

**PENGARUH VARIASI KAMPUH TERHADAP KEKUATAN TARIK
HASIL PENGELASAN *TUNGSTEN INERT GAS* (TIG) PADA BAJA
KARBON RENDAH ST 37**

(Skripsi)

**Oleh
FISKAN YULISTIAWAN**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2016**

ABSTRAK

PENGARUH VARIASI KAMPUH TERHADAP KEKUATAN TARIK HASIL PENGELASAN *TUNGSTEN INERT GAS* (TIG) PADA BAJA KARBON RENDAH ST 37

Oleh

FISKAN YULISTIAWAN

Tungsten Inert Gas (TIG) adalah suatu proses pengelasan dengan menggunakan gas lindung untuk mencegah terjadinya oksidasi pada logam pada saat pengelasan. Untuk menghasilkan busur nyala, digunakan elektroda yang tidak dikonsumsi terbuat dari logam *tungsten* atau paduannya yang memiliki titik lebur sangat tinggi. Baja karbon rendah merupakan baja dengan kandungan karbon kurang dari 0,3% dan merupakan material yang baik untuk digunakan dalam proses pengelasan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan tarik hasil pengelasan *tungsten inert gas* (TIG) pada baja karbon rendah ST 37. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, diketahui bahwa kekuatan tarik tertinggi terdapat pada *raw material* dengan nilai rata – rata sebesar 493,02 MPa. Sedangkan untuk logam hasil pengelasan, dengan menggunakan variasi kampuh V Tunggal, V Ganda dan Tirus Tunggal, kekuatan tarik tertinggi terdapat pada jenis kampuh tirus tunggal dengan nilai rata – rata kekuatan tarik sebesar 425,95 MPa, sedangkan kekuatan tarik terendah terdapat pada jenis kampuh V ganda dengan nilai rata – rata sebesar 366,08 Mpa. Hasil foto struktur mikro menunjukkan bahwa fasa yang terdapat pada baja karbon rendah ST 37 adalah *ferrit* dan *perlit*. Pada logam hasil pengelasan, struktur mikro yang terbentuk cenderung memiliki butir yang lebih besar dibandingkan dengan logam induk. Pada daerah ini fasa *ferrit* cenderung lebih dominan dibandingkan dengan fasa *perlit*. Ini menunjukkan bahwa struktur pada daerah las lebih lunak.

Kata kunci: *Tungsten Inert Gas*, Baja Karbon Rendah, Kampuh, Kekuatan Tarik, Struktur Mikro

ABSTRACT

THE EFFECT OF BEVEL VARIATION TENSILE STRENGTH OF WELDING TUNGSTEN INERT GAS (TIG) ON LOW CARBON STEEL ST 37

By

FISKAN YULISTIAWAN

Tungsten Inert Gas (TIG) is a welding process using the protected gas to prevent oxidation of the metal during welding process. To generate the arc flame, which is not consumed is used electrodes made of tungsten or metal alloys that have very high melting point. Low carbon steel is steel with a carbon content of less than 0.3% and is a good material to be used in the welding process. This study aims to determine the tensile strength of the weld Tungsten Inert Gas (TIG) on low carbon steel ST 37. From the testing that has been done, it is known that the tensile strength is highest in raw material by average of result tensile strength of 493.02 MPa. As for metal welding results, by using a variation of Single V, Double V and Single Bevel, the tensile strength is highest on the type of single bevel with average of result tensile strength of 425.95 MPa, tensile strength while the lowest for the type of Double V with average of result amounted to 366.08 Mpa. The images show that the phase microstructure found in low carbon steel ST 37 is ferrite and pearlite. In the weld metal, microstructure formed tend to have larger granules than the base metal. In this area ferrite phase tends to be more dominant than the pearlite phase. This shows that the structure of the weld area is milder.

Keywords: Tungsten Inert Gas, Low Carbon Steel, Bevel Joint, Tensile Strength
Micro structure

**PENGARUH VARIASI KAMPUH TERHADAP KEKUATAN TARIK
HASIL PENGELASAN *TUNGSTEN INERT GAS* (TIG) PADA BAJA
KARBON RENDAH ST 37**

(Skripsi)

**Oleh
FISKAN YULISTIAWAN**

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 KAMPUH TERHADAP
KEKUATAN TARIK HASIL PENGELASAN
TUNGSTEN INERT GAS (TIG) PADA BAJA
KARBON RENDAH ST 37**

Nama Mahasiswa

: **Fiskan Yulistiawan**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1015021030

Program Studi

: Teknik Mesin

Fakultas

: Teknik

MENYETUJUI

1. **Komisi Pembimbing**



Tarkono, S.T., M.T.

NIP. 19700415 199802 1 001



Achmad Yahya TP, S.T., M.T.

NIP. 19800205 200501 1 002

2. **Ketua Jurusan Teknik Mesin**



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

NIP. 19740816 200012 1 001

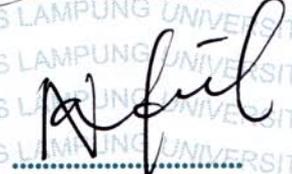
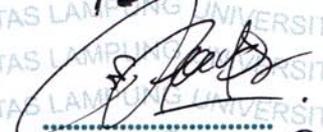
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

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

Anggota Penguji : Achmad Yahya TP, S.T., M.T.

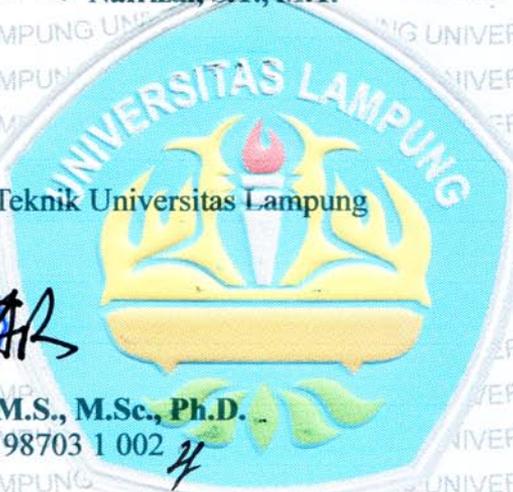
Penguji Utama : Nafrizal, S.T., M.T.



2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung



Prof. Suharno, M.S., M.Sc., Ph.D.
NIP. 19620717 198703 1 002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 08 Agustus 2016

PERNYATAAN PENULIS

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

Membuat Pernyataan



[Handwritten Signature]

Miskhan Yulistiawan
NPM. 10105021030

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Teluk Betung pada tanggal 26 Juli 1991 sebagai anak pertama dari dua bersaudara, dari pasangan Bapak Budi Setiawan dan Ibu Pariah.

Penulis menyelesaikan Pendidikan di Taman Kanak – Kanak (TK) Pertiwi Gedong Tataan pada tahun 1997, Pendidikan sekolah dasar di SD Negeri 4 Bagelen pada tahun 2003, Pendidikan sekolah menengah pertama di SMP Negeri 1 Gedong Tataan pada tahun 2006 dan Pendidikan sekolah menengah atas di SMK Negeri 2 Bandar Lampung pada tahun 2009. Penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lampung pada tahun 2010 melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN).

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin (HIMATEM) sebagai Anggota Divisi Pendidikan dan Pelatihan (Diklat) pada periode 2011-2012 dan menjadi Ketua Divisi Otomotif pada periode 2012-2013. Pada tahun 2011 penulis juga menjadi anggota Divisi Penelitian pada Unit Kegiatan Mahasiswa Fakultas Teknik Bidang Karya Tulis Cremona. Penulis melaksanakan Kerja Praktek (KP) di PT. Garuda Bumi Perkasa Mesuji Lampung pada tahun 2013. Penulis mulai melakukan penelitian sejak

bulan September 2015 dan mengambil judul “Pengaruh Variasi Kampuh Terhadap kekuatan Tarik Hasil Pengelasan *Tungsten Inert Gas* (TIG) Pada Baja Karbon Rendah ST 37” di bawah bimbingan Bapak Tarkono, S.T., M.T. selaku pembimbing utama dan Bapak Achmad Yahya TP. S.T, M.T. selaku pembimbing pendamping.



PERSEMBAHAN

Dengan segala ketulusan hati, sebuah karya sederhana ini kupersembahkan untuk:

**Orangtuaku, Bapak Budi Setiawan
dan Ibu Pariah**

Adikku Maria Dila Desta

Sahabat serta keluarga Teknik Mesin 2010

***ALMAMATERKU TERCINTA
UNIVERSITAS LAMPUNG***





*Sometimes to do the right things,
we have to be steady and give up
to the thing we want the most,
even our dream*



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 Variasi Kampuh Terhadap Kekuatan Tarik Hasil Pengelasan *Tungsten Inert Gas* (TIG) Pada Baja Karbon Rendah ST 37”. 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 Achmad Yahya Teguh P, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing kedua yang telah meluangkan waktu saran dan masukan sehingga skripsi ini menjadi lebih baik.
7. Bapak Nafrizal, S.T., M.T., selaku dosen pembahas 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 Budi Setiawan dan Ibu Pariah yang telah memberikan dukungan penuh, do'a, materi, dan kesabaran sepanjang penulis menjalani studi sampai dapat menyelesaikan skripsi.
10. Adinda tercinta Maria Dila Desta dan seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan, do'a dan membantu penulis.
11. Teman-teman seperjuangan tugas akhir (Nur Saiin, Rahmat Dani, Agung Aditya Priono dan Galih Pamungkas) yang telah bersama-sama menyelesaikan tugas akhir ini dengan suka dan duka.
12. Sahabat-sahabat Pecinta Alam Trekcamp, yang telah banyak memberikan dukungan dan inspirasi kepada penulis.
13. Semua rekan di Teknik Mesin Khususnya rekan seperjuangan angkatan 2010 untuk kebersamaan yang telah dijalani, “ Salam *Solidarity Forever*”.
14. Staf Akademik serta staf Laboratorium yang telah banyak membantu penulis.
15. 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, Agustus 2016
Penulis,

Fiskan Yulistiawan
NPM. 1015021030

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	i
DAFTAR GAMBAR	iii
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR SIMBOL	vii
I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Tujuan Penelitian	3
C. Batasan Masalah	3
D. Sistematika Penulisan	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	
A. Baja Karbon	6
B. Struktur Mikro Baja Karbon	8
C. Pengelasan.....	12
D. Jenis – Jenis Pengelasan.....	13
E. <i>Gas Tungsten Arc Welding (GTAW)</i> atau <i>Tungsten Inert Gas (TIG)</i> 17	
F. Prinsip Kerja Las <i>Tungsten Inert Gas</i>	19
G. Parameter Pengelasan <i>Tungsten Inert Gas (TIG)</i>	20
H. Jenis – Jenis Cacat Pada Pengelasan.....	26
I. Pemilihan Sambungan Las.....	27
J. Jenis Sambungan Las	28
K. Posisi Pengelasan	32
L. Pengujian Tarik	34
M. Pengujian Struktur Mikro	37
III. METODOLOGI PENELITIAN	
A. Tempat Penelitian	39
B. Alat dan Bahan.....	39
C. Prosedur Percobaan.....	44
1. Persiapan Spesimen Uji	44
2. Proses Pengelasan	45

3. Pembuatan Spesimen Uji	46
4. Pengujian.....	47
D. Alur Proses Penelitian.....	50
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. Karakteristik Baja ST 37	51
B. Pengujian Tarik.....	52
C. Pengujian Struktur Mikro	60
V. SIMPULAN DAN SARAN	
A. Simpulan	65
B. Saran	66

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Diagram Fasa Baja Karbon	8
2. Struktur Mikro <i>Ferrit</i>	9
3. Struktur Mikro <i>Perlit</i>	10
4. Struktur Mikro <i>Cementit</i>	10
5. Struktur Mikro <i>Martensit</i>	11
6. Las SMAW.....	14
7. Skema Las MIG.....	15
8. Las Busur Listrik	16
9. Las Oksi Asetilen	17
10. Skema Pengelasan <i>Tungsten Inert Gas</i>	18
11. Jenis Sambungan Las	29
12. Jenis Sambungan Tumpul	30
13. Jenis Sambungan Sudut.....	31
14. Sambungan Las Tumpang	32
15. Posisi Pengelasan	33
16. Kurva Tegangan - Regangan.....	36
17. Mesin Uji Tarik	36
18. Alat Uji Mikro	37
19. Elektroda Tungsten.....	40

20. Gergaji	40
21. Mesin Las TIG.....	41
22. Gerinda	41
23. Mesin Skrap.....	42
24. Jangka Sorong	42
25. Mesin Amplas (<i>Grinder Polisher</i>)	43
26. Kamera	43
27. Dimensi Sambungan Las Tumpul Dengan Alur V Tunggal	44
28. Dimensi Sambungan Las Tumpul Dengan Alur V Ganda (X)	45
29. Dimensi Sambungan Las Tumpul Dengan Alur Tirus Tunggal.....	45
30. Dimensi Spesimen Uji Tarik Sesuai Standar ASTM E-8.....	46
31. Diagram Alir Penelitian.....	50
32. Diagram Hubungan Nilai Kekuatan Tarik Dengan Variasi Kampuh....	53
33. Diagram Hubungan Nilai Regangan Tarik Dengan Variasi Kampuh...	54
34. Skema Sambungan Las Kampuh V Tunggal	55
35. Skema Sambungan Las Kampuh V Ganda	55
36. Skema Sambungan Las Kampuh Tirus Tunggal.....	55
37. Resultan Gaya Yang Terjadi Pada Sambungan Las	56
38. Foto Patahan Spesimen Hasil Pengelasan Dengan Kampuh V Tunggal.....	57
39. Foto Patahan Spesimen Hasil Pengelasan Dengan Kampuh V Ganda	58
40. Foto Patahan Spesimen Hasil Pengelasan Dengan Kampuh Tirus Tunggal.....	59

41. Foto Struktur Mikro Logam Induk, Spesimen Dengan Kampuh V Tunggal, V Ganda dan Tirus Tunggal.....	60
42. Foto Struktur Mikro Pada Logam Induk (<i>Raw Material</i>) Dengan Perbesaran 400 ×.....	61
43. Foto Struktur Mikro Pada Logam Hasil Pengelasan Dengan Kampuh V Tunggal Dengan Perbesaran 400 ×.....	61
44. Foto Struktur Mikro Pada Logam Hasil Pengelasan Dengan Kampuh V Ganda Dengan Perbesaran 400 ×.....	62
45. Foto Struktur Mikro Pada Logam Hasil Pengelasan Dengan Kampuh Tirus Tunggal Dengan Perbesaran 400 ×	63
46. Skema Daerah Uji Struktur Mikro Logam Hasil Pengelasan.....	63

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Klasifikasi Baja Karbon	7
2. Variabel Pengelasan TIG Untuk Baja Karbon	21
3. Logam dan Jenis Arus Untuk Pengelasan TIG	25
4. Contoh Tabel Data Kekuatan Tarik.....	49
5. Contoh Tabel Data Regangan Tarik.....	49
6. Komposisi Kimia Baja Karbon Rendah ST 37	51
7. Data Hasil Pengujian Tarik Baja ST 37	52
8. Data Regangan Material Uji Tarik	53

DAFTAR SIMBOL

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

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Saat ini teknik penyambungan logam di bidang pengelasan sudah berkembang pesat. Pada konstruksi yang menggunakan bahan baku logam, hampir sebagian besar sambungannya dikerjakan dengan cara pengelasan. Pengelasan juga banyak digunakan untuk pengerjaan konstruksi gedung, jembatan, perpipaan dan otomotif. Selain untuk penyambungan, proses las juga dapat digunakan untuk reparasi, misalnya untuk mengisi lubang - lubang pada coran, membuat lapisan pada perkakas, mempertebal bagian yang sudah aus dan reparasi lainnya. Seperti yang kita ketahui, ada banyak jenis pengelasan yang digunakan pada saat ini. Salah satunya adalah *Gas Tungsten Arc Welding (GTAW)* atau biasa yang disebut *Tungsten Inert Gas (TIG)*.

Tungsten Inert Gas (TIG) adalah suatu proses pengelasan dengan menggunakan busur nyala yang dihasilkan oleh elektroda tetap yang terbuat dari *tungsten*. Sedangkan bahan penambah terbuat dari bahan yang sama atau sejenis dengan bahan yang akan dilas dan terpisah dari pistol las. Gas pelindung yang digunakan dalam pengelasan biasanya berupa gas kekal (99% Argon). Las TIG dapat menjangkau proses pengelasan yang luas dan mempunyai kemampuan yang tinggi untuk menyatukan logam, serta dapat pula mengelas pada segala posisi

pengelasan dengan kepadatan yang tinggi. Daya busurnya tidak bergantung pada bahan tambah yang diperlukan, sehingga las TIG dimungkinkan dipakai untuk mengelas berbagai jenis logam (Sriwidharto, 2006).

Dalam konstruksi pengelasan, ada beberapa jenis sambungan yang digunakan untuk menyambung antara logam satu dengan logam yang lain. Sambungan ini diperlukan untuk meneruskan beban atau tegangan diantara bagian – bagian yang disambung, agar hasil dari pengelasan menjadi lebih kuat. Sambungan tumpul (*butt joint*) merupakan sambungan yang paling efisien. Pada sambungan tumpul terdapat alur yang digunakan dalam penyambungan logam. Bentuk alur pada sambungan ini sangat mempengaruhi efisiensi pengerjaan, sambungan dan jaminan pengerjaan

Pada penelitian yang dilakukan oleh Sasi Kirono dan Arief Sanjaya tentang pengaruh hasil pengelasan GTAW dan SMAW pada pelat baja SA 516 dengan kampuh V tunggal terhadap kekuatan tarik, kekerasan dan struktur mikro didapatkan hasil bahwa hasil pengelasan GTAW lebih tinggi dibandingkan pengelasan SMAW dengan selisih tegangan tarik maksimum sebesar 6,62 N/mm² (6,62MPa), selisih tegangan yield adalah 17,83 N/mm² (17,83MPa) lebih tinggi pengelasan GTAW serta pada elongasi pengelasan GTAW lebih tinggi dengan selisih 2,09% dibandingkan pengelasan SMAW.

Telah dilakukan juga penelitian mengenai pengaruh variasi sudut kampuh dan kuat arus pada sambungan logam aluminium – Mg 5083 terhadap kekuatan tarik

hasil pengelasan TIG. Dari hasil penelitian yang dilakukan pada pengelasan aluminium – magnesium 5083 dengan menggunakan variasi sudut kampuh v tunggal 70°, 80° dan 90° dan variasi kuat arus 100 A, 125 A dan 150 A, diperoleh hasil kekuatan tarik tertinggi yaitu 135,04 Mpa pada variasi sudut kampuh 90° dan kuat arus 100 A (Aljufri, 2008).

Berdasarkan dari referensi dan uraian di atas, penulis tertarik untuk melakukan penelitian tentang pengelasan *gas tungsten arc welding* (GTAW) atau *tungsten inert gas* (TIG) untuk pengelasan baja karbon rendah ST 37 dengan variasi kampuh yang berbeda.

B. Tujuan Penelitian

Tujuan dari diadakannya penelitian ini adalah

1. untuk mengetahui kekuatan tarik hasil pengelasan *Tungsten Inert Gas* (TIG).
2. untuk mengetahui jenis kampuh yang baik dari hasil pengelasan *Tungsten Inert Gas* (TIG) pada baja karbon rendah ST 37

C. Batasan Masalah

Permasalahan yang dibahas pada penelitian ini hanya dibatasi dalam beberapa hal sebagai berikut :

1. Jenis pengelasan yang digunakan adalah las *Tungsten Inert Gas* (TIG) atau *Gas Tungsten Arc Welding* (GTAW)
2. Jenis material yang digunakan adalah baja karbon rendah ST 37
3. Posisi pengelasan adalah mendatar atau pengelasan di bawah tangan

4. Jenis sambungan yang digunakan adalah sambungan las tumpul (*butt weld joint*)
5. Alur kampuh yang digunakan pada pengelasan ini adalah V tunggal, V ganda (X) dan tirus tunggal
6. Pengujian dilakukan dengan uji tarik untuk mengetahui kekuatan hasil dari sambungan las dengan dimensi spesimen uji sesuai standar ASTM E – 8 dan pengambilan foto mikro untuk mengetahui struktur mikro pada daerah hasil pengelasan.

D. Sistematika Penulisan

Sistematika laporan penelitian ini adalah sebagai berikut :

I. PENDAHULUAN

Berisikan tentang latar belakang masalah yang diambil, tujuan, batasan masalah dan sistematika penulisan laporan penelitian.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Berisikan tentang teori-teori yang berhubungan dan mendukung pembahasan tentang masalah yang diambil.

III. METODOLOGI PENELITIAN

Berisikan tentang metode-metode yang dilakukan penulis dalam melakukan pengumpulan informasi, tempat dan waktu penelitian dan menerangkan tentang alur penelitian serta bagaimana proses pengambilan data yang dilakukan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisikan tentang data pengamatan yang diperoleh, hasil analisa dan pembahasan.

V. SIMPULAN DAN SARAN

Berisikan simpulan yang diperoleh dari hasil perhitungan dan pembahasan serta saran yang dapat diberikan kepada penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

Memuat referensi yang dipergunakan dalam menyelesaikan laporan penelitian.

LAMPIRAN

Berisikan data-data lainnya yang mendukung laporan penelitian.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. 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, oleh karena itu baja ini dikelompokkan berdasarkan kadar karbonnya. Baja karbon rendah adalah baja dengan kadar karbon kurang dari 0,3%, baja karbon sedang mengandung kadar karbon 0,3% - 0,6% dan baja karbon tinggi mengandung kadar karbon 0,6% - 1,7%. Bila kadar karbon naik, maka kekuatan dan kekerasannya juga bertambah tinggi tetapi perpanjangannya menurun (Wiryo Sumarto, 2000).

1. Baja Karbon Rendah

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 jenis *cold roll steel* dengan kandungan karbon 0,08% - 0,3% yang biasa digunakan untuk body kendaraan (Sack, 1997).

2. Baja Karbon sedang

Baja karbon sedang merupakan baja yang memiliki kandungan karbon 0,3% - 0,6%. Baja karbon sedang memiliki kekuatan yang lebih baik dari baja karbon rendah dan memiliki kualitas perlakuan panas yang tinggi, tidak mudah dibentuk oleh mesin, lebih sulit dilakukan untuk pengelasan dan dapat

dikeraskan dengan baik. Baja karbon sedang banyak digunakan untuk poros, rel kereta api, roda gigi, pegas, baut, komponen mesin yang membutuhkan kekuatan tinggi dan lain – lain (Sack, 1997).

3. Baja Karbon Tinggi

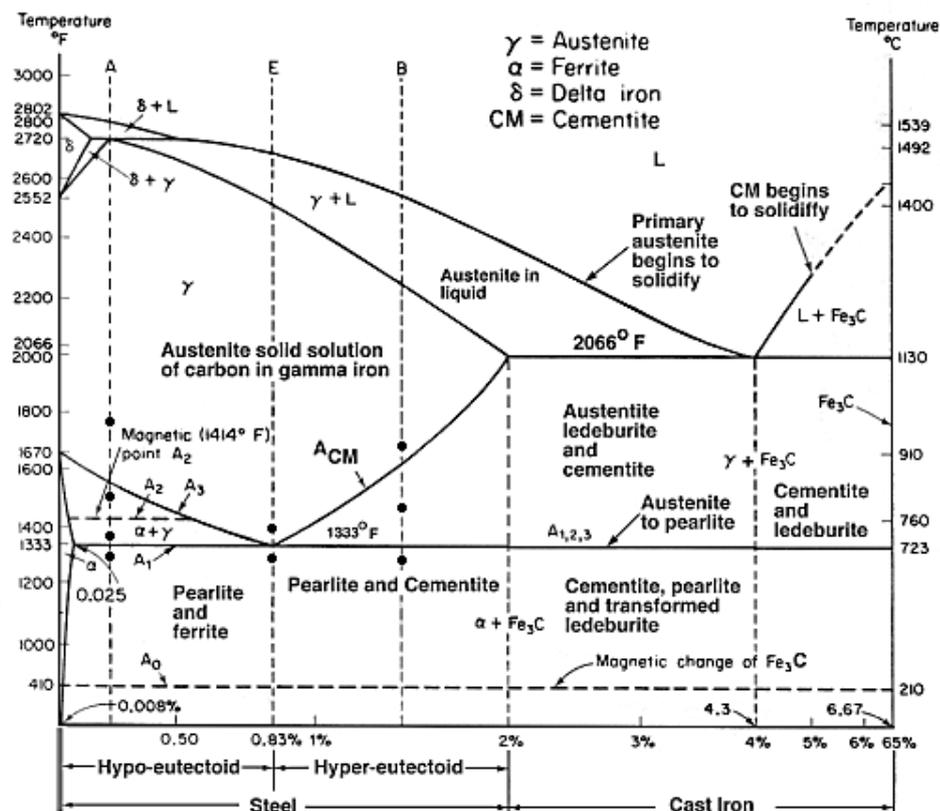
Baja karbon tinggi memiliki kandungan karbon paling tinggi jika dibandingkan dengan baja karbon rendah dan baja karbon sedang, yakni memiliki kandungan karbon 0,6% - 1,7%. Pada umumnya, baja karbon tinggi lebih sukar dalam proses pengelasan jika dibandingkan dengan baja karbon rendah dan sedang, karena keuletan yang berkurang dan sukar dibentuk (Sack, 1997).

Tabel 1. Klasifikasi Baja Karbon (Wirjosumarto, 2000).

Jenis	Kadar Karbon (%)	Kek. Luluh (Kg/mm ²)	Kek. Tarik (Kg/mm ²)	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
Baja Sangat Keras	0,6–0,8	36–47	36 - 47	180 – 235	Kawat Piano

B. Struktur Mikro Baja karbon

Siklus *thermal* akan terjadi pada saat dilakukannya proses pengelasan baja karbon. Siklus *thermal* adalah proses pemanasan dan pendinginan yang terjadi di daerah pengelasan. Pada gambar menunjukkan diagram fasa baja karbon yang menampilkan hubungan antara temperatur dengan perubahan fasa selama proses pemanasan dan pendinginan yang lambat (Wiryo Sumarto, 2000).



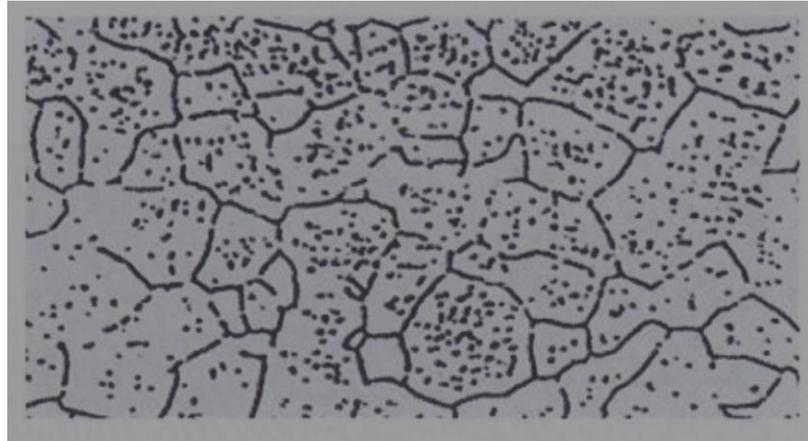
Gambar 1. Diagram fasa baja karbon

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

1. Ferrit

Fasa *ferrit* memiliki bentuk sel satuan BCC, fasa ini terbentuk pada proses pendinginan yang lambat dari *austenite* baja *hipoeutektoid* (baja dengan

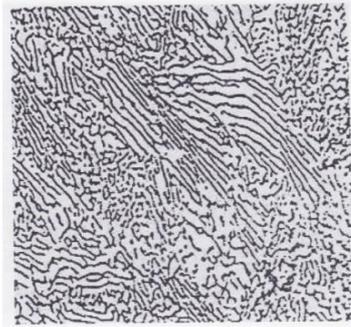
kandungan karbon $< 0,8\%$) yang bersifat lunak, ulet dan memiliki kekerasan (70 – 100) BHN dan konduktivitas thermalnya tinggi. Jika *austenite* didinginkan di bawah A3, *austenite* yang memiliki kadar karbon yang sangat rendah akan bertransformasi menjadi *ferrit* yang memiliki kelarutan karbon maksimum sekitar 0,025% pada temperature 523°C



Gambar 2. Struktur mikro *ferrit* (Suratman,1994)

2. *Perlit*

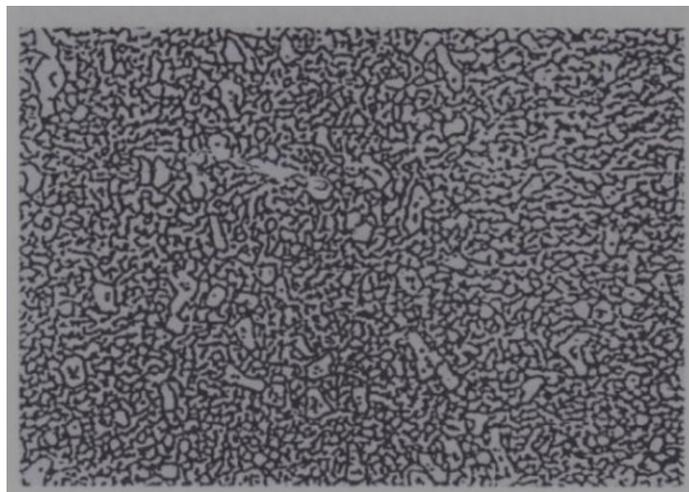
Perlit merupakan campuran *ferrit* dan *cementit* yang berlapis dalam suatu struktur butir. Fasa *perlit* memiliki nilai kekerasan (10 – 30) HRC. Pada pendinginan lambat, menghasilkan struktur *perlit* kasar, sedangkan pada pendinginan yang cepat menghasilkan struktur *perlit* yang halus. Baja yang memiliki struktur *perlit* kasar kekuatannya lebih rendah jika dibandingkan dengan baja yang memiliki struktur *perlit* halus. Pada baja *hypoeutectoid*, struktur mikro baja akan terdiri dari daerah – daerah perlit yang dikelilingi oleh *ferrit*. Sedangkan pada baja *hypereutectoid*, pada saat didinginkan dari austenitnya, sejumlah *proeutectoid* akan terbentuk sebelum perlit tumbuh dibekas batas butir austenite.



Gambar 3. Struktur mikro *perlit* (Suratman,1994)

3. *Cementit*

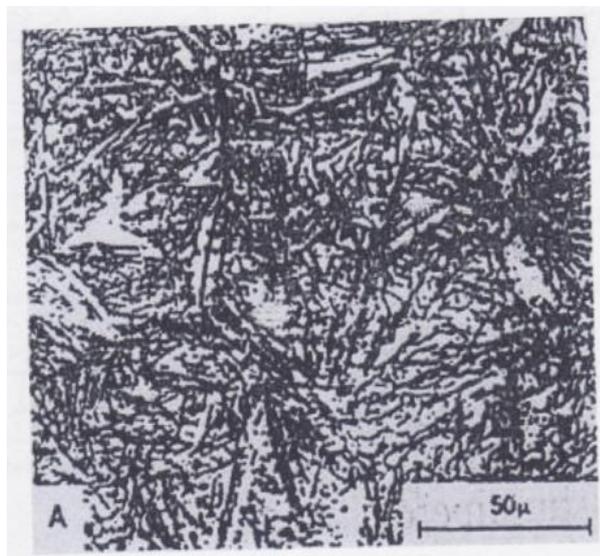
Cementit merupakan senyawa besi dengan karbon, *cementit* umumnya dikenal sebagai karbida besi dengan rumus kimia Fe_3C , fasa ini memiliki bentuk sel satuan *ortorombik* dan bersifat keras (65 – 68) HRC. Pada struktur hasil anil karbida tersebut, akan berbentuk bulat dan tertanam dalam matrik *ferrit* yang lunak dan dapat berfungsi sebagai pemotong geram, sehingga dapat meningkatkan mampu mesin dari baja yang bersangkutan. Keberadaan karbida pada baja yang dikeraskan terutama HH dan baja *cold work* dapat meningkatkan ketahanan aus.



Gambar 4. Struktur mikro *cementit* (Suratman,1994)

4. *Martensit*

Martensit terbentuk dari pendinginan cepat dari fasa *austenite*, sehingga mengakibatkan sel satuan FCC bertransformasi secara cepat menjadi BCC, unsur karbon yang larut dalam BCC terperangkap dan tetap berada dalam sel satuan itu. Hal tersebut menyebabkan terjadinya distorsi sel satuan, sehingga sel satuan BCC berubah menjadi BCT. Struktur mikro *martensit* berbentuk seperti jarum – jarum halus, bersifat keras (20 – 67) HRC dan getas. Dalam paduan besi karbon dan baja, *austenite* merupakan fasa induk dan bertransformasi menjadi *martensit* pada saat pendinginan. Transformasi *martensit* berlangsung tanpa difusi, sehingga komposisi yang dimiliki oleh *martensit* sama dengan komposisi *austenite*, sesuai dengan komposisi paduannya, sel satuan *martensit* adalah BCT (*Body Centra Tetragonal*). Pembentukan *martensit* berbeda dengan pembentukan *perlit* dan *bainit* dan secara umum tidak tergantung pada waktu.



Gambar 5. Struktur mikro *martensit* (Suratman,1994)

5. *Austenite*

Struktur mikro *austenite* memiliki bentuk sel satuan FCC yang mengandung unsur karbon hingga 1,7%. 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. Pengelasan

Berdasarkan definisi dari *American Welding Society* (AWS) pengelasan adalah proses penyambungan logam atau non logam yang dilakukan dengan memanaskan material yang akan disambung hingga temperatur las, yang dilakukan dengan atau tanpa menggunakan tekanan dan dengan atau tanpa menggunakan logam pengisi. Definisi tersebut dapat diartikan lebih lanjut bahwa pengelasan adalah suatu aktifitas menyambung dua bagian benda atau lebih dengan atau tanpa bahan tambah (*filler metal*) yang sama ataupun berbeda titik maupun strukturnya (Alip, 1989).

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

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

2. Sambungan las dapat lebih kuat daripada metal induknya, jika logam pengisi yang digunakan memiliki sifat – sifat kekuatan yang tinggi dari metal 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.

D. Jenis – Jenis Pengelasan

Berdasarkan cara yang digunakan, pengelasan yang banyak digunakan saat ini adalah pengelasan cair dengan busur dan gas, diantaranya : (Wiryosumarto, 2000)

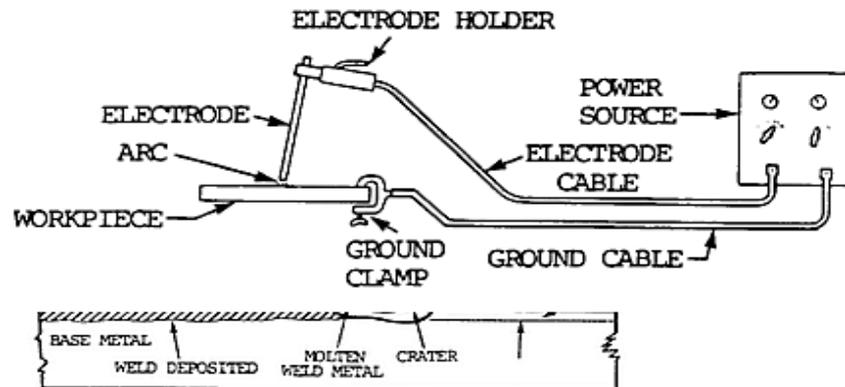
1. Las Busur Logam Gas (*Gas Metal Arc Welding/MIG*).

GMAW merupakan proses pengelasan dimana sumber panas berasal dari busur listrik antara elektroda yang sekaligus berfungsi sebagai logam yang terumpan

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

Las SMAW merupakan proses pengelasan dimana panas yang dihasilkan berasal dari busur listrik antar 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 (100 – 500 A) dan potensial yang rendah (10 – 50 V). Selama pengelasan, fluks mencair dan membentuk terak 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.



Gambar 6. Las SMAW (navale-engineering.blogspot.com)

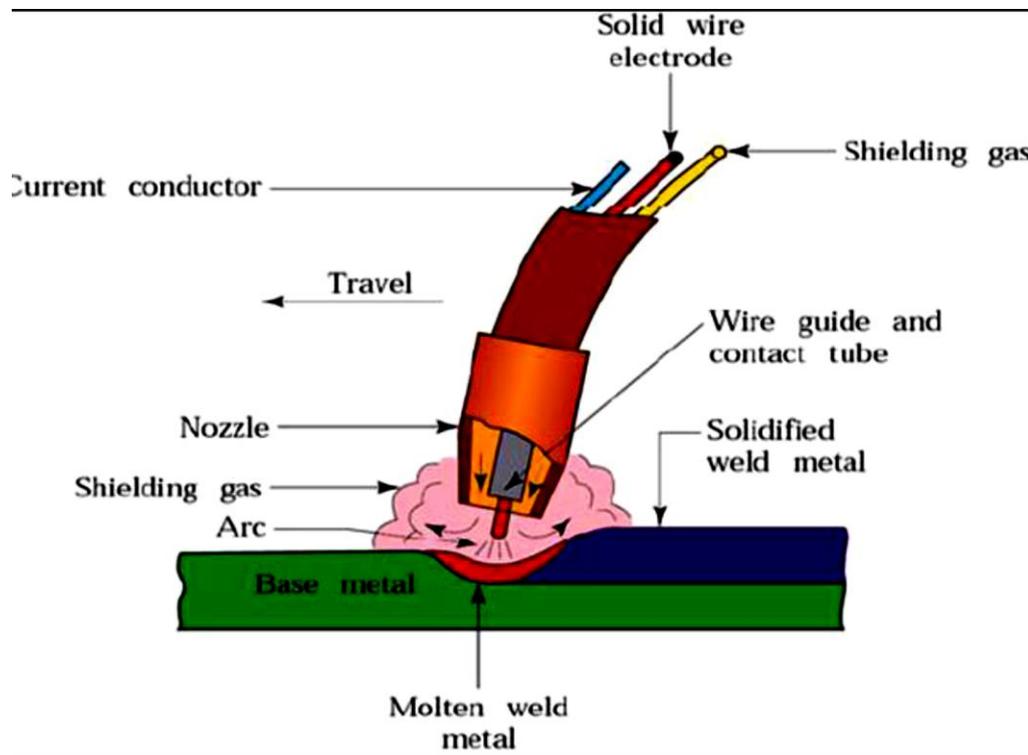
3. Las Busur Rendam (*Submerged Arc Welding/SAW*)

Las busur rendam merupakan 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.

4. Las Terak Listrik (*Electroslag Welding*)

Las terak listrik merupakan proses pengelasan dimana energi panas untuk melelehkan logam dan logam pengisi (*filler*) berasal dari terak yang berfungsi sebagai tahanan listrik ketika terak tersebut dialiri 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 plat yang didinginkan dengan air.

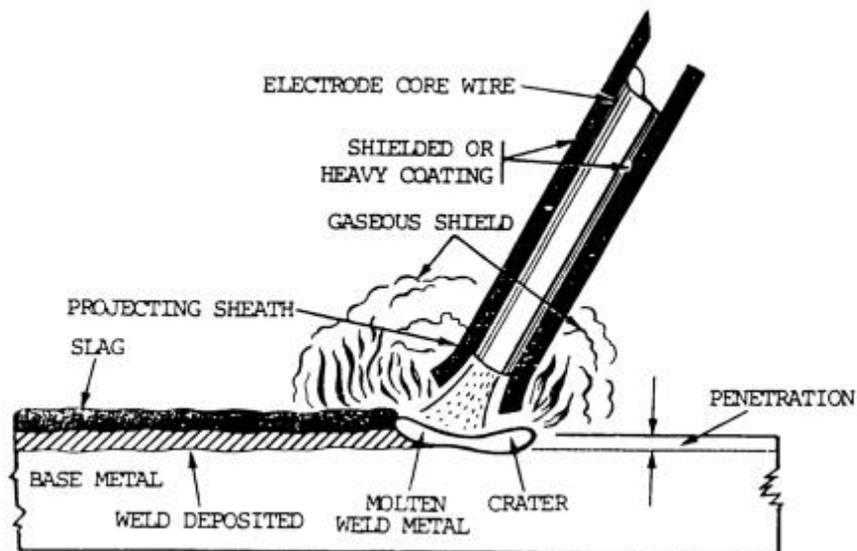
(*filler*) dan logam yang dilas. Las ini disebut juga *metal inert gas* (MIG), karena menggunakan gas mulia seperti argon dan helium sebagai pelindung busur dan logam cair.



Gambar 7. Skema Las MIG

5. Las Busur Listrik

Las busur listrik adalah cara pengelasan dengan menggunakan busur nyala listrik sebagai sumber panas untuk mencairkan logam. Klasifikasi las busur listrik yang digunakan hingga saat ini dalam proses pengelasan adalah las elektroda terbungkus. 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 dengan mudah mencairkan kedua logam tersebut.



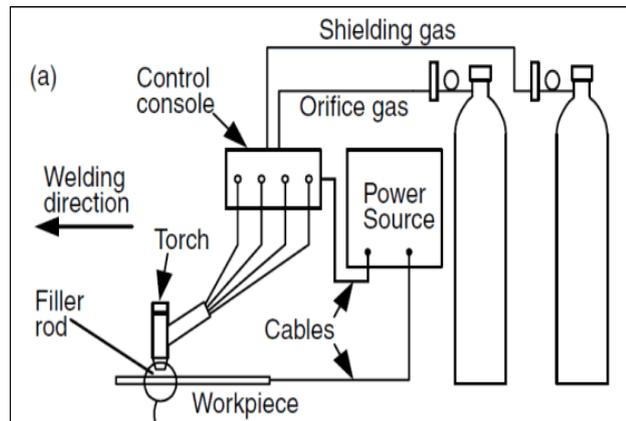
Gambar 8. Las Busur Listrik (Pabrikasilogam.wordpress.com)

Proses pemindahan logam cair 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 berguna sebagai zat pelindung yang sewaktu pengelasan ikut mencair. Tetapi, karena berat jenisnya lebih ringan dari bahan logam yang dicairkan, maka cairan fluks tersebut mengapung di atas cairan logam dan membentuk terak sebagai penghalang oksidasi.

6. Las Oksi Asetilen (*Oxyacetylene Welding*)

Pada las *Oxyacetylene*, panas dihasilkan dari reaksi pembakaran antar gas *acetylene* dan oksigen. Nyala yang dihasilkan terdiri dari dua daerah/zona, yaitu : daerah pembakaran primer (*primary combustion*) dan daerah pembakaran sekunder. Pada daerah pembakaran primer, menghasilkan panas

sekitar 1/3 dari total panas pembakaran sempurna. Sedangkan pada daerah pembakaran sekunder, terjadi setelah pembakaran primer berlangsung.



Gambar 9. Las Oksi Asetilen (Technopress80.wordpress.com)

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

GTAW merupakan proses pengelasan dimana sumber panas berasal dari loncatan busur listrik antara elektroda yang terbuat dari *wolfram/tungsten* dan logam yang dilas. Pada pengelasan ini, logam induk tidak ikut terumpan. Untuk melindungi elektroda dan daerah las, digunakan gas mulia (argon atau helium). Sumber arus yang digunakan bisa AC (arus bolak – balik) ataupun DC (arus searah).

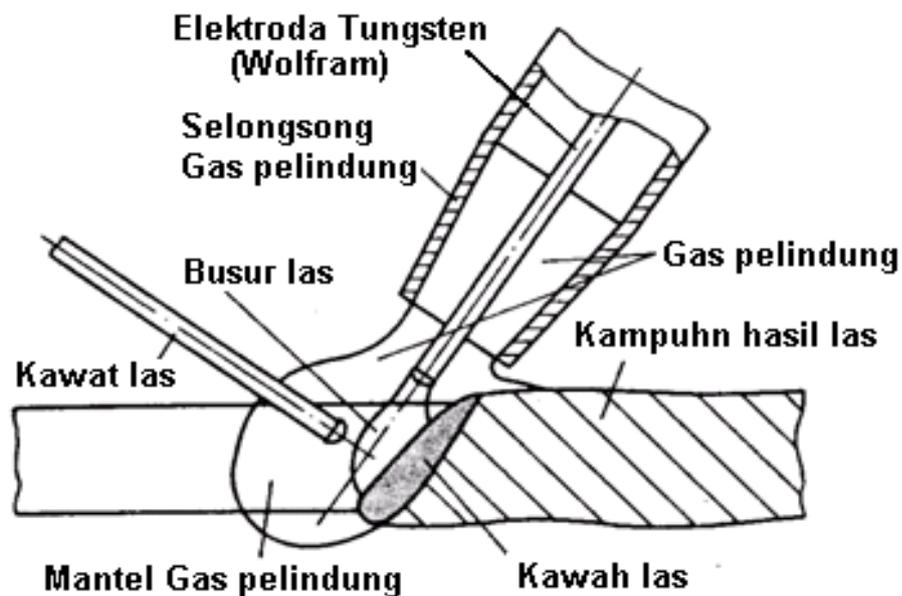
8. Pengelasan Gesek (*Friction Stir Welding*)

Friction Stir Welding merupakan proses penyambungan logam dengan memanfaatkan energi panas yang diakibatkan oleh gesekan antara dua material.

E. *Gas Tungsten Arc Welding (GTAW)* atau *Tungsten Inert Gas (TIG)*

Tungsten Inert Gas (TIG) adalah suatu proses pengelasan dengan menggunakan busur nyala yang dihasilkan oleh elektroda tetap yang terbuat dari *tungsten*.

Elektroda ini digunakan hanya untuk menghasilkan busur nyala listrik, sedangkan bahan penambah terbuat dari bahan yang sama atau sejenis dengan bahan yang akan dilas dan terpisah dari pistol las. Bahan penambah pada las TIG, berupa batang las (*rod*) yang dicairkan oleh busur nyala tersebut dan mengisi kampuh bahan induk. Gas pelindung yang digunakan dalam pengelasan biasanya berupa gas kekal (99% Argon). Las TIG dapat menjangkau proses pengelasan yang luas dan mempunyai kemampuan yang tinggi untuk menyatukan logam, serta dapat pula mengelas pada segala posisi pengelasan dengan kepadatan yang tinggi. Daya busurnya tidak bergantung pada bahan tambah yang diperlukan, sehingga las TIG dimungkinkan dipakai untuk mengelas berbagai jenis logam. Las TIG dapat digunakan dengan atau tanpa bahan penambah. Jenis las ini menghasilkan sambungan yang bermutu tinggi dengan peralatan yang relatif lebih murah (Sriwidharto, 2006)



Gambar 10. Skema pengelasan *Tungsten Inert Gas* (Tim Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, 2013)

F. Prinsip Kerja Las *Tungsten Inert Gas*

Prinsip kerja las TIG/GTAW adalah dengan menggunakan gas lindung untuk mencegah terjadinya oksidasi pada bahan las yang panas. Untuk menghasilkan busur nyala, digunakan elektroda yang tidak terkonsumsi terbuat dari logam *tungsten* atau paduannya yang memiliki 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 dilakukan, hanya jika dirasa perlu sebagai logam penambah. Pencairan kawat las dilaksanakan di ujung kolam las saat proses pengelasan berjalan. Ada empat komponen utama dari las TIG, yaitu : obor (*torch*), elektroda tidak terkonsumsi (*tungsten*), sumber arus las dan gas pelindung. Jika dibandingkan dengan pengelasan yang lain, las *Tungsten Inert Gas* (TIG) atau *Gas Tungsten Arc Welding* (GTAW) memiliki kelebihan dan kekurangan. Adapun kelebihan dari las TIG ini adalah sebagai berikut : (Sriwidharto, 2006)

1. Menghasilkan sambungan bermutu tinggi, biasanya bebas cacat
2. Bebas dari terbentuknya percikan las (*spatter*)
3. Dapat digunakan dengan atau bahan tambahan (*filler metal*)
4. Penetrasi (penembusan) 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 dengan metal yang berbeda
9. Memungkinkan pengendalian mandiri sumber panas maupun penambahan *filler* metal

Adapun kekurangan dari las TIG adalah sebagai berikut : (Sriwidharto, 2006)

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

G. Parameter Pengelasan *Tungsten Inert Gas* (TIG)

Parameter utama pada pengelasan TIG adalah 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 dibandingkan dengan gas argon.

1. Pengumpanan Kawat Las

Cara pengumpanan kawat las ke dalam kolam las, menentukan jumlah lajur yang terproduksi dan tampak luarnya. Pada mesin las TIG/GTAW yang

otomatis, kecepatan pengumpanan kawat las menentukan bahan tambahan las yang terdeposisi per satuan panjang sambungan las. Mengurangi kecepatan pengumpanan akan memperdalam penetrasi dan meratakan bentuk permukaan lajur las. Pengumpanan kawat las yang terlalu lambat, cenderung akan menghasilkan luluh pada sisi kampuh (*undercut*), retak sumbu lajur dan kekurangan pengisian (*lack of joint fill*). Pengumpanan yang cepat akan menghasilkan penetrasi yang dangkal dan menyebabkan bentuk lajur cembung (*convex*) (Sriwidharto, 2006).

Tabel 2. Variabel Pengelasan TIG Untuk Baja Karbon (Heri Sunaryo, 2008)

Diameter Elektroda (mm)	Arus Las			
	AC		Elektroda Negatif	Elektroda 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

2. Kecepatan Pengelasan (*Travel Speed*)

Kecepatan pengelasan mempengaruhi lebar lajur las dan kedalaman penetrasi pada pengelasan TIG, hal ini 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. 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, sedangkan variabel lainnya seperti arus dan tegangan dapat diatur sesuai dengan kebutuhan.

3. Tegangan Busur

Tegangan yang diukur antara elektroda dengan bahan induknya biasanya disebut tegangan busur. Tegangan busur ini sangat tergantung pada beberapa hal, diantaranya : arus busur, bentuk ujung elektroda *tungsten*, jarak antara elektroda *tungsten* dengan bahan induk dan jenis gas pelindung. Tegangan arus dipengaruhi oleh variabel lainnya dan digunakan untuk menjelaskan prosedur las karena mudah diukur. Dikarenakan 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 TIG/GTAW kecuali pengelasan pada plat tipis (*sheet*), busur listrik harus dipertahankan sependek mungkin, oleh karena itu juru las harus selalu waspada agar ujung elektroda pengumpanan tercelup ke dalam 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*).

4. 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. Pada las 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.

5. Penentuan Penggunaan Arus AC dan 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, digunakan arus AC (*Alternating Current*) dan DCEP (*Direct Current Electrode Positive*). 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. 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. Untuk jenis logam dan jenis arus yang mungkin digunakan di dalam pengelasan gas *tungsten*, dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 3. Logam dan Jenis Arus Untuk Pengelasan TIG (Althouse, 1984)

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 (<i>dissimilar metals</i>)	S	J	B
Permukaan keras (<i>hard facing</i>)	B	J	S
Baja paduan tinggi	S	J	B
Baja karbon tinggi	S	J	B
Baja karbon sedang	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			

H. Jenis – Jenis Cacat Pada Pengelasan

Cacat las merupakan keadaan yang mengakibatkan turunnya kualitas hasil dari lasan. Cacat yang terjadi pada umumnya mempengaruhi nilai kekuatan dari sambungan las, sehingga hasil yang didapat tidak sesuai dengan nilai konstruksi yang diinginkan. Adapun jenis – jenis cacat las yang terdapat pada konstruksi pengelasan adalah sebagai berikut : (Salmon, 1992)

1. Retak

Jenis cacat ini dapat terjadi pada logam las, daerah HAZ atau pada logam induk. Retak las dibagi menjadi dua jenis, yaitu retak panas dan retak dingin. Retak panas terjadi karena pembebasan tegangan pada daerah kaki di dalam daerah pengaruh panas. Retak panas biasanya berbentuk kawah dan memanjang. Sedangkan retak dingin terjadi karena penyusutan logam yang diakibatkan proses pendinginan.

2. *Void* (Porositas)

Porositas merupakan cacat las berupa lubang – lubang halus atau pori – pori yang terbentuk di dalam logam las akibat terperangkapnya udara yang terjadi ketika proses pengelasan

3. Peleburan tidak sempurna

Cacat ini terjadi karena logam induk dan logam las yang berdekatan tidak melebur bersama secara menyeluruh. Hal ini dapat terjadi jika permukaan yang disambung tidak dibersihkan dengan baik. Penyebab lain dari cacat ini adalah penggunaan alat las tidak memadai, sehingga logam dasar tidak mencapai titik lebur dengan sempurna.

4. Kurang penetrasi

Penetrasi kampuh yang tidak memadai adalah keadaan dimana kedalaman las kurang dari tinggi alur yang ditetapkan. Cacat ini terutama berkaitan dengan las dengan sambungan tumpul yang terjadi akibat perencanaan alur yang tidak sesuai dengan proses pengelasan yang dipilih, elektroda yang terlalu besar, arus listrik yang tidak memadai dan laju pengelasan yang terlalu cepat.

5. Bentuk yang tidak sempurna

Jenis cacat ini memberikan geometri sambungan las yang tidak baik, seperti : *undercut*, *underfill*, *overlap*, *excessive reinforcement* dan lain – lain. Morfologi geometri dari cacat ini biasanya bervariasi. Hal ini terjadi karena pengerukan pada benda kerja atau konstruksi yang termakan oleh las, sehingga benda kerja tadi berkurang kekuatannya, meskipun sebelumnya telah dilakukan pengelasan.

I. Pemilihan Sambungan Las

Ada banyak faktor yang harus dipertimbangkan dalam merencanakan sebuah sambungan las, diantaranya kekuatan sambungan dan kemampuan juru las untuk mengerjakan sambungan tersebut. Desain sambungan harus mampu mengakomodasi persyaratan – persyaratan dengan cara yang paling ekonomis. Beberapa faktor yang harus direncanakan dalam pemilihan sambungan adalah sebagai berikut : (Heri Sonawan, 2003)

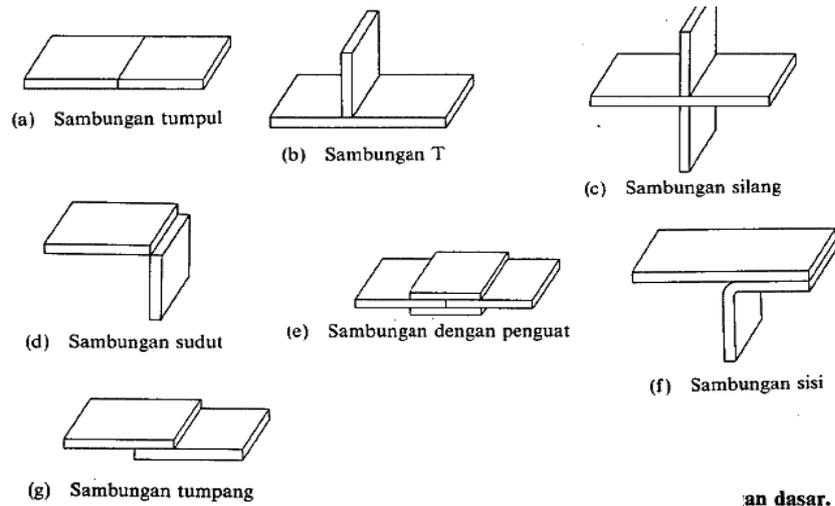
1. Sambungan las harus dirancang sedemikian rupa, sehingga luas penampang sambungan seminimum mungkin. Luas penampang sambungan las merupakan

sebuah ukuran dari jumlah logam las yang dibutuhkan untuk membuat sambungan las.

2. Dalam persiapan pembuatan kampuh, rancangan sambungan dan ketebalan pelat akan menentukan jenis perkakas dan peralatan yang dibutuhkan.
3. Rancangan sambungan harus terkait dengan proses pengelasan yang akan dipakai dan posisi pengelasan juga harus ikut dipertimbangkan.
4. Luas penampang logam las merupakan luas dari kampuh yang terisi oleh logam las. Luas logam las yang kecil, berarti bagian kampuh yang terisi logam las hanya memerlukan sedikit logam tambahan. Demikian juga dengan luas penampang logam las yang besar berarti bagian kampuh yang terisi logam las lebih banyak.

J. Jenis Sambungan Las

Penyambungan dalam pengelasan diperlukan untuk meneruskan beban atau tegangan diantara bagian – bagian yang disambung. Oleh karena itu, sambungan las paling tidak juga memiliki kekuatan yang sama dengan bagian yang disambung. Untuk menyambung dua komponen logam diperlukan berbagai jenis kampuh sambungan. Pada kampuh ini selanjutnya logam tambahan diberikan sehingga terdapat kesatuan antara komponen – komponen yang disambung. Sambungan las pada konstruksi baja pada dasarnya dibagi dalam sambungan tumpul, sambungan T, sambungan sudut dan sambungan tumpang seperti dijelaskan pada gambar berikut :



Gambar 11. Jenis Sambungan Las (Wiryo Sumarto, 2000).

Sebagai perkembangan sambungan dasar tersebut di atas terjadi sambungan silang, sambungan penguat dan sambungan sisi. Jenis sambungan tergantung dari berbagai faktor seperti ukuran dan bentuk batang yang akan membentuk sambungan, tipe pembebanan, besarnya luas sambungan yang akan dilas dan biaya relatif untuk berbagai macam sambungan las. Ada lima jenis sambungan dasar dalam pengelasan, meskipun dalam prakteknya dapat ditemukan banyak variasi dan kombinasi diantaranya adalah:

1. Sambungan Tumpul (*Butt Joint*)

Sambungan tumpul adalah sambungan yang paling efisien. Bentuk alur sambungan ini sangat mempengaruhi efisiensi pengerjaan, efisiensi sambungan dan jaminan pengerjaan. Karena pemilihan alur sangat penting, dimana bentuk alur dan sambungan datar ini sudah banyak distandarkan dalam standar AWS, BN, DIN, GOST, JSSC dan lain – lain. Sambungan tumpul digunakan untuk menyambung ujung – ujung plat yang datar dengan ketebalan yang sama atau hampir sama, biasanya divariasikan pada alur atau kampuh. Jenis kampuh sambungan tumpul (*butt joint*) dapat dilihat pada gambar.

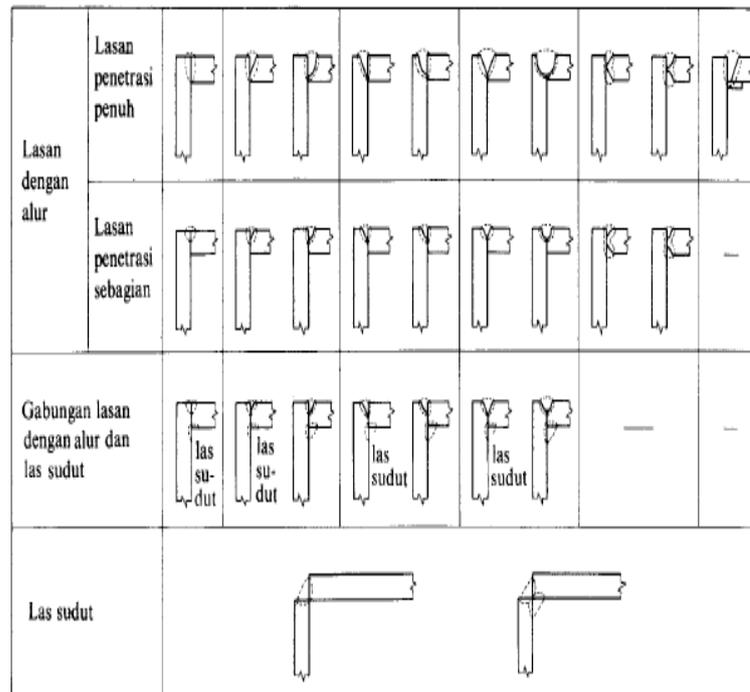
Jenis lasan Jenis alur	Lasan dengan alur		
	Lasan Penetrasi penuh tanpa pelat penahan	Lasan penetrasi penuh dengan pelat penahan	Lasan penetrasi sebagian
Persegi (I)			
V tunggal (V)			
Tirus tunggal (V)			
U tunggal (U)		—	
V ganda (X)		—	
Tirus ganda (K)		—	
U ganda (H) (DU)		—	
J tunggal (J)		—	
J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

Gambar 12. Jenis Sambungan Tumpul (Wiryosumarto, 2000).

2. Sambungan Sudut (*Corner Joint*)

Dalam sambungan ini dapat terjadi penyusutan dalam arah tebal plat yang dapat menyebabkan terjadinya retak lamel. Hal ini dapat dihindari dengan membuat alur pada plat tegak. Bila pengelasan tidak dapat dilakukan karena sempitnya ruang, maka pelaksanaannya dapat dilakukan dengan pengelasan tembus atau pengelasan dengan plat pembantu. Sambungan sudut digunakan

untuk membentuk penampang *box* segi empat terangkai seperti untuk balok baja yang membutuhkan ketahanan terhadap torsi yang tinggi. Sambungan sudut dijelaskan pada gambar berikut :



Gambar 13. Jenis Sambungan Sudut (WiryoSumarto, 2000).

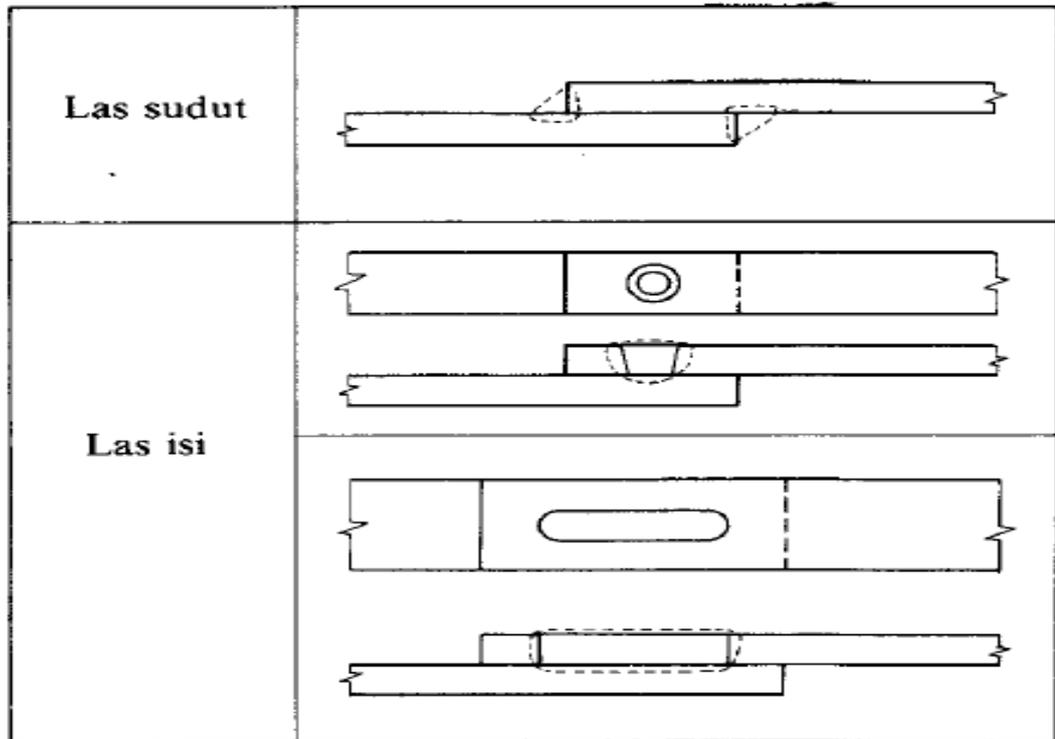
3. Sambungan Sisi (*Edge Point*)

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

4. Sambungan Tumpang (*Lap Joint*)

Sambungan tumpang merupakan sambungan yang jarang sekali digunakan dalam pelaksanaan sambungan konstruksi utama dikarenakan sambungan ini

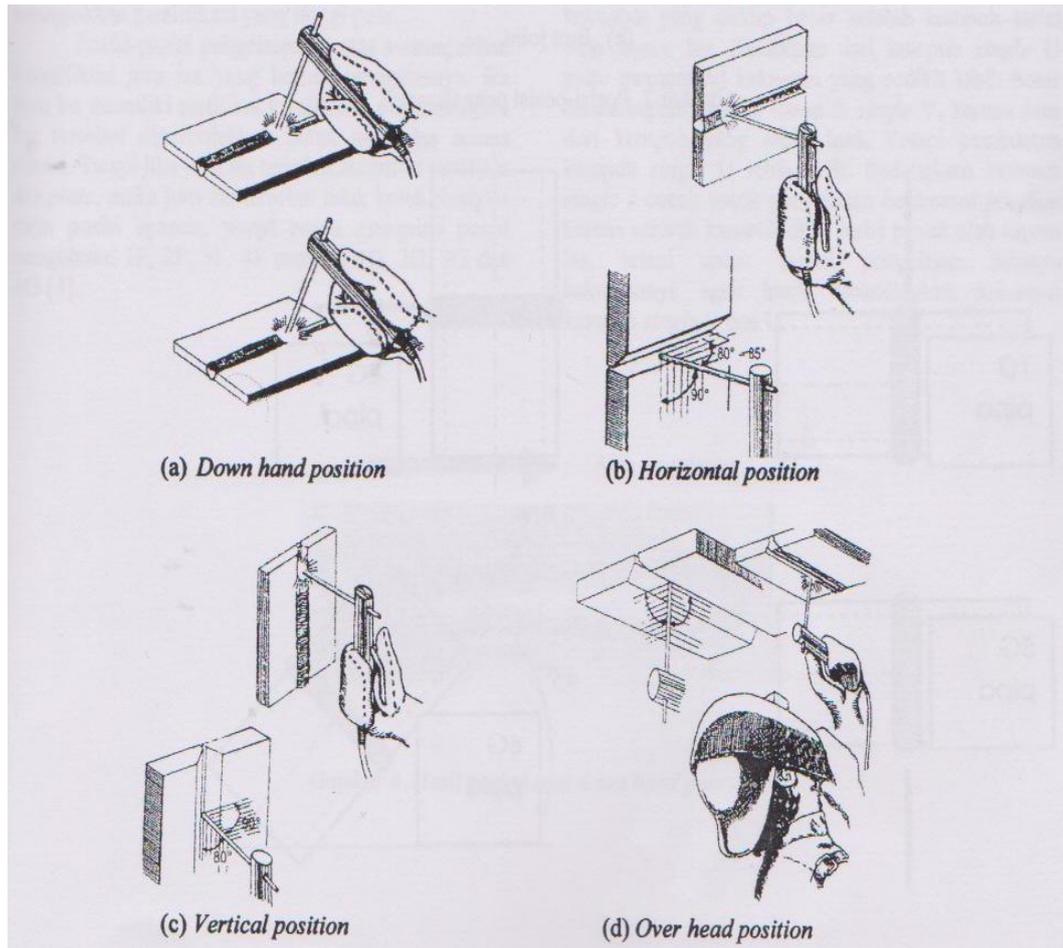
memiliki efisiensi yang rendah. Sambungan tumpang biasanya dilaksanakan dengan las sudut dan las sisi. Sambungan Tumpang (*Lap Joint*) biasanya digunakan untuk menyambung plat yang memiliki ketebalan berbeda, kelebihan sambungan ini adalah tidak membutuhkan kampuh atau alur.



Gambar 14. Sambungan Las Tumpang (WiryoSumarto, 2000).

K. Posisi Pengelasan

Posisi atau sikap pengelasan adalah pengaturan posisi atau letak gerakan elektroda las. Posisi pengelasan yang digunakan biasanya tergantung dari letak kampuh atau celah benda kerja yang akan dilas. Posisi – posisi pengelasan terdiri dari posisi pengelasan di bawah tangan (*down hand*), posisi pengelasan mendatar (*Horizontal*), posisi pengelasan tegak (*vertical*) dan posisi pengelasan di atas kepala (*over head*) (Bintoro, 2000).



Gambar 15. Posisi pengelasan (Bintoro, 2000).

1. Posisi Pengelasan di Bawah Tangan (*Down Hand*)

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

2. Posisi Pengelasan Mendatar (*Horizontal Position*)

Mengelas dengan posisi *horizontal* merupakan pengelasan yang arahnya mengikuti arah garis mendatar. Pada posisi pengelasan ini, kemiringan dan ayunan elektroda harus diperhatikan karena akan sangat mempengaruhi hasil pengelasan. Posisi benda kerja biasanya berdiri tegak atau agak miring sedikit

dari elektroda las. Pengelasan posisi mendatar sering digunakan untuk pengelasan benda – benda yang berdiri tegak.

3. Posisi Pengelasan Tegak (*Vertical Position*)

Mengelas dengan *vertical* merupakan pengelasan yang arahnya mengikuti arah garis tegak. Seperti pada pengelasan mendatar, pada pengelasan tegak (*vertical*), posisi benda kerja bisanya berdiri tegak atau agak miring sedikit, searah dengan gerak elektroda las yaitu naik dan turun.

4. Posisi Pengelasan di Atas Kepala (*Over Head*)

Pada posisi ini, benda kerja terletak di atas kepala *welder*, sehingga pengelasan dilakukan di atas kepala operator atau *welder*. Posisi ini lebih sulit dibandingkan dengan pengelasan – pengelasan yang lain. Posisi pengelasan ini dilakukan untuk pengelasan pada permukaan datar atau agak miring, tetapi posisinya di atas kepala, yaitu letak elektroda berada di bawah benda kerja (Bintoro, 2000).

L. Pengujian Tarik

Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui kekuatan tarik dari sambungan logam yang telah dilas. Karena mudah dilakukan dan menghasilkan tegangan seragam (*uniform*) pada penampang, serta pada umumnya sambungan logam yang telah dilas mempunyai kelemahan untuk menerima tegangan tarik. Kekuatan tarik sambungan las sangat dipengaruhi oleh sifat logam induk, daerah HAZ, sifat logam las, geometri serta distribusi tegangan dalam sambungan. Dalam pengujian, spesimen uji diberi beban dengan kenaikan beban sedikit demi sedikit hingga

spesimen uji tersebut patah, kemudian sifat – sifat tariknya dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut : (Wiryosumarto, 2000)

Tegangan :

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

Dimana : F = Beban Kg

A_0 = Luas mula dari penampang batang uji (mm^2)

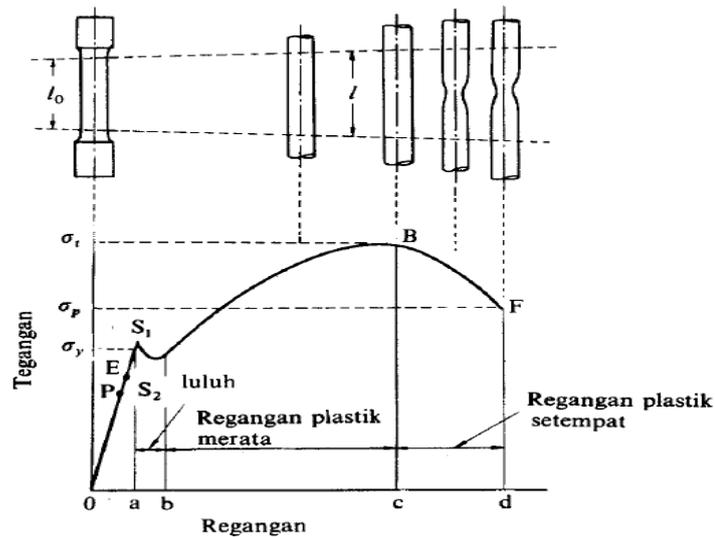
Regangan :

$$\varepsilon = \frac{L-L_0}{L_0} \times 100\%.....(2)$$

Dimana : L_0 = Panjang mula dari batang uji (mm)

L = Panjang batang uji yang telah diberi beban (mm)

Hubungan antara tegangan dan regangan dapat dilihat pada gambar. Titik P menunjukkan batas dimana hukum Hooke masih berlaku dan disebut batas proporsi dan titik E menunjukkan batas dimana bila beban diturunkan ke titik awal, maka tidak akan terjadi perpanjangan tetap pada batang uji. Kondisi ini disebut batas elastis. Titik E sukar ditentukan dengan tepat, oleh 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 disebut titik luluh bawah. Pada beberapa logam, batas luluh ini tidak terlihat dalam diagram tegangan – regangan dan dalam hal ini tegangan luluhnya ditentukan sebagai tegangan dan regangan sebesar 0,2%. Seperti ditunjukkan pada gambar berikut :



Gambar 16. Kurva Tegangan – Regangan (Wiryo Sumarto, 2000).

Uji tarik suatu material dapat dilakukan dengan menggunakan *universal testing machine* seperti pada gambar



Gambar 17. Mesin uji tarik (www.mesin uji tarik.com)

Benda uji dipasang dengan cara dijepit pada mesin uji tarik, kemudian beban statik dinaikkan secara bertahap sampai spesimen 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) dan keuletan sambungan las yang telah dilakukan pengujian tarik (Dowling, 1999).

M. Pengujian Struktur Mikro

Struktur bahan dalam orde kecil sering disebut dengan struktur mikro. Struktur ini tidak dapat dilihat secara langsung, tetapi harus dilihat dengan menggunakan alat pengamat struktur mikro. Pada penelitian ini alat pengamat struktur mikro yang digunakan adalah mikroskop cahaya. Alat uji mikro dapat dilihat pada gambar :



Gambar 18. Alat uji mikro (Mesin UB, 2014)

Persiapan yang dilakukan sebelum pengamatan adalah pemontingan spesimen, pengamplasan, pemolesan dan pengetsaan. Setelah dipilih, bahan uji diratakan kedua permukaannya dengan menggunakan mesin kikir dan amplas, proses perataan harus selalu terjaga agar tidak timbul panas yang mempengaruhi struktur mikro. Arah pengamplasan tiap tahap harus diubah, pengamplasan yang lama dan penuh kecermatan akan menghasilkan permukaan yang halus dan rata. Bahan yang telah halus dan rata itu selanjutnya diberi autosol untuk membersihkan noda yang menempel pada bahan. Langkah terakhir sebelum dilakukan struktur mikro

adalah dengan mencelupkan spesimen ke dalam larutan etsa dengan penjepit tahan karat dan permukaan menghadap ke atas. Kemudian spesimen dicuci dan dilihat struktur mikronya. 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.

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

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja karbon rendah ST 37. Material ini memiliki kandungan karbon di bawah 0,3%. Baja karbon rendah merupakan material yang baik untuk digunakan dalam proses pengelasan. Baja karbon rendah sering disebut dengan baja ringan (*mild steel*) atau baja perkakas. Jenis baja yang umum dan banyak digunakan adalah jenis *cold roll steel*. Baja karbon rendah juga banyak digunakan dalam konstruksi bangunan, jembatan dan lain sebagainya.

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 3,2 mm



Gambar 19. Elektroda *Tungsten*

2. Gergaji

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



Gambar 20. Gergaji

3. Mesin Las

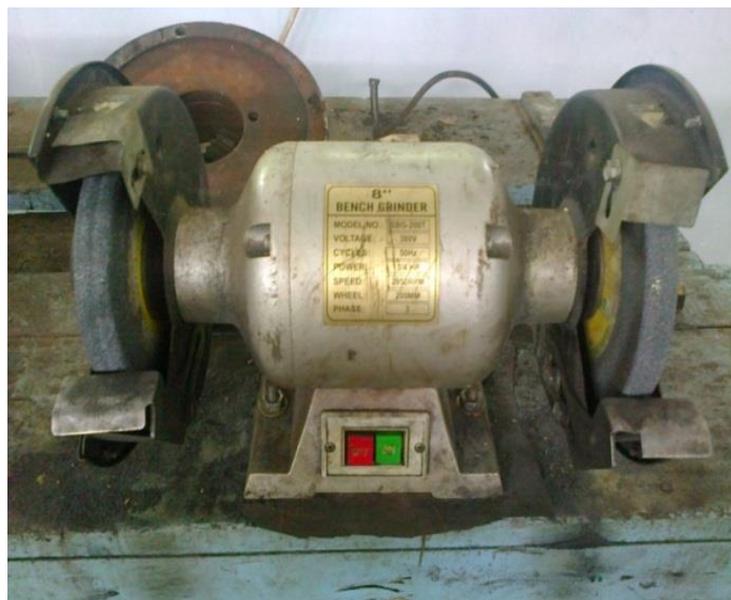
Mesin las yang dipakai adalah mesin las *tungsten inert gas* (TIG), digunakan untuk mengelas atau menyambung spesimen



Gambar 21. Mesin las TIG

4. Mesin Gerinda

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



Gambar 22. Gerinda

5. Mesin Skrap

Mesin skrap digunakan untuk membuat alur kampuh pada spesimen



Gambar 23. Mesin Skrap

6. Jangka Sorong

Jangka sorong digunakan dalam membaca ukuran spesimen yang akan dibuat



Gambar 24. Jangka Sorong

7. Mesin Amplas

Mesin amplas digunakan untuk menghaluskan permukaan spesimen dalam foto uji mikro



Gambar 25. Mesin amplas (*Grinder Polisher*)

8. Kamera

Kamera digunakan dalam pengambilan gambar hasil penelitian



Gambar 26. Kamera

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

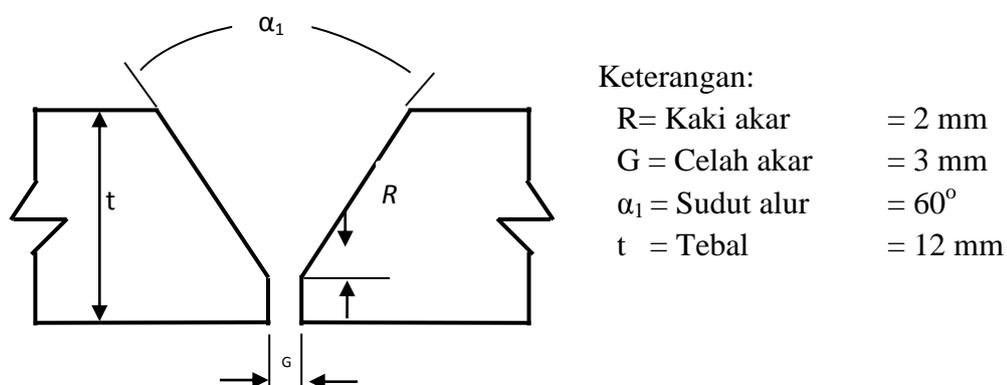
Material yang digunakan pada penelitian ini adalah baja karbon rendah ST 37 dengan ketebalan 12 mm.

b. Pemilihan Elektroda Las , Kecepatan dan Arus Pengelasan

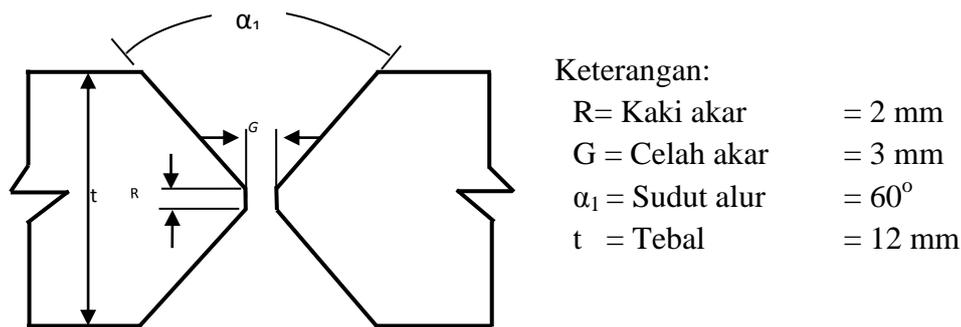
Elektroda yang digunakan pada penelitian ini adalah elektroda jenis *tungsten* (Ewth-2) dengan diameter 3,2 mm dan arus yang digunakan pada penelitian ini adalah arus searah DCEN (*direct current elektrode negative*) dengan besar arus tetap yaitu 200 *Ampere*.

c. Pembuatan Kampuh Las

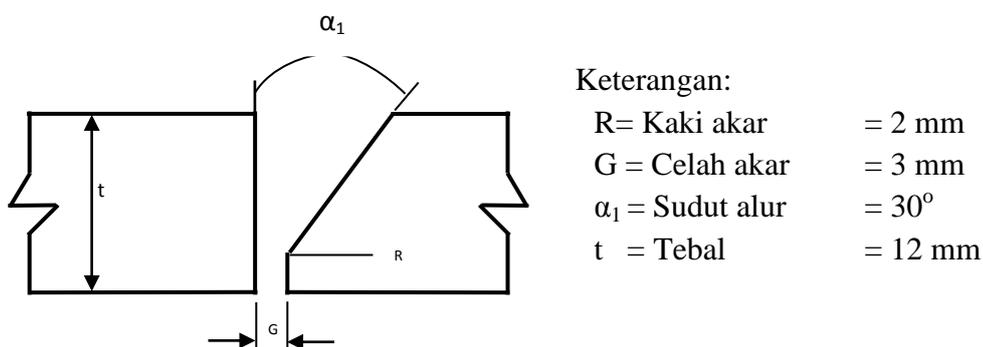
Jenis kampuh las yang digunakan dalam penelitian ini adalah sambungan las tumpul alur V tunggal, V ganda dan tirus tunggal seperti pada gambar berikut :



Gambar 27. Dimensi sambungan las tumpul dengan alur V tunggal



Gambar 28. Dimensi sambungan las tumpul dengan alur V ganda (X)



Gambar 29. Dimensi sambungan las tumpul dengan alur tirus tunggal

Ukuran alur kampuh diambil berdasarkan rekomendasi JSSC-1997 (*Japan Society Of Steel Construction*) tentang persiapan sisi untuk pengelasan baja.

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 baja dilas dengan las *Tungsten Inert Gas* (TIG) dengan prosedur dan cara pengelasan

yang sesuai serta berdasarkan parameter-parameter yang sudah ditentukan yaitu:

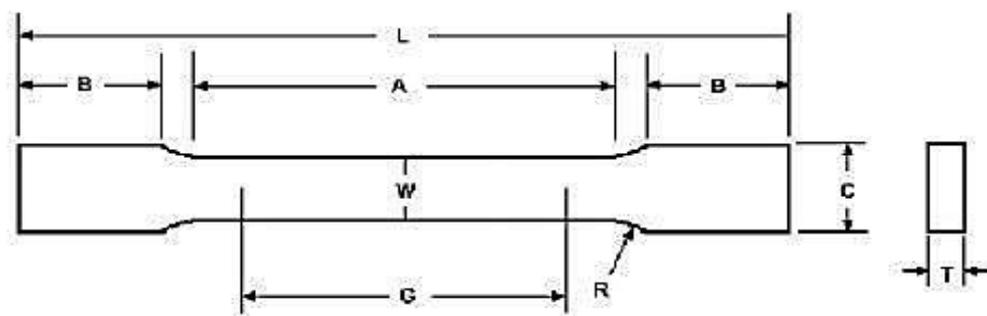
- a. Pengelasan kampuh V tunggal dengan arus 200 *Ampere*.
- b. Pengelasan kampuh V ganda dengan arus 200 *Ampere*.
- c. Pengelasan kampuh tirus tunggal dengan arus 200 *Ampere*.

Untuk tipe serta diameter logam pengisi (*filler metal*) pada pengelasan ini digunakan logam pengisi tipe ER 48S-7 dengan diameter 3,2 mm, berdasarkan standar AWS A5.18M.

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 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 diampelas 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 ampelas 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*

(σ_{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 pencekam grep pada *upper cross heat* dan mencekam pencekam 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 4. Contoh Tabel Data Kekuatan Tarik

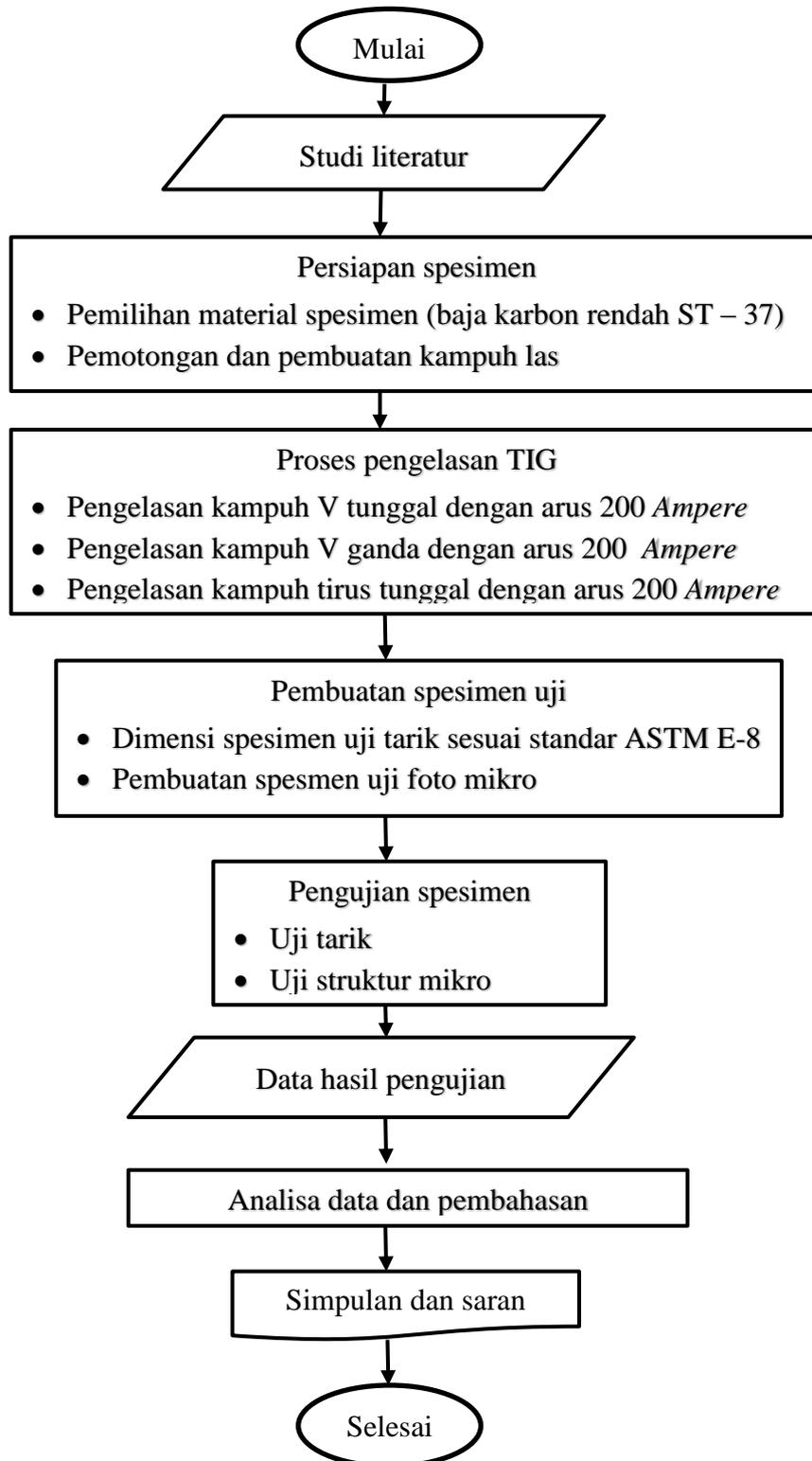
Material	Jenis Kampuh	Nomor Spesimen	Kekuatan Tarik (MPa)	Rata-Rata Kekuatan Tarik (MPa)
Baja Karbon Rendah ST - 37	V Tunggal	1.a		
		2.a		
		3.a		
	V Ganda	1.b		
		2.b		
		3.b		
	Tirus Tunggal	1.c		
		2.c		
		3,c		

Tabel 5. Contoh Tabel Regangan Tarik Material

Material	Jenis Kampuh	Nomor Spesimen	Regangan Tarik (%)	Rata-Rata Regangan Tarik (%)
Baja Karbon Rendah ST - 37	V Tunggal	1.a		
		2.a		
		3.a		
	V Ganda	1.b		
		2.b		
		3.b		
	Tirus Tunggal	1.c		
		2.c		
		3,c		

D. Alur Proses Penelitian

Alur proses penelitian ditunjukkan pada diagram alir berikut ini :



Gambar 31. Diagram alir penelitian

V. SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian tentang pengaruh variasi kampuh terhadap kekuatan tarik hasil pengelasan *tungsten inert gas* (TIG) pada baja karbon rendah ST 37 dapat diambil kesimpulan :

1. Dari hasil pengelasan TIG dengan variasi kampuh V tunggal, V ganda dan tirus tunggal menghasilkan kekuatan tarik yang berbeda. Kekuatan tarik tertinggi dihasilkan oleh jenis kampuh tirus tunggal dengan nilai rata – rata kekuatan tarik sebesar 425,95 MPa, sedangkan kekuatan tarik terendah terdapat pada jenis kampuh V ganda dengan nilai rata – rata sebesar 366,08 MPa.
2. Cacat yang terjadi pada logam las adalah tidak terisinya bagian kampuh las dengan sempurna dan sambungan yang kurang baik antara logam induk dan logam pengisi, hal ini disebabkan oleh rendahnya arus dan laju deposisi material logam pengisi pada saat pengelasan.
3. Hasil foto mikro menunjukkan adanya perbedaan struktur mikro antara logam induk dengan logam hasil proses pengelasan. Dimana struktur mikro pada daerah las menjadi lebih besar dibandingkan dengan logam induk. Hal ini dikarenakan terjadinya proses *thermal* pada saat pengelasan yang mengakibatkan struktur pada daerah logam las mengalami perubahan.

B. Saran

Agar diperoleh hasil penelitian yang lebih baik pada pengelasan TIG baja karbon rendah, perlu dilakukan pengujian selanjutnya seperti kekerasan dan *impact*. Pada proses pengelasan harus diperhatikan faktor – faktor yang mempengaruhi hasil sambungan las. Diantaranya penggunaan parameter las yang sesuai, kebersihan kampuh las dan kontaminasi dari udara luar, sehingga dapat mengurangi cacat yang terjadi pada logam hasil pengelasan.

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.
- Bintoro, G.A. 2000. *Dasar-Dasar Pekerjaan Las*. Kanisius. Yogyakarta.
- Dowling E, Norman. 1999. *Mechanical Behavior Of Materials*. 2nd 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.
- Kiroro,S Dan Sanjaya, A. 2013. *Pengaruh Hasil Pengelasan GTAW dan SMAW Pada Pelat Baja SA 516 Dengan Kampuh V Tunggal Terhadap Kekuatan Tarik, Kekerasan dan Struktur Mikro*
- Sack, Raymond J. 1976. *”Welding: Principles and Practices”*. Mc Graw Hill.USA.
- Salmon Charles G. 1991. *Disain dan Perilaku Struktur Baja*. Penerbit Erlangga
- Sonawan H, 2003. *Pengelasan Logam*. Penerbit Alfabeta, Bandung
- Suratman, R. 1994. *Panduan Proses Perlakuan Panas*. Penerbit Lembaga Penelitian ITB, Bandung
- Tim Penyusun PPPPTK BOE Malang. 2013. *Teknik Las GTAW*. Direktorat Jendral Peningkatan Mutu Pendidik & Tenaga Kependidikan, Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan.
- Widharto, Sri. 2006. *Petunjuk Kerja Las*. Cetakan Ke 6. Pradnya Paramita. Jakarta.

Wiryo Sumarto, H Dan Okumura, T. 2000. *Teknologi Pengelasan Logam*. Cetakan Ke 8. Pradnya Paramita. Jakarta.

www.scribd.com/doc/20714142/PROSES-PENGELASAN. Diunduh pada 4 September 2015

www.scribd.com/doc/268820043/Definisi-Pengelasan. Diunduh pada 3 September 2015.

www.alatuji.com/kategori/153/tarik. Diunduh pada 6 September 2015.

<http://mesin.ub.ac.id/sarjana/?p=182>. Diunduh pada 6 September 2015.