan pelengkap laporan penelitian.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Pengelasan

Pengelasan merupakan penyambungan dua bahan atau lebih yang didasarkan pada prinsip-prinsip proses difusi, sehingga terjadi penyatuan bagian bahan yang disambung. Kelebihan sambungan las adalah konstruksi ringan, dapat menahan kekuatan yang tinggi, mudah pelaksanaannya, serta cukup ekonomis. Namun kelemahan yang paling utama adalah terjadinya perubahan struktur mikro bahan yang dilas, sehingga terjadi perubahan sifat fisik maupun mekanis dari bahan yang dilas. [Umaryadi,2007]

Perkembangan teknologi pengelasan logam memberikan kemudahan umat manusia dalam menjalankan kehidupannya. Saat ini kemajuan ilmu pengetahuan di bidang elektronik melalui penelitian yang melihat karakteristik atom, mempunyai kontribusi yang sangat besar terhadap penemuan material baru dan sekaligus bagaimanakah menyambungnya. [Umaryadi,2007]

Jauh sebelumnya, penyambungan logam dilakukan dengan memanasi dua buah logam dan menyatukannya secara bersama. Logam yang menyatu tersebut dikenal dengan istilah fusion. Las listrik merupakan salah satu yang menggunakan prinsip tersebut. [Umaryadi,2007]

Pada zaman sekarang pemanasan logam yang akan disambung berasal dari pembakaran gas atau arus listrik. Beberapa gas dapat digunakan, tetapi yang sangat populer adalah gas Acetylene yang lebih dikenal dengan gas Karbit. Selama pengelasan, gas Acetylene dicampur dengan gas Oksigen murni. Kombinasi campuran gas tersebut memproduksi panas yang paling tinggi diantara campuran gas lain. [Umaryadi,2007]

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]:

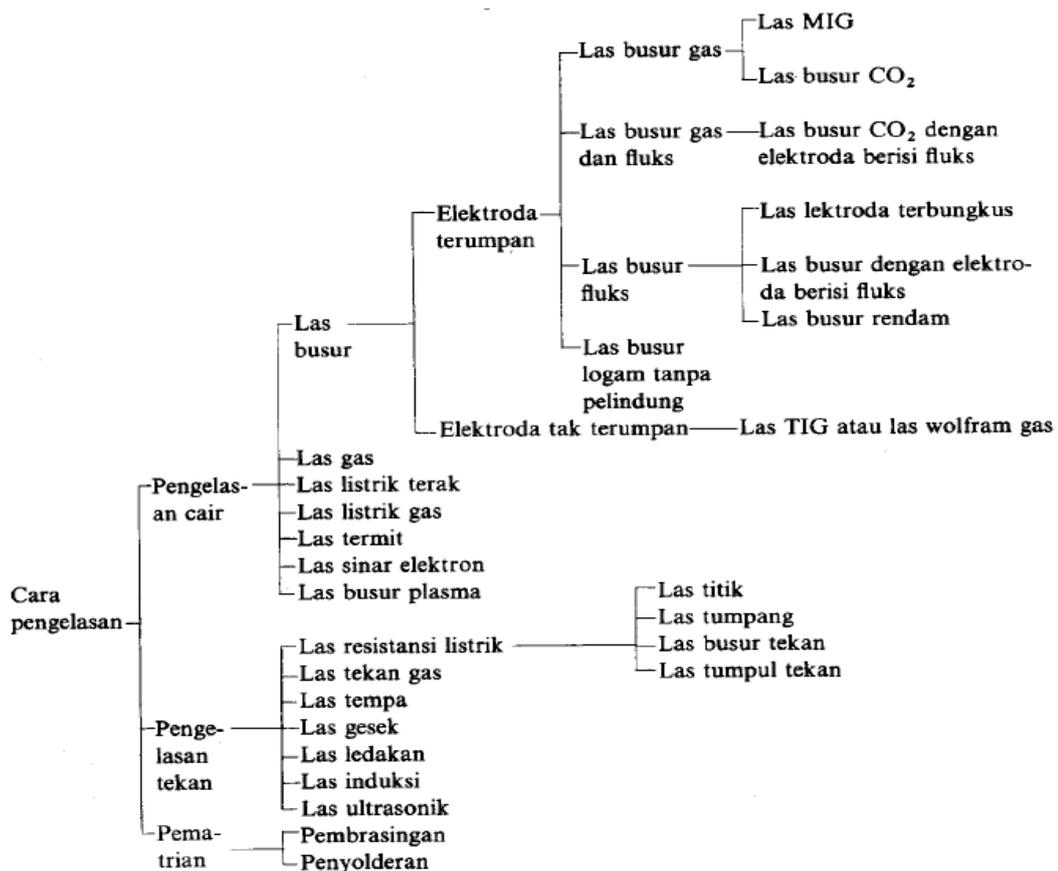
1. Pengelasan dengan menggunakan energi panas yang berasal dari *fusion* (nyala api las), contohnya: las busur (*arc welding*), las gas (*gas welding*), las sinar elektron (*electron discharge welding*), dan lain-lain.
2. Pengelasan dengan menggunakan energi panas yang tidak berasal dari nyala api las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

B. Klasifikasi Las

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 terburai 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.



Gambar 2.1 Klasifikasi Cara Pengelasan

C. Desain Sambungan Las

1. 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].

a. 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°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 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].

b. 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 [Wiryosumarto, 2000].

c. 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* [Wiryosumarto, 2000].

d. 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 [Wiryosumarto, 2000].

e. Las Oksi Asetilen (*Oxyacetylene Welding*)

Las oksidasetilen adalah salah satu jenis pengelasan gas yang dilakukan dengan membakar bahan bakar gas dengan O_2 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 oksidasetilen [Wiryosumarto, 2000].

f. 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) [Wiryosumarto, 2000].

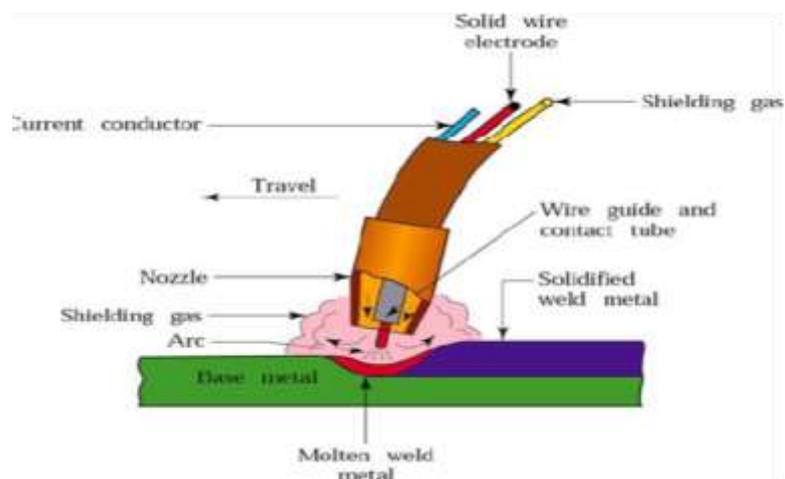
g. Las Listrik Terak (*Electroslag Welding*)

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].

h. Las MIG (*Metal Inert Gas*)

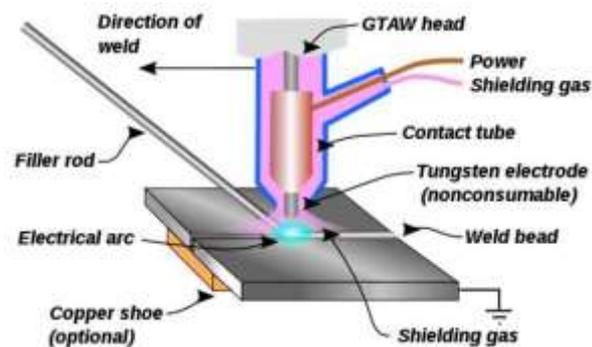
Dalam las logam gas mulia, kawat las pengisi yang juga berfungsi sebagai elektroda diumpankan secara terus menerus. Busur listrik terjadi antara kawat pengisi dan logam induk. Skema dari alat las ini ditunjukkan dalam Gambar 1. Gas pelindung yang digunakan adalah gas Argon, helium atau campuran dari keduanya. Untuk memantapkan busur kadang-kadang ditambahkan gas O₂ 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 2.2 Las MIG (*Metal Inert Gas*) [www.skema las MIG]

2. 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 2.3 Proses Pengelasan *Gas Tungsten Arc Welding* (GTAW)

[Aljufri, 2008].

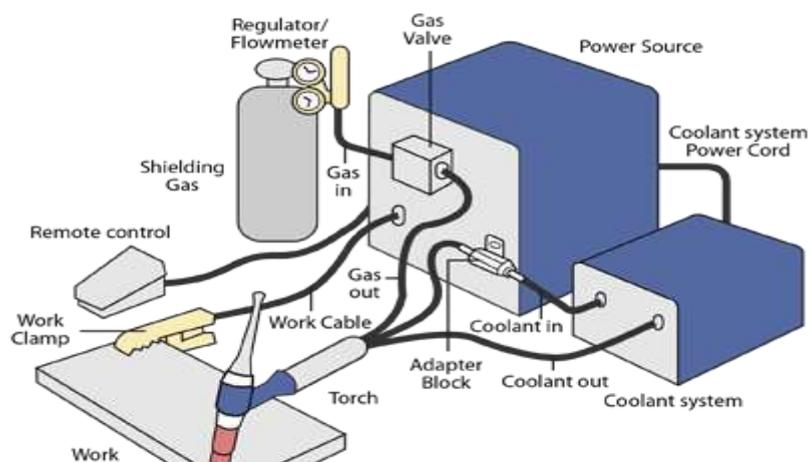
Tungsten Inert Gas (TIG) adalah suatu proses pengelasan busur listrik elektroda tidak terumpan, dengan menggunakan gas mulia sebagai pelindung terhadap pengaruh udara luar. Pada proses pengelasan TIG peleburan logam terjadi karena panas yang dihasilkan oleh busur listrik antara elektroda dengan logam 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 mengotomatiskan cara pengumpanan logam pengisi [Aljufri, 2008].

a. 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 2.4 Skema Las TIG [Sriwidharto, 2006].

b. Kelebihan Las GTAW/TIG

Berikut ini adalah beberapa keuntungan penggunaan GTAW/TIG [Sriwidharto, 2006]:

- 1) Menghasilkan sambungan bermutu tinggi, biasanya bebas cacat.
- 2) Bebas dari terbentuknya percikan las (*spatter*).
- 3) Dapat digunakan dengan atau tanpa bahan tambahan (*filler metal*)
- 4) Penetrasi (tembusan) pengelasan akan dapat dikendalikan dengan baik.
- 5) Produksi pengelasan *autogenous* tinggi dan murah.
- 6) Dapat menggunakan sumber tenaga yang relatif murah.
- 7) Memungkinkan untuk mengendalikan variabel atau parameter las secara akurat.
- 8) Dapat digunakan hampir pada semua jenis metal termasuk pengelasan metal berbeda.
- 9) Memungkinkan pengendalian mandiri sumber panas maupun penambahan *filler metal*.

c. Kekurangan/kelemahan Las GTAW/TIG

Berikut ini adalah beberapa kekurangan dari proses pengelasan GTAW/TIG [Sriwidharto, 2006]:

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

d. 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]:

1) 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 lindung 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° dan jenis-jenis obor lainnya seperti obor dengan sudut kepala yang dapat diatur, sudut kepala siku (90°), dan kepala bentuk pensil. Obor GTAW manual memiliki *switch* dan katub tambahan yang dipasang pada pegangannya yang digunakan untuk mengendalikan arus dan aliran gas lindung, 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 2.5 Stang las/obor (*torch welding*) [Sriwidharto, 2006].

2) 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].



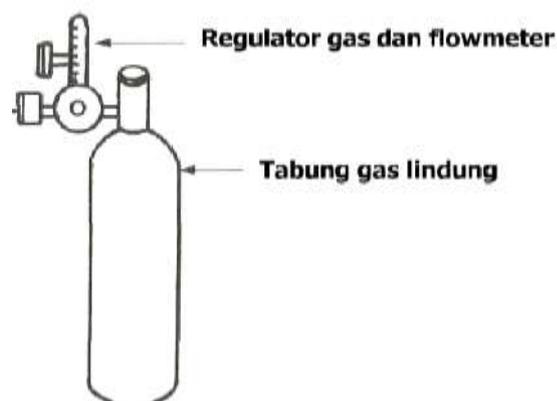
Gambar 2.6 Mesin Las AC/DC [Tim Fakultas Teknik UNY, 2004].

3) 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 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].



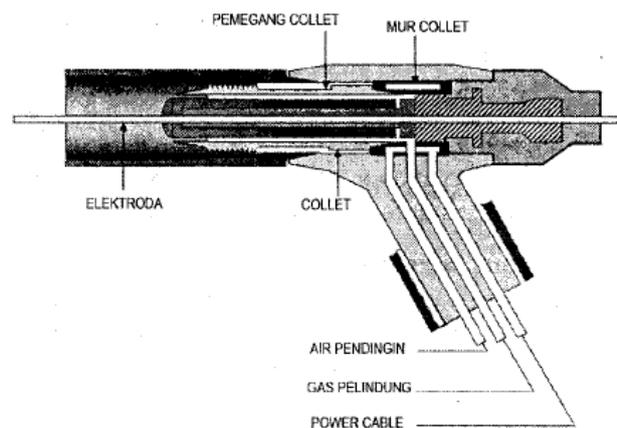
Gambar 2.7 Tabung Gas Lindung, Regulator Gas Lindung dan *Flowmeter* [Tim Fakultas Teknik UNY, 2004].

4) 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].

5) *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 2.8 Pemegang elektroda (*electrode holder*)/*collet* [Sriwidharto, 2006].

6) 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 gengaman 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 2.9 Moncong (*Nozzle*) [Sriwidharto, 2006].

7) 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].



Gambar 2.10 Elektroda Tungsten [Sriwidharto, 2006].

Titik lebur metal tungsten adalah 6.170°F (3.410°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 2.1 Elektroda Tungsten (Sumber: Cary, 1993)

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

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.

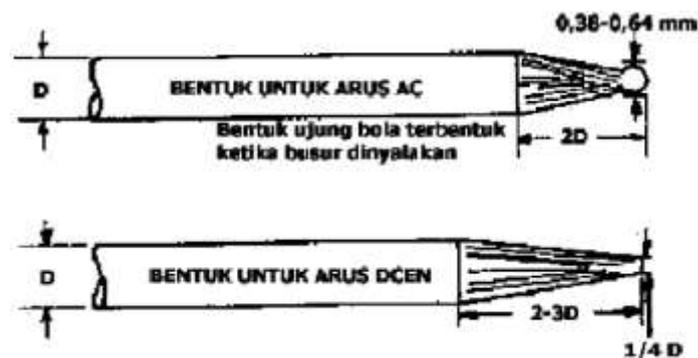
Tabel 2.2 Penggunaan Elektroda Tungsten Aluminium

Table 7-23. Welding Procedure Schedules for DC-GTAW Welding of Aluminum (TIG Welding)

Material Thickness (or Fillet Size) ga	Material Thickness		Type of Weld Fillet or Groove	Tungsten Electrode Diameter		Filler Rod Diameter		Nozzle Size Inside Dia. in.	Shielding Gas Flow cfh	Welding Current Amps DCEN	No. of Passes	Travel Speed (per pass) ipm
	in.	mm		in.	mm	in.	mm					
20	0.032	0.8	Sq. groove & fillet	3/32	2.4	None		3/8	30	65-70	1	52
18	0.046	1.2	Sq. groove & fillet	3/64	1.2	3/64	1.2	3/8	30	35-95	1	45
16	0.063	1.6	Sq. groove & fillet	3/64	1.2	3/64	1.2	3/8	30	45-120	1	36
13	0.094	2.4	Sq. groove & fillet	1/16	1.6	1/16	1.6	3/8	30	90-185	1	32
11	1/8	3.2	Sq. groove & fillet	1/8	3.2	1/8	3.2	3/8	30	120-220	1	20
11	1/8	3.2	Sq. groove & fillet	1/8	3.2	None		3/8	30	180-200	1	24
--	1/4	6.4	Sq. groove & fillet	1/8	3.2	1/8	3.2	1/2	40	230-340	1	22
--	1/4	6.4	Sq. groove & fillet	1/8	3.2	None		1/2	40	220-240	1	22
--	1/2	12.7	Vee groove	3/16	4.8	1/8	3.2	1/2	40	300-450	1	20
--	1/2	12.7	Sq. groove	5/32	3.9	None		1/2	40	260-300	2	20
--	3/4	19.1	Vee groove	3/16	4.8	1/8	3.2	1/2	40	300-450	2	6
--	3/4	19.1	Sq. groove	3/16	4.8	None		1/2	40	450-470	2	6
--	1	25.4	Vee groove	3/16	4.8	1/8	3.2	5/8	40	300-450	2	5

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 10 [Tim Fakultas Teknik UNY, 2004].



Gambar 2.11 Penggerindaan Elektroda Tungsten [Tim Fakultas Teknik UNY,2004].

e. 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].

1) 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 pelindungnya 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.

2) 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

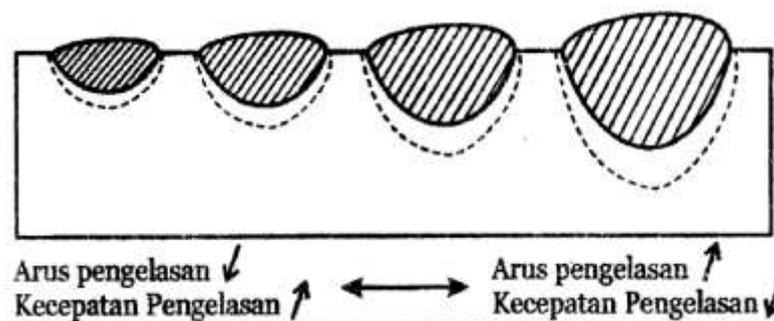
Tegangan arus dipengaruhi oleh variabel lainnya, dan digunakan untuk menjelaskan prosedur las karena mudah diukur. Karena variabel lainnya seperti gas lindung, elektroda dan jenis arus telah ditentukan sebelumnya, maka tinggal tegangan busur saja yang digunakan untuk mengendalikan panjang busur meskipun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

3) 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 2.12 Pengaruh Kecepatan Pengelasan Terhadap Penetrasi dan Lebar Lajur Las [Sonawan, 2003]

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].

4) 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].

f. 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:

- 1) Busur lebih tenang dan halus.

- 2) Membutuhkan tegangan busur yang lebih rendah bila dibandingkan dengan gas lindung yang lain untuk panjang busur dan arus yang digunakan.
- 3) Busur mudah sekali dinyalakan.
- 4) Harga lebih murah
- 5) Dengan arus AC, pengelasan aluminium dan magnesium mudah sekali dilakukan karena aksi pembersihan permukaan logam yang lebih besar.
- 6) 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 m³) yang biasanya mirip dengan silinder baja untuk gas oksigen.

g. 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.

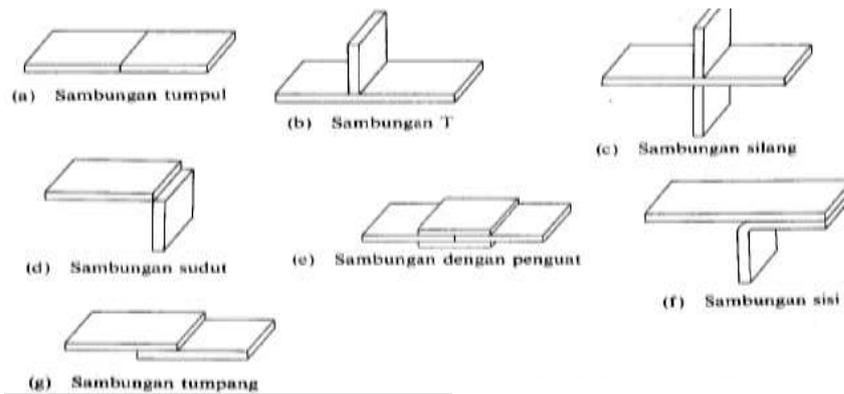
Tabel 2.3. Logam dan jenis arus yang sesuai untuk las gas tungsten

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

3. 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]

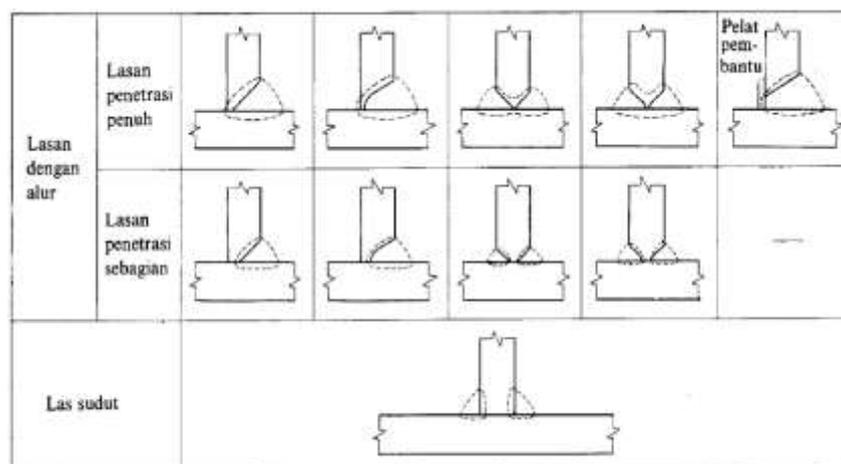


Gambar 2.13 Jenis-Jenis Sambungan Dasar [Wiryosumarto, 2000].

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

a. Sambungan Bentuk T dan Bentuk Silang

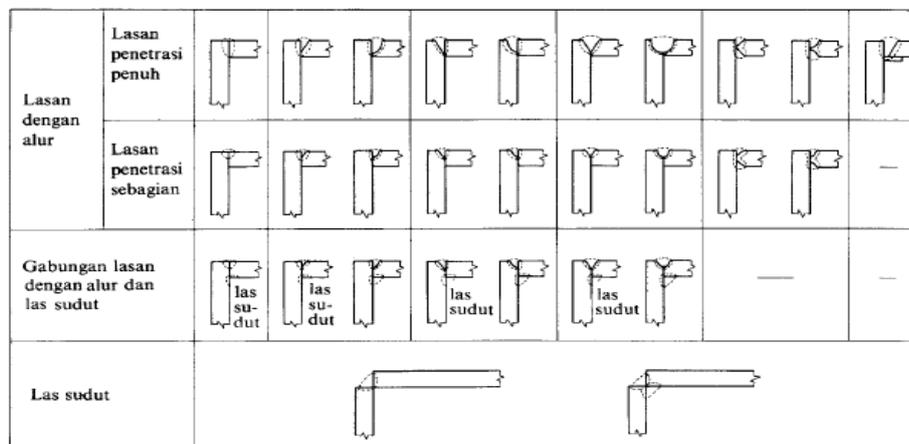
Pada kedua sambungan ini secara garis besar dibagi dalam dua jenis yaitu jenis las dengan alur dan jenis las sudut. Hal-hal yang dijelaskan untuk sambungan tumpul di atas juga berlaku untuk sambungan jenis ini. Dalam pelaksanaan pengelasan mungkin sekali ada bagian batang yang menghalangi, dalam hal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



Gambar 2.14 Sambungan T [Wiryosumarto, 2000].

b. 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 [Wirjosumarto, 2000].



Gambar 2.15 Macam-macam sambungan sudut [Wirjosumarto, 2000].

c. Sambungan Tumpul (*butt joint*)

Sambungan tumpul adalah jenis sambungan yang paling afisien. Sambungan ini dibagi lagi menjadi dua yaitu sambungan penetrasi penuh dan sambungan penetrasi sebagian seperti pada gambar 14. Sambungan penetrasi penuh dibagi lebih lanjut menjadi sambungan tanpa pelat pembantu dan sambungan dengan pelat pembantu.

Bentuk alur 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.

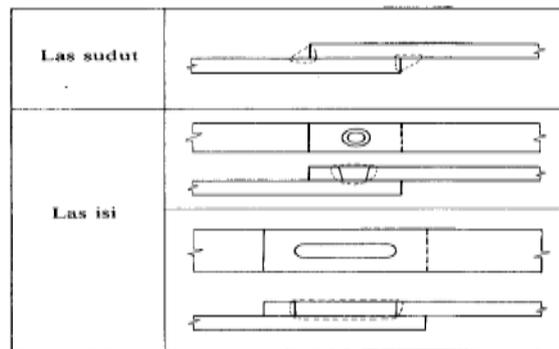
Pada dasarnya dalam memilih bentuk alur harus menuju pada penurunan masukan panas dan penurunan logam las sampai kepada harga terendah yang tidak menurunkan mutu sambungan. Karena hal ini, maka dalam pemilihan bentuk alur diperlukan kemampuan dan pengalaman yang luas. Bentuk-bentuk yang telah distandarkan pada umumnya hanya meliputi pelaksanaan pengelasan yang sering dilakukan [Wiryosumarto, 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 2.16 Alur Sambungan Las Tumpul [Wiryosumarto, 2000].

d. Sambungan Tumpang

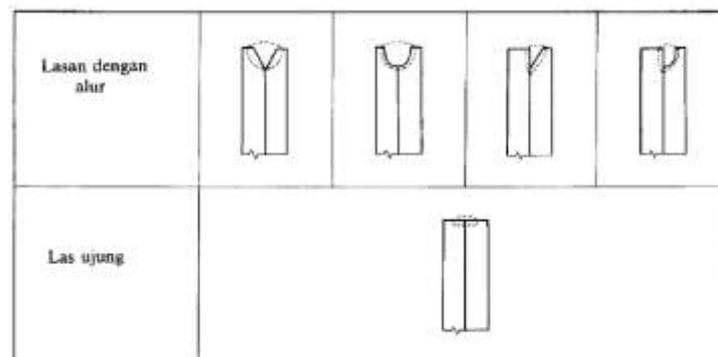
Sambungan tumpang dibagi dalam tiga jenis seperti ditunjukkan pada gambar 15. Karena sambungan ini memiliki efisiensi yang rendah, maka jarang sekali digunakan dalam pelaksanaan penyambungan konstruksi utama. Sambungan tumpang biasanya dilaksanakan dengan las sudut dan las isi [Wiryosumarto, 2000].



Gambar 2.17 Macam-macam Sambungan Tumpang [Wiryosumarto,2000]

e. Sambungan Sisi

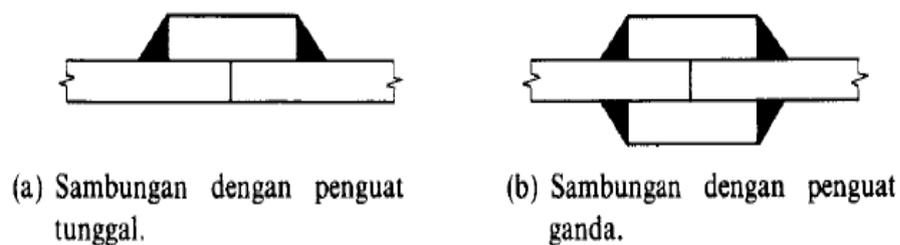
Sambungan sisi dibagi dalam sambungan las dengan alur dan sambungan las ujung seperti pada gambar 16. Untuk jenis yang pertama pada pelatnya harus dibuat alur. Sedangkan pada jenis kedua pengelasan dilakukan pada ujung pelat tanpa ada alur. Jenis yang kedua ini biasanya hasilnya kurang memuaskan kecuali 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 2.18 Sambungan Sisi [Wiryosumarto, 2000].

f. 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 18. Dari gambar dapat dilihat bahwa sambungan ini mirip dengan sambungan tumpang. Dengan alasan yang sama pada sambungan tumpang, maka sambungan inipun jarang digunakan dalam penyambungan konstruksi utama [Wiryosumarto, 2000].



Gambar 2.19 Sambungan dengan pelat penguat [Wiryosumarto, 2000].

4. Posisi Pengelasan

Posisi atau sikap pengelasan yaitu pengaturan posisi atau letak gerakan elektroda las. Posisi pengealasan 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].

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

Posisi pengelasan ini adalah 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).

b. 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*.

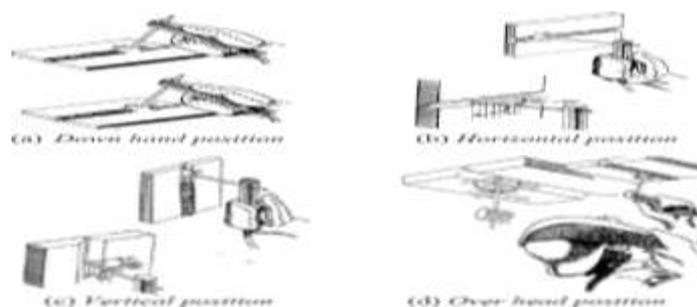
c. Posisi pengelasan tegak (*vertical position*)

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 19). Misalnya pengelasan badan kapal laut arah vertikal.

d. 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 2.20 Posisi Pengelasan [Bintaro, 2000]

5. 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 2.21. 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*).

6. Aluminium dan Paduan Aluminium

Aluminium adalah paduan logam ringan yang mempunyai kekuatan tinggi tahan terhadap korosi, dan merupakan konduktor listrik yang cukup baik. Paduan Aluminium dapat diklasifikasikan dalam tiga bagian yaitu [Wiryosumarto, 2000]:

- a. Berdasarkan pembuatan, klasifikasi paduan cor dan paduan tempa
- b. Berdasarkan perlakuan panas
- c. Berdasarkan unsur – unsur paduan

Berdasarkan klasifikasinya aluminium dibagi dalam tujuh jenis yaitu :

- a. Jenis Al – murni (seri 1000)

Jenis ini adalah Aluminium dengan kemurnian antara 99% s/d 99,9%, Aluminium dalam seri ini disamping sifatnya baik dan tahan karat, konduksi panas dan konduksi listrik yang dapat memiliki sifat yang memuaskan dalam mampu las dan mampu potong, hal yang kurang menguntungkan adalah dari segi kekuatannya yang rendah.

b. Jenis paduan Al – Cu (seri 2000)

Jenis Paduan Al – Cu adalah jenis yang dapat diperlakukan panaskan, dengan melalui pengelasan endap atau penyepuhan sifat mekanik. Paduan ini dapat menyamai sifat sifat dari baja lunak, tetapi daya tahan korosinya rendah bila dibandingkan dengan jenis paduan yang lainnya, sifat mampu las nya juga kurang baik, paduan jenis ini biasa digunakan pada konstruksi keling dan banyak sekali digunakan pada konstruksi pesawat terbang.

c. Jenis paduan Al – Mn (seri 3000)

Paduan ini adalah jenis yang tidak dapat diperlakukan – panaskan sehingga penaikan kekuatannya hanya dapat diusahakan melalui pengerjaan dingin dalam proses pembuatannya dari segi kekuatan jenis paduan ini lebih unggul dari pada jenis Aluminium murni.

d. Paduan jenis Al – Si (seri 4000)

Paduan Al – Si termasuk jenis yang tidak dapat diperlakukan panaskan, jenis ini dalam keadaan cair mempunyai sifat mampu alir yang baik dan dalam proses pembekuannya hampir tidak terjadi retak. Karena sifat – sifat nya, maka paduan jenis ini banyak digunakan sebagai bahan atau logam las dalam pengelasan paduan aluminium baik paduan cor maupun paduan tempa.

e. Paduan jenis Al – Mg (seri 5000)

Jenis ini tidak termasuk paduan yang tidak dapat diperlakukan – panaskan, tetapi mempunyai sifat yang baik dalam daya tahan korosi, terutama korosi oleh air laut, dan dalam sifat mampu – las nya. Paduan Al – Mg banyak digunakan tidak hanya dalam konstruksi umum, tetapi juga untuk tangki – tangki penyimpanan gas alam

cair dan oksigen cair. Karena Al – Mg mempunyai sifat tahan korosi dan ringan, maka dapat digunakan untuk pekerjaan konstruksi terutama untuk daerah yang berkorosif.

f. Paduan jenis AL – Mg – Si (seri 6000)

Paduan ini termasuk jenis yang dapat diperlaku – panaskan, dan mempunyai sifat mampu potong, mampu las dan daya tahan korosi yang cukup. Sifat yang kurang baik dari paduan ini adalah terjadi pelunakan pada daerah las sebagai akibat dari panas pengelasan yang timbul.

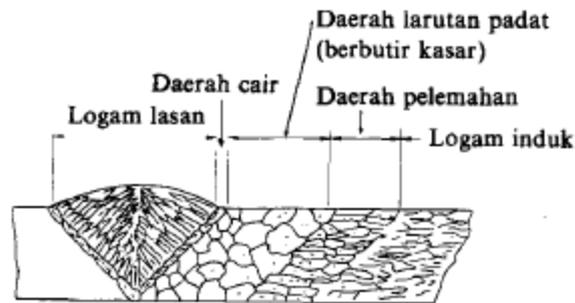
g. Paduan jenia AL – Zn (seri 7000)

Paduan ini termasuk jenis yang dapat diperlaku – panaskan, sifat mampu – las dan daya tahannya terhadap korosi kurang menguntungkan. Paduan Al – Zn – Mg saat sekarang ini mulai banyak digunakan dalam konstruksi las, karena jenis ini mempunyai sifat mampu las dan daya tahan korosi yang lebih baik dari pada paduan dasar Al – Zn.

Pengaruh panas Pengelasan:

Panas pengelasan pada paduan aluminium akan menyebabkan terjadinya pencairan sebagian, rekristalisasi, pelarutan padat atau pengendapan, tergantung pada tingginya suhu pada daerah las. Karena perubahan struktur ini biasanya terjadi penurunan kekuatan dan ketahanan korosi dan kadang-kadang daerah las menjadi

getas. Struktur mikro daerah HAZ dari paduan yang dapat diperlakukan

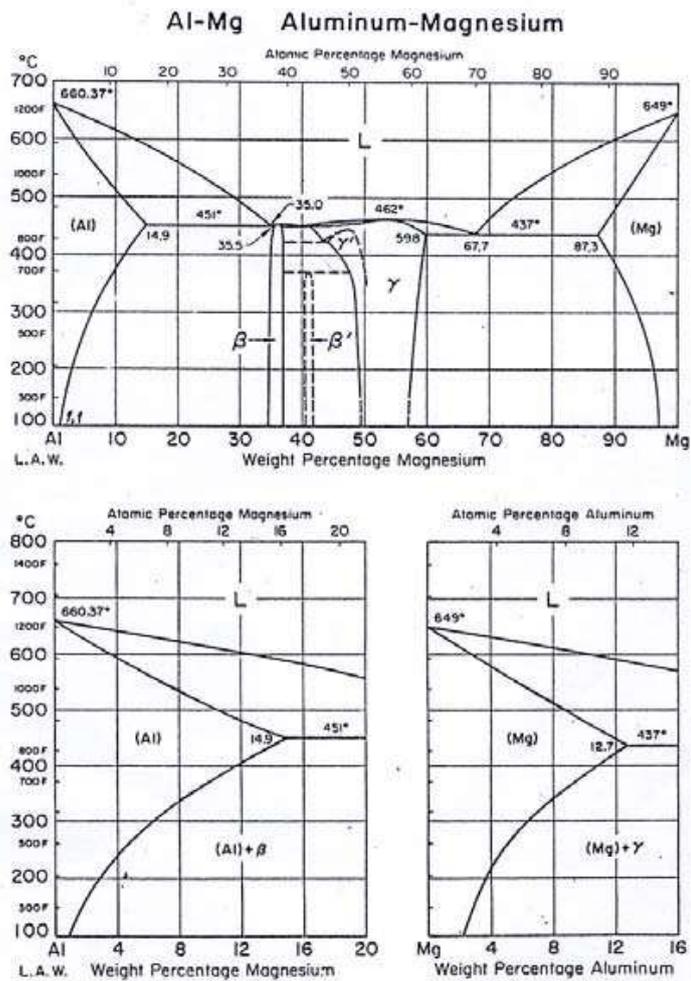


ditunjukkan dalam Gbr. 4.26.

Gambar 2.22 Struktur mikro daerah las dari paduan aluminium [Wiryosumarto, 2000]

1) Aluminium-Magnesium

Dalam paduan biner Al-Mg satu fasa yang ada dalam keseimbangan dengan larutan padat yang merupakan senyawa antar logam yaitu Al_3Mg_2 . Sel satuannya merupakan senyawa antar *hexagonal* susunan rapat (*cph*) tetapi ada juga dilaporkan bahwa sel satuannya merupakan kubus berpusat muka (*fcc*) rumit. Titik eutektiknya adalah $450^{\circ}C$, 35% Mg dan batas kelarutan padatnya pada temperatur eutektik adalah 17,4% Mg, yang menurun pada temperatur biasa sampai kira-kira 1,9% Mg, kemampuan penuaan dapat diharapkan secara praktis penambahan Mg tidaklah banyak, pengerasan penuaan yang berarti tidak diharapkan. β mempunyai masa jenis yang rendah dan mudah teroksidasi, oleh karena itu biasanya ditambahkan sedikit flux dari Be sebagai contoh 0,004%. Paduan Al-Mg mempunyai titik cair pada suhu $650^{\circ}C$, temperatur kritis pada daerah HAZ adalah $250^{\circ}C$ disini sudah terjadi perubahan Fasa dapat dilihat pada gambar. 22 diagram fasa dari AL-Mg. [Aljufri, 2008]



Gambar 2.23 Diagram Fasa titik cair Al-Mg 5083[Aljufri, 2008]

Aluminium yang digunakan pada penelitian ini terbuat dari material paduan Al – Mg 5083, yang mempunyai komposisi kimia seperti tabel 6

Tabel 2.4 Komposisi Kimia Aluminium- Mg 5083

Unsur	Mg	Si	Fe	Cu	Mn	Cr	Zn	Ti
Komposisi	4 -	0,4	0,4	0,1	0,4-1	0,05 -	0,25	0,15
% (berat)	4,9					0,25		

Sumber: Mat web.com

Tabel 2.5 Sifat Mekanik Aluminium- Mg 5083

Sifat Mekanik Al-Mg 5083	
Tensile Yield Strength (MPa)	190
Tensile Strength Ultimate (MPa)	>300
Elongation %	12%

Sumber: Pa-international.com.au

7. 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.

a. 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 [Wiryosumarto, 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 [Wiryosumarto, 2000]:

Tegangan:

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

Dimana: F= Beban (kg)

A₀ = luas mula dari penampang batang uji (mm²)

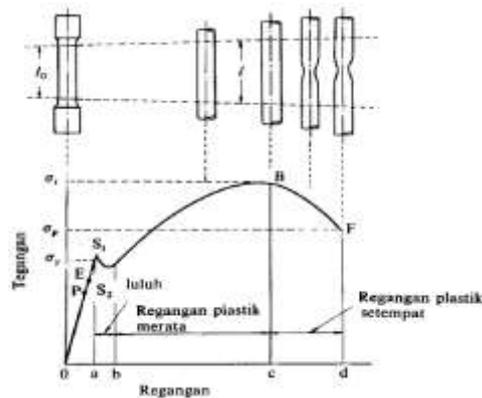
Regangan:

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

Dimana: L₀ = panjang mula dari batang uji (mm)

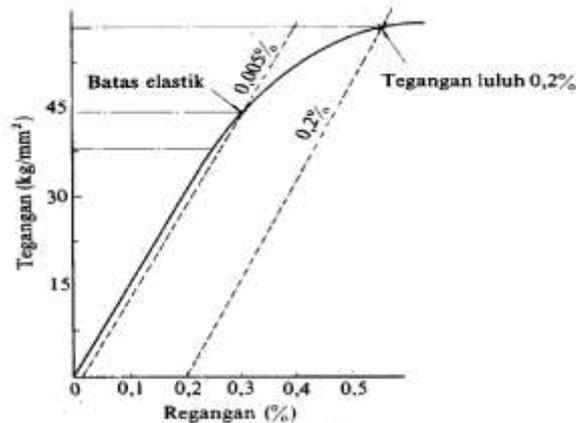
L = panjang batang uji yang dibebani (mm)

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 2.24 Kurva Tegangan – Regangan Teknik [Wiryosumarto, 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 24 [Wiryosumarto, 2000].



Gambar 2.25 Batas Elastis Dan Tegangan Luluh [Wiryosumarto, 2000].

Uji tarik suatu material dapat dilakukan dengan menggunakan *universal testing machine* seperti yang ditunjukkan pada gambar 25. 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 (σ_{ys}), tegangan *ultimate* (σ_{ult}), modulus elastisitas beban (E), ketangguhan dan keuletan sambungan las yang diuji tarik [Dowling, 1999].



Gambar 2.26 Mesin uji tarik [elitabmas.itn.ac.id].

b. Uji Foto 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 dilakukan di beberapa tempat seperti berikut :

1. Pembuatan spesimen dilakukan di laboratorium Teknologi Mekanik Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung
2. Proses pengelasan dilakukan di Program Studi Diploma 2 Universitas Lampung di SMKN 1 Simpang Pematang, Kabupaten Mesuji, Lampung
3. Pengujian tarik dilakukan di Laboratorium Pengembangan Paduan dan Karakterisasi FTTM Institut Teknologi Bandung
4. Pengambilan foto struktur mikro dilakukan di Balai Pengolahan Mineral Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Lampung

B. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan untuk penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Elektroda

Elektroda yang digunakan pada pengelasan TIG adalah jenis elektroda *tungsten* yang berfungsi menciptakan busur nyala yang digunakan untuk mencairkan kawat las dan benda yang akan disambung. Diameter elektroda yang digunakan pada penelitian ini adalah 2,4 mm

2. Gergaji

Gergaji digunakan untuk memotong spesimen yang akan dipakai sesuai dengan ukuran yang telah ditentukan

3. Mesin Las

Mesin las yang dipakai adalah mesin las *tungsten inert gas* (TIG), digunakan untuk mengelas atau menyambung spesimen

4. Mesin Gerinda

Mesin gerinda dipakai untuk membuat dan mengasah pahat yang digunakan dalam pembuatan spesimen

5. Mesin Skrap

Mesin skrap digunakan untuk membuat alur kampuh pada spesimen

6. Jangka Sorong

Jangka sorong digunakan dalam membaca ukuran spesimen yang akan dibuat

7. Mesin Amplas

Mesin amplas digunakan untuk menghaluskan permukaan spesimen dalam foto uji mikro

8. Kamera

Kamera digunakan dalam pengambilan gambar hasil penelitian

9. Alat bantu

Alat bantu lain seperti palu, kikir, dll digunakan untuk membantu dalam pembuatan spesimen ataupun proses pengelasan.

C. Prosedur Percobaan

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

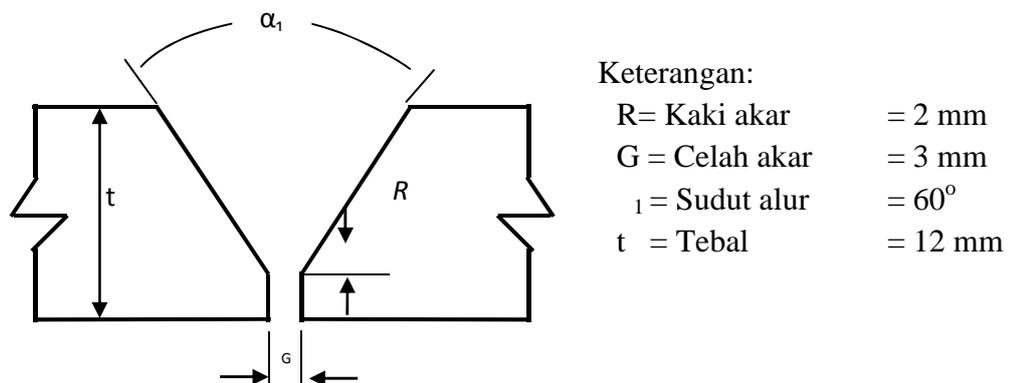
Material yang digunakan pada penelitian ini adalah Aluminium paduan Al Mg 5083 dengan ketebalan 12 mm.

b. Pemilihan Elektroda Las , Kecepatan dan Arus Pengelasan

Elektroda yang digunakan pada penelitian ini adalah elektroda jenis *tungsten* murni dengan diameter 2,4 mm dan arus yang digunakan pada penelitian ini adalah arus searah DCEN (*direct current elektrode negative*) dengan besar arus tetap yaitu 100 *Ampere*.

c. Pembuatan Kampuh Las

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



Gambar 3.1 Dimensi sambungan las tumpul dengan alur V tunggal

2. Proses Pengelasan

Dalam penelitian ini jenis las yang digunakan adalah gas *tungsten arc welding* (GTAW) atau *Tungsten inert gas* (TIG). 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 aluminium dilas dengan las *tungsten inert gas* (TIG) dengan prosedur dan cara pengelasan yang sesuai serta berdasarkan parameter-parameter yang sudah ditentukan yaitu:

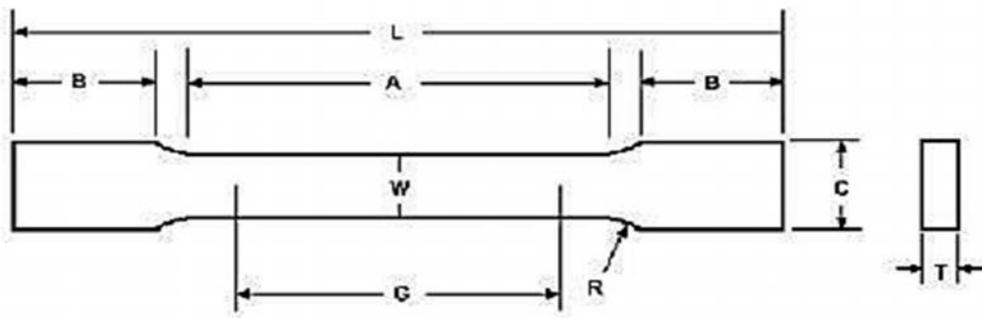
- a. Pengelasan kampuh V tunggal dengan arus 100 *Ampere*.
- b. Pengelasan kampuh V ganda dengan arus 100 *Ampere*.
- c. Pengelasan kampuh tirus tunggal dengan arus 100 *Ampere*.

Untuk tipe serta diameter logam pengisi (*filler metal*) pada pengelasan ini digunakan logam pengisi tipe ER 5356 dengan diameter 2,4 mm

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 3.2 Dimensi spesimen uji tarik sesuai standar ASTM E-8

Keterangan:

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

b. Spesimen foto mikro

Untuk pembuatan spesimen uji foto mikro, spesimen diambil dari hasil uji tarik yang telah diprediksi sebagai daerah las. Spesimen yang akan dilakukan pengujian, dimasukkan ke dalam cetakan untuk dicetak dengan campuran resin dan katalis kemudian dibentuk dudukan spesimen untuk proses *Grinder-Polisher*. Selanjutnya permukaan spesimen yang akan dilakukan uji foto mikro diampas dengan menggunakan *Grinder-polisher* 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 ampas agar didapatkan permukaan yang halus dan mengkilat, sehingga struktur benda uji menjadi jelas.

4. 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 .

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* (*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 grip 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 Foto Mikro

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

c. 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-atakan dan dimasukkan kedalam tabel data hasil uji tarik untuk keperluan analisis. Sedangkan pada pengujian foto mikro, diperoleh data-data berupa hasil uji foto mikro yang kemudian dilakukan analisa untuk mengetahui struktur mikro dan juga sifat mekaniknya.

Tabel 3.1 Contoh Tabel Data Kekuatan Tarik

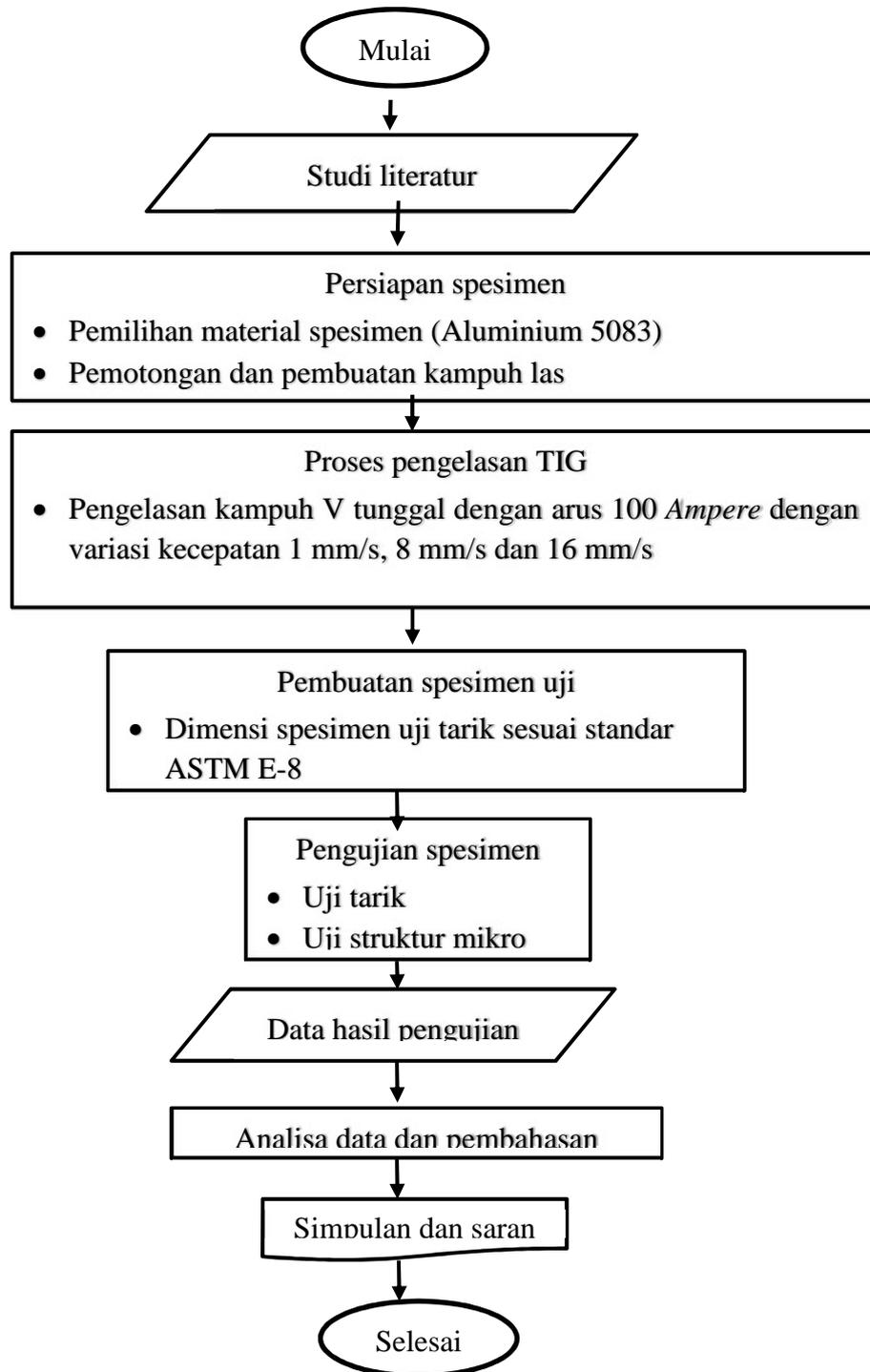
Material	Kecepatan Pengelasan	Nomor Spesimen	Kekuatan Tarik (MPa)	Rata-Rata Kekuatan Tarik (MPa)
Aluminium 5083	1 mm/s	1.a		
		2.a		
		3.a		
	8 mm/s	1.b		
		2.b		
		3.b		
	16 mm/s	1.c		
		2.c		
		3.c		

Tabel 3.2 Contoh Tabel Regangan Tarik Material

Material	Kecpatan Pengelasan	Nomor Spesimen	Regangan Tarik (%)	Rata-Rata Regangan Tarik (%)
Aluminium 5083	1 mm/s	1.a		
		2.a		
		3.a		
	8 mm/s	1.b		
		2.b		
		3.b		
	16 mm/s	1.c		
		2.c		
		3.c		

D. Alur Proses Penelitian

Alur proses penelitian ditunjukkan pada diagram alir berikut ini :



Gambar 3.3 Diagram alir penelitian

V. SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian tentang pengaruh variasi kecepatan pengelasan terhadap kekuatan tarik hasil pengelasan *tungsten inert gas* (TIG) pada Aluminium 5083 dapat diambil kesimpulan :

1. Dari hasil pengelasan TIG variasi kecepatan 16 mm/s , 8 mm/s dan 1 mm/s menggunakan kampuh V menghasilkan kekuatan tarik yang berbeda-beda. Kekuatan tarik terbesar dihasilkan oleh kecepatan pengelasan 1 mm/s dengan nilai rata-rata tarik 63.75MPa. sedangkan kekuatan tarik terendah terdapat pada kecepatan pengelas 16 mm/s dengan nilai rata – rata sebesar 24,45 MPa.
2. Cacat yang terjadi pada logam las adalah kurangnya penetrasi, terperangkapnya udara pada logam las (*porosity*) dan sambungan yang kurang baik antara logam induk dan logam pengisi , hal ini disebabkan terjadinya oksidasi saat melakukan pengelasan. Hal ini berakibat sambungan mempunyai sifat getas.
3. Hasil foto mikro menunjukkan adanya perbedaan struktur mikro antara logam induk dengan logam hasil proses pengelasan. Dimana struktur mikro pada daerah las ikatan Al, Mg dan Si terjadi *difusi* Hal ini

dikarenakan terjadinya proses *thermal* pada saat pengelasan yang mengakibatkan struktur pada daerah logam las mengalami perubahan. Aluminium 5083 juga kurang baik untuk *heat treatment* namun mempunyai ketahanan korosi yang sangat baik.

B. Saran

Karena pada umumnya paduan Al-Mg mempunyai sifat non heat treatable. Agar mendapatkan hasil penelitian yang lebih baik lagi pada pengelasan TIG Aluminium 5083, perlu dilakukan pengujian lebih lanjut seperti uji *impact* dan kekerasan. Pada proses pengelasan ketersediaan perlengkapan las harus sesuai. Karena pada saat pengelasan TIG Aluminium 5083 banyak faktor yang harus diperhatikan seperti dari parameter pengelasan, jenis *tungsten*, logam pengisi, jenis gas, arus dan kebersihan material.

DAFTAR PUSTAKA

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.

Asm.matweb.com, Aluminium 5083

Bastomi, Yazit. 2006. *Pengaruh Kecepatan Las Terhadap Tegangan Geser Sambungan Plat Aluminium Dengan Las Tungsten Inert Gas (Tig)*. Jurnal Penelitian. Universitas Muhammadiyah Malang.

Bintaro, 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*. 2nd edition. 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.

Mitchell, Pat “*Welding Secret Revealed*”.

Sack, Raymond J. *Welding: Principles and Practices*. Mc Graw Hill. USA.

Sonawan H. 2003. *Pengelasan Logam*. Alfabeta. Bandung.

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.scribd.com/doc/231523012/Aluminium>