

**ANALISIS KEKUATAN TARIK HASIL PENGELASAN MIG PADA  
PROSES *TAILOR WELDED BLANK* (TWB) MENGGUNAKAN  
BAHAN LOGAM YANG BERBEDA KANDUNGAN KARBON**

**SKRIPSI**

**OLEH:**

**DICKY SYAPUTRA  
218130002**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN  
2025**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 14/4/26

Access From (repositori.uma.ac.id)14/4/26

**ANALISIS KEKUATAN TARIK HASIL PENGELASAN MIG PADA  
PROSES *TAILOR WELDED BLANK* (TWB) MENGGUNAKAN  
BAHAN LOGAM YANG BERBEDA KANDUNGAN KARBON**

**SKRIPSI**

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh  
Gelar Sarjana di Fakultas Teknik  
Universitas Medan Area



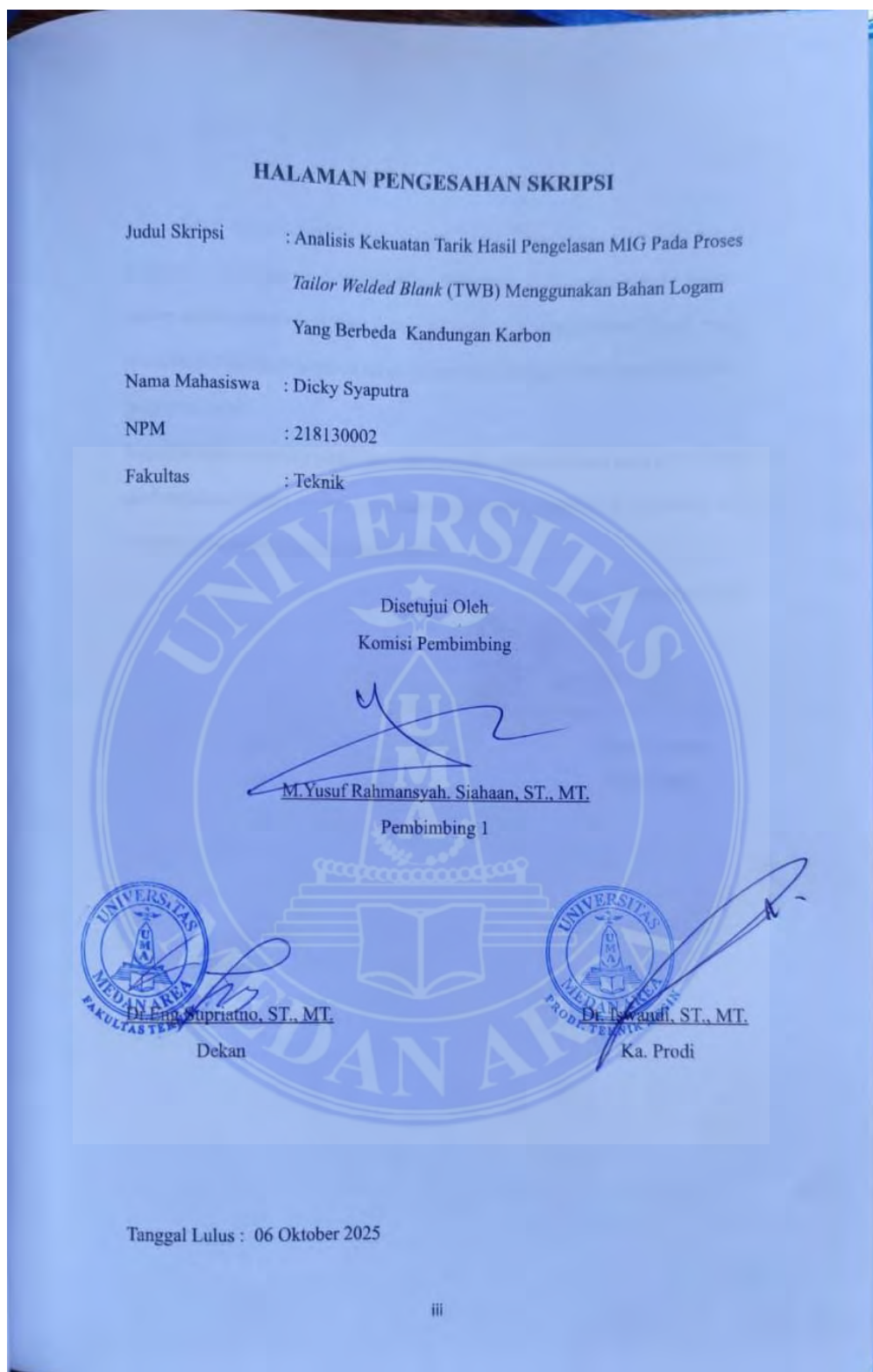
**OLEH:**

**DICKY SYAPUTRA  
218130002**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN  
2025**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang



### HALAMAN PERNYATAAN

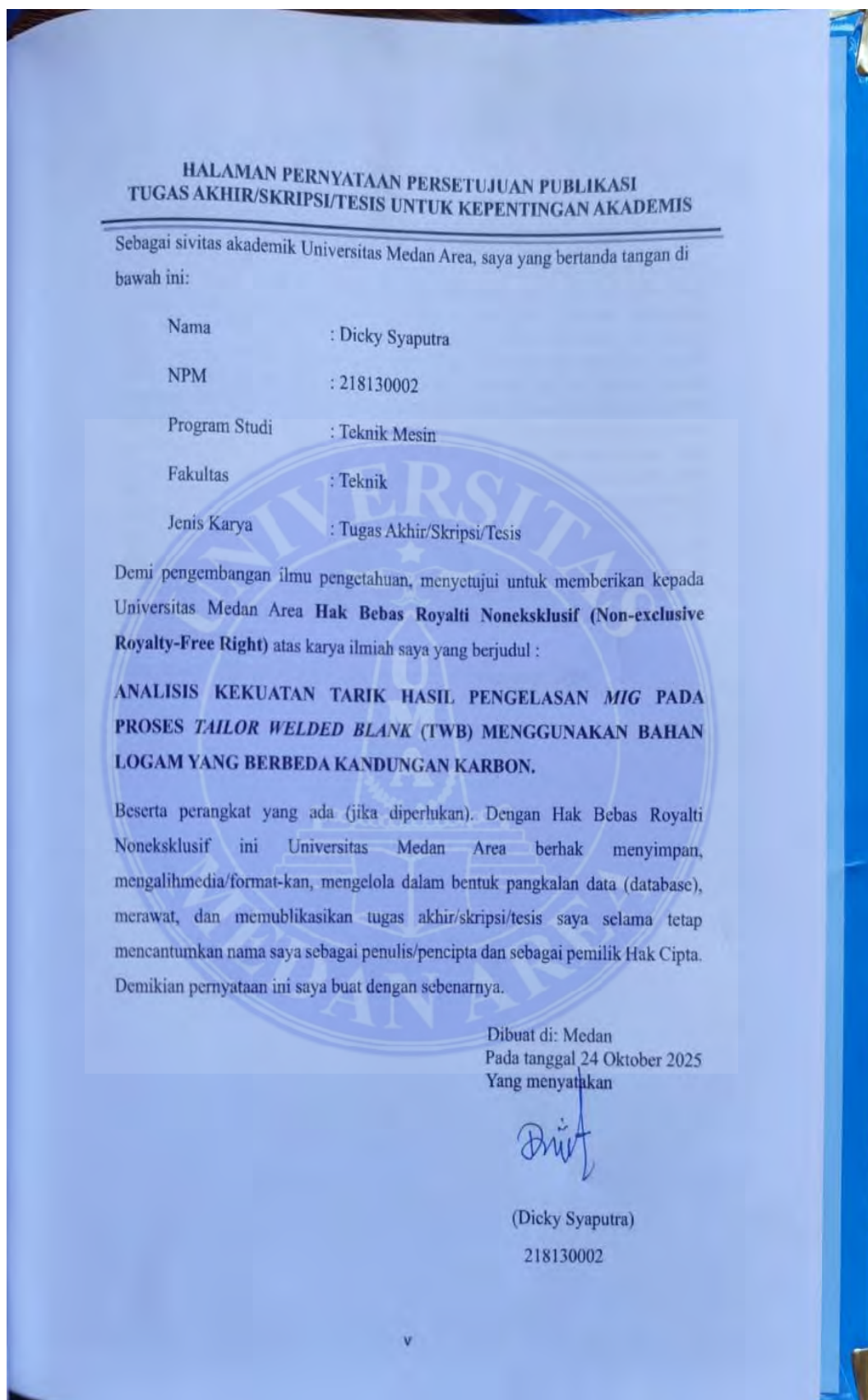
Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar serjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, 24 Oktober 2025



Dicky Syahputra  
218130002



## ABSTRAK

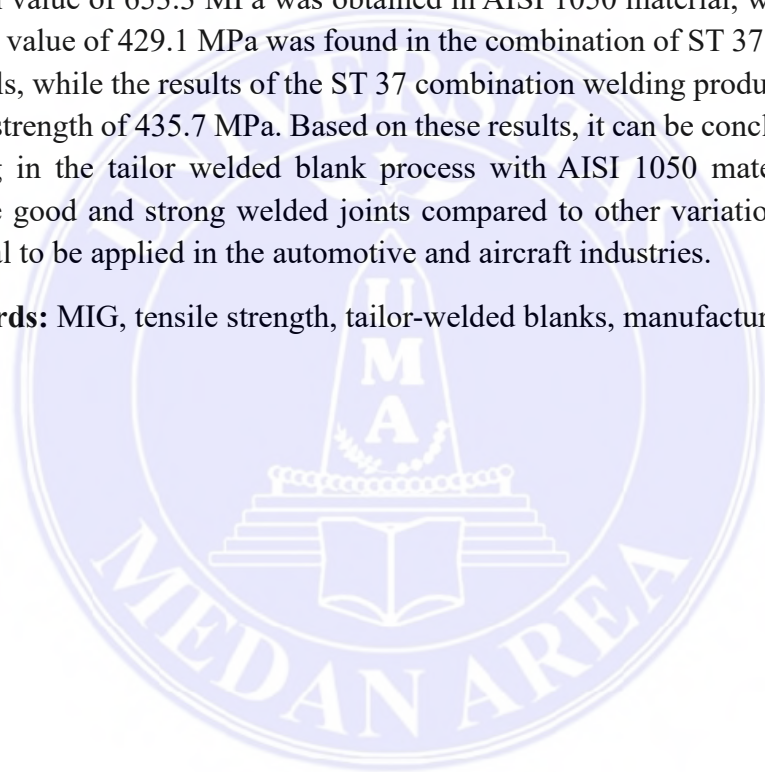
Dalam dunia industri kemajuan yang terus berkembang tidak lepas dari proses pengelasan yaitu untuk menggabungkan dua bagian logam menjadi satu. Pada proses TWB pengelasan MIG bertujuan untuk menghasilkan sambungan yang kuat dan berkualitas pada material yang memiliki ketebalan atau komposisi bahan yang berbeda. Metode penelitian dilakukan dengan menyiapkan spesimen dari bahan baja ST 37 dan AISI 1050 yang dipotong sesuai kebutuhan, kemudian disambungkan melalui proses pengelasan MIG untuk membentuk tailor welded blank. Setelah proses pengelasan, spesimen dibentuk sesuai dengan standar pengujian ASTM A370-07a dan diuji menggunakan Tensile Test Machine untuk mengetahui kekuatan tarik maksimum yang dapat ditahan oleh material sebelum mengalami deformasi atau patah. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai kekuatan tarik rata-rata tertinggi sebesar 653,3 MPa diperoleh pada bahan AISI 1050, sedangkan nilai rata-rata terendah sebesar 429,1 MPa terdapat pada bahan kombinasi ST 37 dan AISI 1050, adapun hasil pengelasan kombinasi ST 37 menghasilkan kekuatan tarik rata-rata sebesar 435,7 MPa. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa pengelasan MIG pada proses tailor welded blank dengan bahan AISI 1050 mampu menghasilkan sambungan las yang baik dan kuat dibandingkan variasi lainnya dan berpotensi diaplikasikan dalam industri otomotif dan pesawat terbang.

**Kata kunci:** MIG, kekuatan tarik, tailor welded blank, manufaktur

## ABSTRACT

In the industrial world, the ever-growing progress cannot be separated from the welding process, namely to combine two metal parts into one. In the TWB process, MIG welding aims to produce strong and quality joints on materials that have different thicknesses or material compositions. The research method was carried out by preparing specimens from ST 37 and AISI 1050 steel materials that were cut as needed, then connected through the MIG welding process to form a tailor welded blank. After the welding process, the specimens were formed according to the ASTM A370-07a testing standard and tested using a Tensile Test Machine to determine the maximum tensile strength that the material can withstand before deforming or breaking. The test results showed that the highest average tensile strength value of 653.3 MPa was obtained in AISI 1050 material, while the lowest average value of 429.1 MPa was found in the combination of ST 37 and AISI 1050 materials, while the results of the ST 37 combination welding produced an average tensile strength of 435.7 MPa. Based on these results, it can be concluded that MIG welding in the tailor welded blank process with AISI 1050 material is able to produce good and strong welded joints compared to other variations and has the potential to be applied in the automotive and aircraft industries.

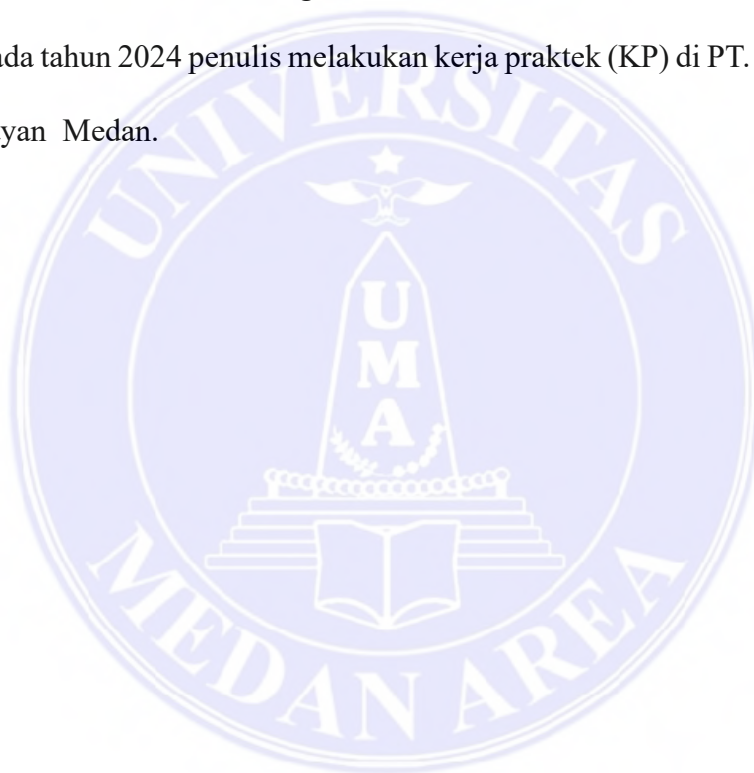
**Keywords:** MIG, tensile strength, tailor-welded blanks, manufacturing



## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahir di Nogo rejo, Kec. Galang, Kab. Deli Serdang, Prov. Sumatra Utara lahir pada tanggal 7 Desember 2003, dari ayah bernama Suwarno dan ibu bernama Sri Lestari Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Tahun 2021 penulis lulus dari SMK Swasta Karya Serdang Lubuk Pakam pada Tahun 2021 terdaftar sebagai mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Medan Area. Pada tahun 2024 penulis melakukan kerja praktek (KP) di PT. KAI Balai Yasa PuluBrayan Medan.



## KATA PENGANTAR

Puji Syukur saya panjatkan kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyusun skripsi dengan judul "Analisis Kekuatan Tarik Hasil Pengelasan MIG Pada Proses Tailor Welded Blank (TWB) Menggunakan Bahan Logam Yang Berbeda Kandungan Karbon". Tersusunnya skripsi ini ditujukan sebagai pengajuan skripsi guna memperoleh gelar Sarjana di Program Studi Teknik Mesin (S1), Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Medan Area. Penulis menyadari bahwa dari awal hingga akhir penulisan skripsi ini, telah banyak memperoleh bantuan serta dukungan dari berbagai pihak yang sangat membantu dalam penyelesaian skripsi ini, sehingga pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng, M.Sc, selaku Rektor Universitas Medan Area.
2. Bapak Dr. Eng Supriatno, ST., MT. selaku Dekan Fakultas Teknik Mesin Universitas Medan Area.
3. Bapak Dr. Iswandi ST., MT. Selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area.
4. Bapak M. Yusuf Siahaan, ST., MT. Selaku Dosen Pembimbing satu yang telah banyak memberikan saran dan masukan kepada penulis selama proses pengerjaan penelitian ini.
5. Kedua orang tua penulis (Ayahanda Suwarno dan Ibunda Seri Lestari) yang sangat penulis cintai, dengan dukungan doa dan semangat serta arahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

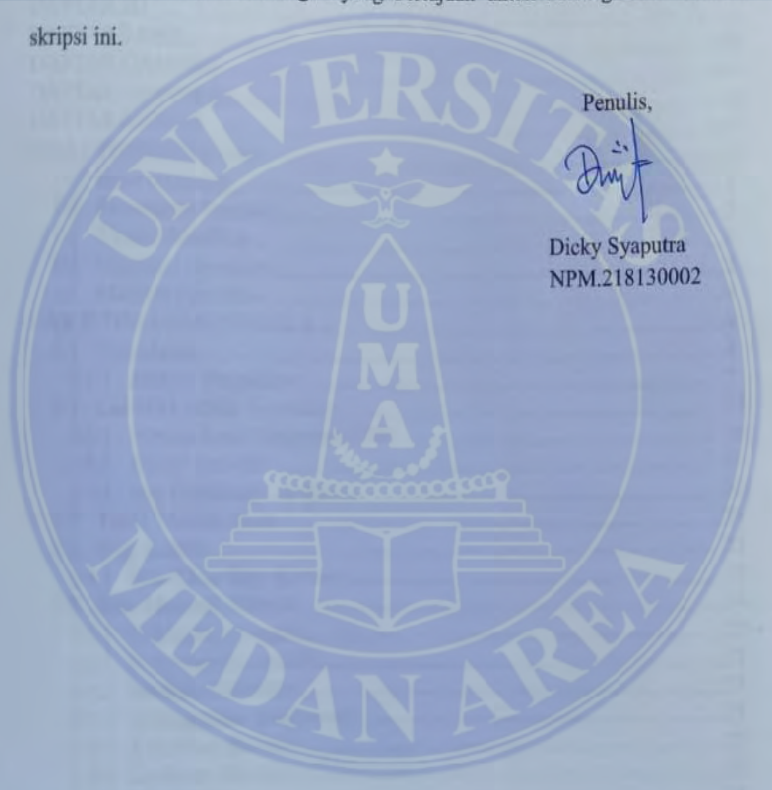
6. Teman seperjuangan saya di program studi teknik mesin kawan satu angkatan 2021, yang telah senantiasa memberikan dukungan dan motivasi, semoga selalu dalam kesuksesan.

Penulis meyakini penulisan skripsi ini jauh dari kata sempurna dan masih banyak kekurangan dalam penulisan. Untuk itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas skripsi ini.

Penulis,



Dicky Syahputra  
NPM.218130002

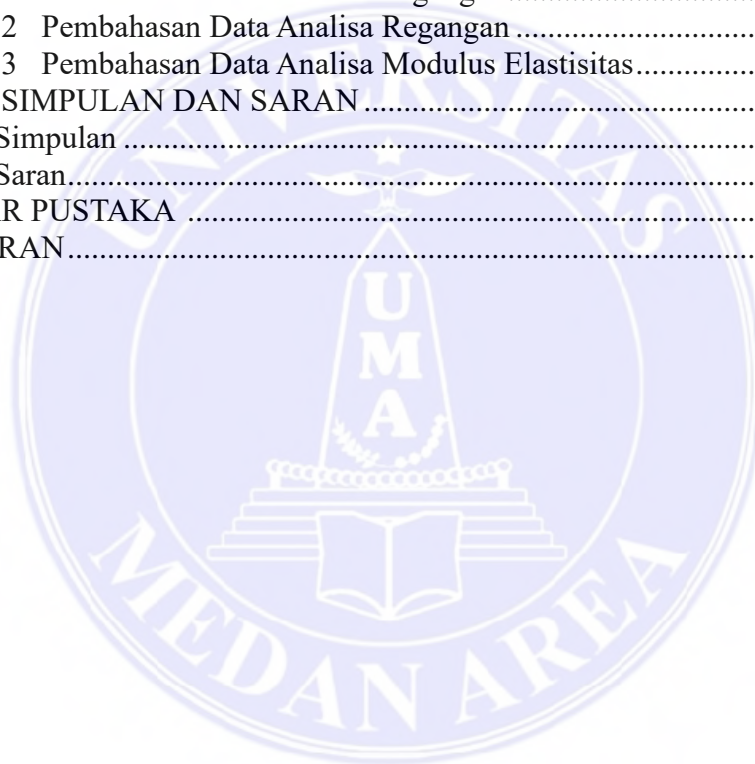


x

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN .....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN .....	v
ABSTRAK .....	vi
ABSTRACT.....	vii
RIWAYAT HIDUP .....	viii
KATA PENGANTAR .....	ix
DAFTAR ISI .....	xi
DAFTAR TABEL .....	xiii
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xv
DAFTAR NOTASI .....	xvi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Hipotesis Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	4
2.1 Pengelasan.....	4
2.1.1 Metode Pengelasan .....	7
2.2 Las MIG ( <i>Metal Inert Gas</i> ).....	14
2.2.1 Prinsip Kerja Pengelasan MIG.....	16
2.2.2 Kawat Las MIG.....	18
2.2.3 Gas Pelindung Las MIG.....	20
2.3 Tailor Welded Blank.....	21
2.4 Baja Karbon .....	23
2.4.1 Klarifikasi Baja Karbon .....	25
2.5 Sifat Mekanik Material .....	26
2.5.1 Kekuatan ( <i>strength</i> ).....	27
2.5.2 Kekerasan ( <i>harness</i> ).....	27
2.5.3 Modulus Elastisitas.....	27
2.5.4 Ketangguhan ( <i>toughness</i> ).....	27
2.5.5 Kelelahan ( <i>fatigue</i> ).....	27
2.5.6 Keuletan ( <i>ductility</i> ) .....	28
2.5.7 Mulur ( <i>creep</i> ) .....	28
2.6 Kekuatan Tarik .....	28
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	31
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	31
3.1.1 Waktu .....	31
3.1.2 Tempat Penelitian.....	30
3.2 Bahan dan Alat .....	32
3.2.1 Bahan .....	32
3.2.2 Alat.....	33

3.3 Metode Penelitian.....	35
3.4 Populasi dan Sampel .....	36
3.5 Prosedur Kerja.....	37
3.5.1 Prosedur Pembuatan Spesimen .....	37
3.5.2 Prosedur Pengujian Spesimen .....	38
3.6 Diagram Alir Penelitian.....	39
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	40
4.1 Hasil .....	40
4.1.1 Pembuatan Spesimen .....	40
4.1.2 Hasil Pengujian Tarik .....	42
4.1.3 Pembahasan Data Analisa Tegangan.....	44
4.1.4 Pembahasan Data Analisa Regangan .....	46
4.2 Pembahasan.....	45
4.2.1 Pembahasan Data Analisa Tegangan.....	45
4.2.2 Pembahasan Data Analisa Regangan .....	47
4.2.3 Pembahasan Data Analisa Modulus Elastisitas.....	49
BAB V SIMPULAN DAN SARAN .....	52
5.1 Simpulan .....	52
5.2 Saran.....	52
DAFTAR PUSTAKA .....	53
LAMPIRAN.....	56



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Kandungan Baja Karbon Rendah .....	25
Tabel 2.2. Kandungan Baja Karbon Sedang .....	26
Tabel 2.3. Kandungan Baja Karbon Tinggi.....	26
Tabel 3.1. Jadwal Kegiatan Penelitian .....	31
Tabel 3.2. Data Spesimen.....	37
Tabel 4.1. Hasil Pengujian Tarik Spesimen Baja .....	43
Tabel 4.2. Tegangan Tarik .....	46
Tabel 4.3. Regangan.....	48
Tabel 4.4. Modulus Elastisitas .....	50



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Skema Posisi Pengelasan 1F dan 1G .....	6
Gambar 2.2. Skema Posisi Pengelasan 2F dan 2G .....	6
Gambar 2.3. Skema Posisi Pengelasan 3F dan 3G .....	7
Gambar 2.4. Skema Posisi Pengelasan 4F dan 4G .....	7
Gambar 2.5. Las Listrik .....	8
Gambar 2.6. Proses Pengelasan SMAW .....	9
Gambar 2.7. Ilustrasi Skema Proses Pengelasan MIG .....	10
Gambar 2.8. Pengelasan TIG .....	11
Gambar 2.9. Las Gas .....	12
Gambar 2.10. Mesin Las Titik .....	13
Gambar 2.11. Sistem Pengelasan MIG Beserta Peralatannya .....	15
Gambar 2.12. Prinsip Kerja Las MIG .....	16
Gambar 2.13. Kawat Las MIG .....	19
Gambar 2.14. Gas Pelindung Las MIG .....	21
Gambar 2.15. Kurva Tegangan-Regangan Baja Karbon .....	25
Gambar 2.16. Pengujian Tarik .....	29
Gambar 3.1. Plat Baja ST 37 .....	32
Gambar 3.2. Plat Baja AISI 1050 .....	33
Gambar 3.3. Wire Las MIG .....	33
Gambar 3.4. Mesin Uji Tarik .....	34
Gambar 3.5. Mesin Las MIG .....	34
Gambar 3.6. Mesin Sekrap .....	35
Gambar 3.7. Dimensi Spesimen .....	35
Gambar 3.8. Diagram Alir Prosedur Pembuatan Spesimen .....	37
Gambar 3.9. Diagram Alir Prosedur Pengujian Spesimen .....	38
Gambar 3.10. Diagram Alir Penelitian .....	39
Gambar 4.1. Bahan ST 37 dan AISI 1050 .....	40
Gambar 4.2. Pemotongan Bahan ST 37 dan AISI 1050 .....	40
Gambar 4.3. Daerah Sambungan .....	41
Gambar 4.4. Sambungan Las MIG .....	41
Gambar 4.5. Hasil Proses penyekrapan .....	41
Gambar 4.6. Spesimen Uji .....	42
Gambar 4.7. Grafik Gaya .....	43
Gambar 4.8. Hasil Pengujian Spesimen .....	45
Gambar 4.9. Grafik Tegangan .....	47
Gambar 4.10. Grafik Regangan .....	49
Gambar 4.11. Grafik Modulus Elastisitas .....	49

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 : Spesimen saat Dimasukan Ke Universal Testing Machine .....	56
Lampiran 2 : Spesimen Setelah Dilakukan Pengujian Tarik .....	56
Lampiran 3 : Dimensi Spesimen Menggunakan Software Autocad .....	56
Lampiran 4 : Data Pengujian Tarik .....	57
Lampiran 5 : Dokumentasi Bersama Teman-teman Saat Di Tempat Penelitian...	57
Lampiran 6 : Melakukan Pengukuran Pada Material Sebelum Di Potong.....	57



## DAFTAR NOTASI

$F$	= Gaya (N)
$\sigma$	= Tegangan (Mpa)
$\varepsilon$	= Regangan
$l_0$	= Panjang Awal (mm)
$l_{max}$	= Panjang Akhir (mm)
$h$	= Tebal Spesimen (mm)
$l$	= Lebar Spesimen (mm)



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Dalam dunia industri kemajuan yang terus berkembang tidak terlepas dari proses pengelasan, dimana pengelasan memegang peranan yang sangat penting dalam proses perbaikan logam. Pengelasan merupakan proses menghubungkan dua bagian atau lebih dari sebuah objek melalui pemanasan atau pengepresan, atau kombinasi dari keduanya, sehingga menjadi satu kesatuan yang utuh. Penggabungan ini dapat dilakukan dengan menggunakan atau tanpa bahan tambahan, dengan titik leleh atau struktur yang serupa atau berbeda. Terdapat banyak jenis metode pengelasan yang digunakan, salah satunya pengelasan MIG (*Metal Inert Gas*). Pengelasan MIG itu ialah metode yang menggabungkan logam menjadi satu kesatuan melalui pemanasan lokal dengan menggunakan elektroda gulungan serta gas pelindung. (Sunaryo, 2008).

Pengelasan MIG (*Metal Inert Gas*) bekerja dengan aliran arus searah (DC), yang umumnya memanfaatkan elektroda kawat positif atau yang biasa disebut sebagai polaritas terbalik. Metode pengelasan MIG dikerjakan dengan cepat dan efisien, sehingga memerlukan keterampilan operator yang memadai. Arus las merupakan suatu parameter yang secara langsung memengaruhi kedalaman penembusan dan kecepatan pencairan. Semakin tinggi nilai arus las, semakin besar pula kedalaman penembusan dan

kecepatan pencairan yang dihasilkan. (Wiryosumarto dan Okumura, 2000). Semakin tinggi arus pengelasan maka masuknya panas juga akan meningkat (Hery Sunaryo, 2008).

Penelitian mengenai hasil pengelasan MIG pada proses *Tailor Welded Blank* (TWB) bertujuan untuk mengeksplorasi efektivitas pengelasan MIG menghasilkan sambungan yang kuat dan berkualitas pada material yang memiliki ketebalan atau komposisi bahan yang berbeda. *Tailor Welded Blank* (TWB) adalah lembaran logam yang terdiri dari dua atau lebih jenis material dengan ketebalan yang berbeda, yang disambung menggunakan pengelasan untuk menghasilkan produk jadi yang ringan namun kuat, seperti bagian bodi kendaraan. (Dimyati, D, 2021).

Pada proses TWB, las MIG (*Metal Inert Gas*) sering digunakan untuk menghasilkan sambungan yang bersih dan rapi dengan kontrol panas yang lebih baik, yang penting ketika mengelas material dengan ketebalan yang bervariasi.

## 1.2 Perumusan Masalah

Bagaimana cara menganalisis kekuatan spesimen pengelasan MIG pada proses *tailor welded blank* (TWB) menggunakan bahan logam yang berbeda kandungan karbon hasil pengujian tarik statis.

## 1.3 Tujuan Penelitian

1. Pembuatan spesimen uji tarik hasil pengelasan MIG pada proses *tailor welded blank* (TWB) menggunakan bahan logam yg berbeda kandungan karbon.
2. Pengujian spesimen uji tarik hasil pengelasan MIG pada proses *tailor welded balnk* (TWB) Menggunakan bahan logam yang berbeda kandungan karbon.

3. Analisis kekuatan spesimen pengelasan MIG pada proses *tailor welded blank* (TWB) menggunakan bahan logam yg berbeda kandungan karbon hasil pengujian tarik statis.

#### 1.4 Hipotesis Penelitian

Dalam melakukan penelitian kekuatan tarik hasil pengelasan MIG pada proses *Tailor Welded Blank* (TWB) akan berbeda secara signifikan antara sambungan logam yang memiliki kandungan karbon tinggi dibandingkan dengan sambungan logam yang memiliki kandungan karbon rendah.

#### 1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian “Analisis kekuatan tarik dari pengelasan MIG pada proses *tailor welded blank* (TWB) dengan menggunakan material logam yang memiliki variasi kadar karbon.” ini adalah:

1. Untuk mengetahui perbandingan antara kekuatan tarik kadar karbon yang berbeda hasil sambungan pengelasan MIG dari spesimen uji tarik.
2. Dapat dijadikan acuan bagi peneliti yang sejenis, khusus dalam pengelasan MIG terhadap sifat material baja karbon.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Pengelasan

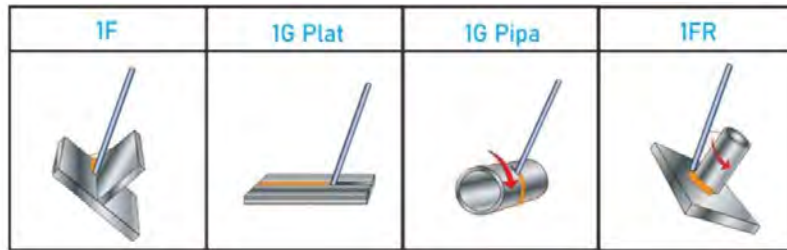
Mengingat bahwa penelitian ini berfokus pada tema pengelasan, dalam bagian kajian teori ini peneliti akan menjelaskan sedikit tentang konsep pengelasan. Di era modern ini, perkembangan industri semakin cepat, berbeda dengan masa lalu ketika industri masih jarang ditemui. Di Indonesia terdapat berbagai jenis industri yang mengerjakan berbagai bidang, termasuk salah satunya adalah industri teknik. Dalam bidang teknik, banyak aktivitas yang dilakukan, salah satunya adalah pengelasan. Pengelasan merupakan aspek yang umum ditemui di semua sektor teknik, terutama dalam teknik mesin.

Definisi pengelasan menurut DIN (*Deutsche Industrie Norman*) adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Dengan kata lain, las merupakan sambungan setempat dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas. Mengelas adalah suatu aktifitas menyambung dua bagian benda atau lebih dengan cara memanaskan atau menekan atau gabungan dari keduanya sedemikian rupa sehingga menyatu seperti benda utuh. Tujuan dasar dari pengelasan ini ialah untuk menciptakan koneksi yang kokoh dan tahan lama antara material logam tersebut. Sedangkan komponen yang tergolong dalam las busur listrik mencakup Las Elektroda Terbungkus (SMAW), Las Tungsten Gas Mulia (TIG), Las Logam Gas Mulia (MIG), dan Las Busur Terendam. (Mizhar, S., & Pandiangan, I. H. 2014).

Proses pengelasan tampak mudah, namun sejatinya terdapat berbagai tantangan yang perlu dihadapi, di mana solusinya memerlukan berbagai macam pengetahuan. Oleh karena itu, dalam dunia pengelasan, pemahaman perlu berjalan seiring dengan penerapan praktik. Lebih spesifik lagi, saat merancang struktur bangunan dan mesin dengan sambungan las, penting untuk juga merencanakan metode pengelasan, cara pemeriksaan, jenis material las, dan tipe las yang akan diterapkan sesuai dengan fungsi dari komponen-komponen bangunan atau mesin yang sedang dirancang. (Wiryosumarto, dkk. 2000: 1).

Menurut ASME (*American Society of Mechanical Engineers*), posisi pengelasan mengacu pada orientasi atau sudut relatif antara benda kerja dan permukaan las pada saat pengelasan dilakukan. ASME mengatur posisi pengelasan untuk memastikan kualitas las yang optimal dalam berbagai aplikasi teknik, khususnya dalam pengelasan pipa dan struktur logam. Posisi pengelasan yang benar sangat penting untuk menentukan jenis teknik yang digunakan, kecepatan pengelasan, dan kualitas sambungan las yang dihasilkan. ASME menyarankan untuk menggunakan empat posisi pengelasan utama yang dapat digambarkan dengan simbol tertentu, yaitu 1F, 2F, 3F, 4F. Sedangkan dalam sambungan groove atau butt weld plat menurut ASME itu dapat disimbolkan dengan 1G, 2G, 3G dan 4G. Posisi pengelasan dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Posisi Down Hand (Di bawah Tangan) Pada posisi ini bahan ada dibawah tangan, Posisi pengelasan ini adalah posisi yang paling mudah dilakukan. Posisi ini dilakukan untuk pengelasan pada permukaan datar atau permukaan agak miring adalah posisi pengelasan yang sangat mudah. Untuk kodenya adalah nomor 1, seperti 1F dan 1G.



Gambar 2.1. Skema posisi Pengelasan 1F dan 1G

## 2. Posisi Horizontal

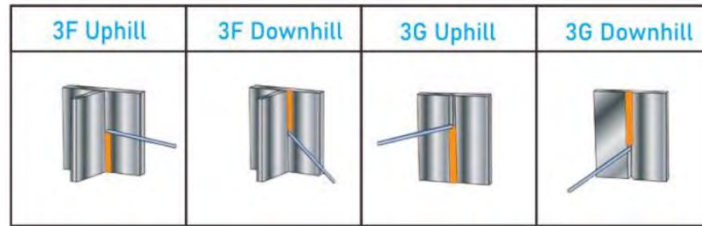
Posisi horizontal pada material pelat dengan sambungan kampuh V material berada di depan juru las, pada pipa meterialnya arah vertikal atau tegak sehingga sambungannya horizontal. Untuk kodenya yaitu angka 2, seperti posisi 2F dan 2G.



Gambar 2.2. Skema Posisi Pengelasan 2F dan 2G

## 3. Posisi Vertikal (*vertical*)

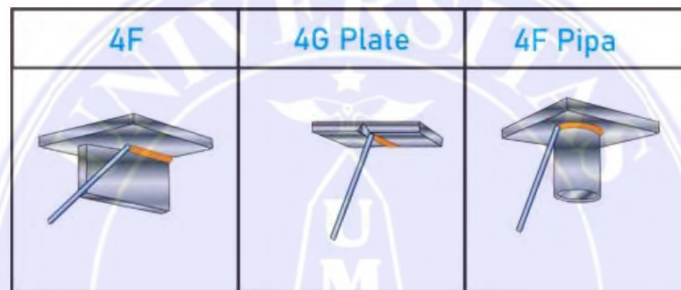
Merupakan posisi pengelasan yang berdiri tegak, terdapat dua metode pengelasan dalam kategori ini yaitu *Vertical Up* (Mengelas dari bagian bawah ke bagian atas, searah naik) dan *Vertical Down* (Mengelas dari bagian atas ke bagian bawah, searah turun). Kode untuk posisi pengelasan ini adalah angka 3 yaitu 3F dan 3G (Hanya pada pelat saja).



Gambar 2.3. Skema Posisi Pengelasan 3F dan 3G

#### 4. Posisi di atas Kepala (*Over head*)

Material yang dilakukan pengelasan berada di atas kepala, merupakan posisi tersulit dari 3 posisi di atas. Kode posisi pengelasan *over head* adalah angka 4, seperti pada pelat 4F dan 4G.



Gambar 2.4. Skema Pengelasan 4F dan 4G

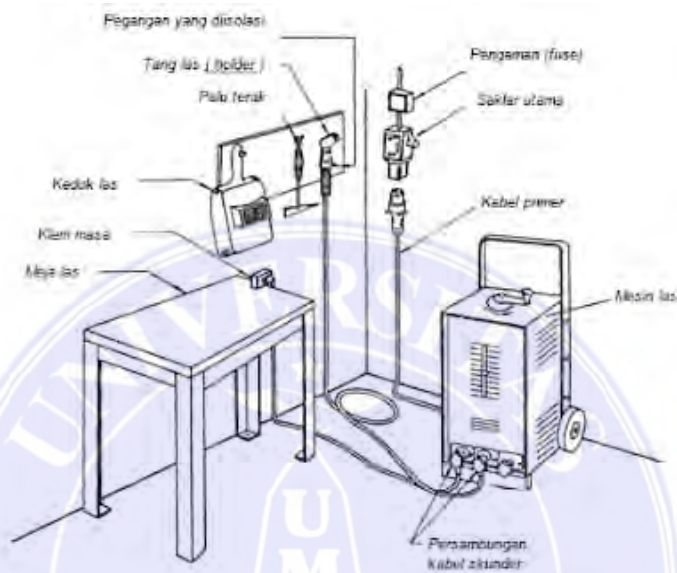
#### 2.1.1 Metode Pengelasan

Perkembangan teknologi pengelasan seiring waktu telah menghasilkan berbagai metode pengelasan yang semakin canggih dan efisien. Metode ini diperkenalkan untuk meningkatkan kecepatan, kualitas, fleksibilitas, dan keselamatan dalam proses pengelasan. Ada beberapa metode pengelasan yang berkembang seiring kemajuan teknologi diantaranya sebagai berikut:

##### 1. Las Listrik

Las listrik adalah proses penyambungan logam dengan menggunakan energi panas yang dihasilkan dari arus listrik. Arus listrik dialirkan melalui elektroda untuk mencairkan bahan yang disambung sehingga membentuk ikatan logam yang kuat setelah mendingin. Prinsip dasar pengelasan busur melibatkan penciptaan busur

listrik antara elektroda las dan benda kerja. Busur ini menciptakan api bersuhu tinggi, yang melelehkan logam pada sambungan las. Logam yang meleleh untuk membentuk las saat dingin dan mengeras. Metode ini banyak digunakan dalam industri karena efisien, dan fleksibel. Las listrik dapat dilihat pada gambar 2.5



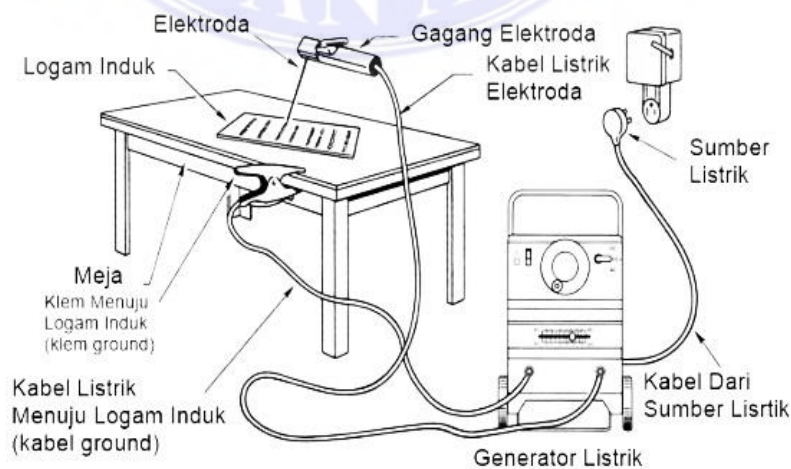
Gambar 2.5. Las Listrik

Las listrik adalah metode pengelasan yang dilakukan dengan cara mengalirkan arus listrik di bidang atau permukaan benda yang akan disambungkan. Tahanan yang muncul akibat arus listrik di area yang bersentuhan menghasilkan panas yang dapat melelehkan permukaan yang hendak disatukan. Tipe pengelasan ini biasa diterapkan di industri-industri besar, karena memiliki kapasitas pengelasan yang tinggi dan memerlukan peralatan yang sesuai. mahal maka cocok untuk produksi massa. Las listrik adalah proses pengelasan yang menggunakan arus listrik untuk menghasilkan panas yang cukup tinggi guna melelehkan logam dan menyambungkannya. Beberapa jenis las listrik yang umum digunakan, antara lain:

a. Las listrik SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*)

Busur listrik pada SMAW (*Shield Metal Arc Welding*) yang juga dikenal sebagai MMAW (*Manual Metal Arc Welding*) adalah sebuah metode atau cara untuk menghubungkan dua logam atau lebih dengan menggunakan sumber panas dari listrik. Proses ini digunakan untuk menghasilkan cahaya listrik melalui elektroda yang meleleh atau memanaskan permukaan logam yang akan disambungkan. (Fadhil, 2018).

Las busur dengan elektroda berselaput (*Shield Metal Arc Welding*) pengelasan ini menggunakan elektroda berselaput sebagai bahan pengisi, busur listrik yang terjadi di antara ujung elektroda dan sebagian bahan dasar, selaput yang terbakar dan mencair dan menghasilkan gas yang melindungi ujung elektroda, kawah las, busur listrik dan daerah las di sekitar busur listrik dari pengaruh udara luar (Fadhil, 2018). Terjadinya busur nyala listrik tersebut diakibatkan oleh perbedaan tegangan listrik antara kedua kutub, yaitu benda kerja dan elektroda. Perbedaan tegangan listrik yang dipakai 23-45 volt, sedangkan yang digunakan untuk pencairan pengelasan memakai arus listrik sampai 500 ampere. Untuk pengelasan SMAW bisa dilihat pada gambar 2.6



Gambar 2.6. Proses Pengelasan SMAW

b. Las listrik Las MIG merupakan teknik pengelasan di mana gas dikeluarkan ke area yang dilas untuk menjaga busur, elektroda, dan logam dasar yang mencair dari pengaruh lingkungan eksternal. Jenis gas pelindung yang digunakan adalah gas yang stabil dan tidak reaktif terhadap udara luar maupun logam yang sedang mencair. MIG (*Metal Inert Gas*) las MIG banyak digunakan untuk mengelas berbagai jenis logam, termasuk baja karbon, baja tahan karat, aluminium, tembaga, baja paduan, magnesium, dan besi tuang. Teknik ini sangat populer di berbagai industri seperti otomotif, konstruksi, manufaktur, dan aerospace berkat kemudahan penggunaan dan kualitas sambungan yang baik. Las MIG bisa dilihat pada gambar 2.7



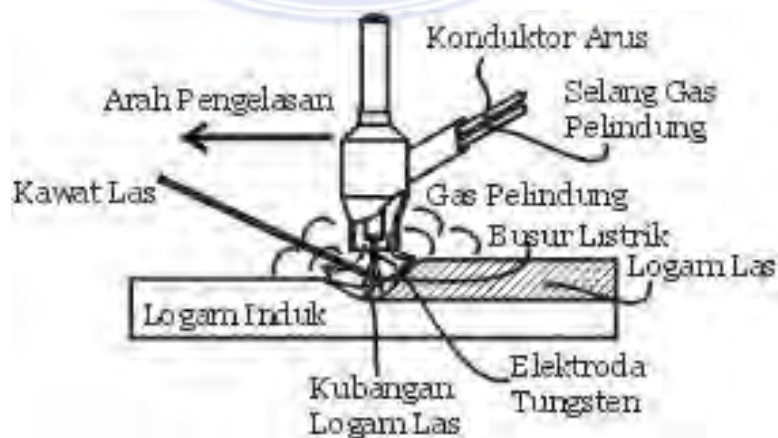
Gambar 2.7. Ilustrasi Skema Proses Pengelasan MIG

c. Las Listrik TIG (*tungsten Inert Gas*)

Pengelasan gas inert tungsten, juga dikenal sebagai pengelasan busur tungsten gas (GTAW), adalah proses pengelasan yang menyatukan potongan-potongan logam melalui arus pengelasan. Gas inert disalurkan ke obor las yang mengalir di sepanjang busur las untuk melindungi logam dari oksidasi dan pembentukan celah melingkar kecil. Elektroda tungsten dipasang di dalam obor las,

yang memiliki titik leleh lebih tinggi daripada kebanyakan logam. Dalam penerapan pengelasan TIG, laju penyampaian logam pengisi bisa disesuaikan tanpa tergantung pada besarnya arus listrik, sehingga memungkinkan terjadinya penetrasi ke dalam logam dasar. Las TIG banyak digunakan di industri untuk hasil kualitas sambungan dan tampilan las yang rapi.

Las TIG (*Tungsten Inert Gas*) adalah jenis pengelasan gas tungsten-arc, dimana elektrodanya hanya digunakan sebagai pengumpan busur nyala api yang tidak mencair ketika pengelasan. *Tungsten Inert Gas* (TIG) atau Pengelasan Busur Gas *Tungsten* (GTAW) memanfaatkan *wolfram* atau *tungsten* sebagai elektrode dan gas inert sebagai pelindung. Proses pengelasan *Tungsten Inert Gas* (TIG) atau *Gas Tungsten Arc Welding* (GTAW) dapat dilakukan dengan cara otomatis maupun dengan tangan. Dalam metode pengelasan ini, tidak diperlukan pelindung sambungan berupa kawat las atau *fluks*. Produk las yang dihasilkan oleh GTAW memiliki kualitas tinggi pada hampir semua jenis logam. GTAW biasanya digunakan pada logam ringan seperti magnesium, aluminum, dan lain-lain serta stainless steel. Pengelasan TIG bisa dilihat pada gambar 2.8

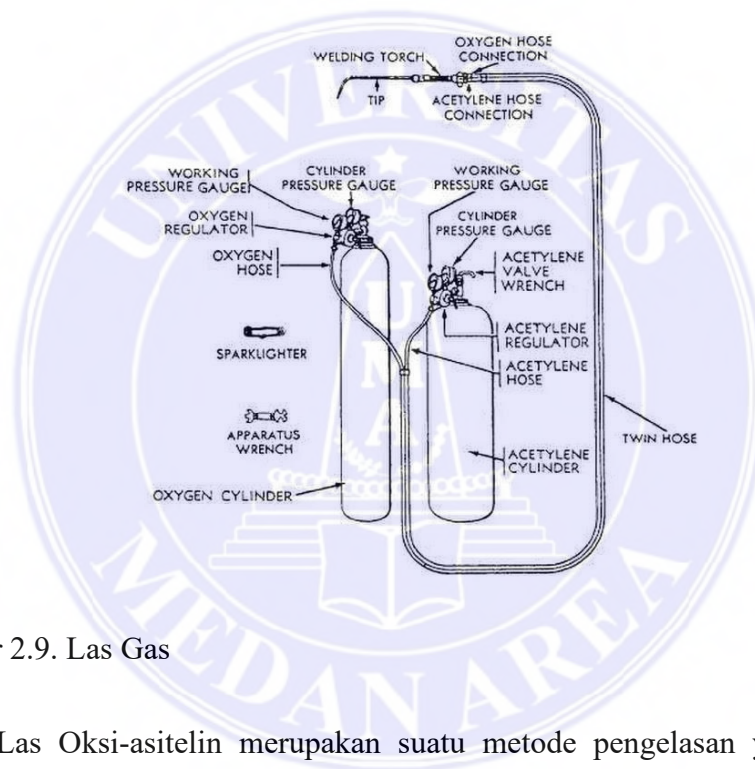


Gambar 2.8. Pengelasan TIG

## 2. Las Gas

Dalam metode pengelasan gas, energi termal dihasilkan dari hasil reaksi pembakaran gas bersama oksigen yang menghasilkan nyala api dengan suhu mencapai  $3200^{\circ}\text{C}$ , yang mampu melelehkan logam dasar serta logam pengisi. Gas yang paling sering dipakai adalah gas asetilen, sehingga pengelasan gas pada umumnya diartikan sebagai pengelasan oksasi-asetilen (*oxyasetylene welding, OAW*).

Las Gas dapat dilihat pada gambar 2.9



Gambar 2.9. Las Gas

Las Oksasi-asetelin merupakan suatu metode pengelasan yang dilakukan dengan menggabungkan dua jenis gas untuk menciptakan api dan sebagai sumber panas. Dalam proses pengelasan menggunakan gas ini, gas yang dimanfaatkan merupakan campuran dari gas Oksigen ( $\text{O}_2$ ) dan gas lainnya sebagai bahan bakar (fuel gas). Gas bahan bakar yang paling dikenal dan paling umum digunakan di industri las adalah gas Asetilen (berasal dari kata "*acetylene*", dengan rumus kimia  $\text{C}_2\text{H}_2$ ). Gas ini memiliki beberapa kelebihan dibandingkan gas bahan bakar lain. Kelebihan yang dimiliki gas Asetilen antara lain, menghasilkan temperature nyala

api lebih tinggi dari gas bahan bakar lainnya, baik bila dicampur dengan udara ataupun Oksigen.

### 3. Las Titik

Las titik (*Spot Welding*) adalah salah satu proses pengelasan tertua di mana dua atau lebih lembaran logam dilas bersama-sama tanpa menggunakan bahan pengisi apa pun. Proses ini melibatkan penerapan tekanan dan panas ke area las menggunakan elektroda tembaga paduan berbentuk yang mengalirkan arus listrik melalui potongan las. Material meleleh menyatukan bagian-bagian tersebut yang pada saat itu arus dimatikan, tekanan dari elektroda dipertahankan, dan "bongkahan" cair mengeras untuk membentuk sambungan. Panas pengelasan dihasilkan oleh arus listrik, yang ditransfer ke benda kerja melalui elektroda paduan tembaga. Tembaga digunakan untuk elektroda karena memiliki konduktivitas termal yang tinggi dan resistansi listrik yang rendah dibandingkan dengan kebanyakan logam lainnya, sehingga panas dihasilkan lebih banyak di benda kerja daripada di elektroda. (Amin, A. 2017).



Gambar 2.10. Mesin Las Titik

Penggunaan Las Titik di Industri saat ini banyak diterapkan di industri otomotif, elektronik, peralatan rumah tangga, dan fabrikasi logam. Di industri

otomotif, las titik digunakan untuk menyambungkan panel bodi mobil dan komponen lainnya dengan cepat dan efisien. Seiring perkembangan teknologi, las titik di masa depan diperkirakan akan semakin otomatis dan efisien, dengan penggunaan robot dan sistem kendali yang lebih canggih. Hal ini akan meningkatkan kecepatan produksi dan mengurangi biaya operasional. Selain itu, las titik kemungkinan akan lebih ramah lingkungan, dengan pengurangan limbah dan penggunaan energi yang lebih efisien. Dengan kemajuan tersebut, las titik akan terus mendominasi industri manufaktur dan produksi massal.

## 2.2 Las MIG (*Metal Inert Gas*)

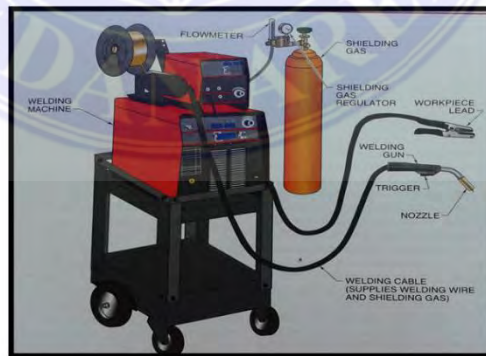
Di era modern sekarang ini banyak kebutuhan akan pengelasan untuk kebutuhan sehari-hari maupun untuk kebutuhan pekerjaan industri, dengan itu banyak beragam cara pengelasan yang digunakan oleh pekerja untuk pengelasan besi, baja maupun bahan material lainnya. Las MIG merupakan metode pengelasan yang memanfaatkan gas hasil dari busur listrik, digunakan untuk mencairkan logam yang akan dilas dan bahan pengisi. Proses ini dikenal juga dengan istilah Solid Wire. Untuk melindungi dari oksidasi, gas pelindung yang digunakan mencakup gas inert, CO<sub>2</sub>, dan Arcal 21. Selain itu, Wire Feeder berperan dalam menggerakkan elektroda yang keluar saat proses pengelasan dilakukan. MIG digunakan untuk mengelas besi atau baja, sedangkan gas pelindungnya adalah menggunakan Karbon dioksida CO<sub>2</sub>.

Pada dasarnya las GMAW dibagi menjadi 2 yaitu MIG dan MAG. Las MIG (*Metal Inert Gas*) yaitu pengelasan GMAW yang menggunakan gas pelindung Argon dan Helium, karena penggunaan gas inert atau mulia ini maka disebut dengan pengelasan MIG (*Metal Inert Gas*). Untuk jenis pengelasan ini biasanya

digunakan untuk material non logam seperti *aluminium*, *stainless steel*, paduan nikel tinggi dan beberapa material lainnya, sedangkan untuk Las MAG (Gas Aktif Logam) merupakan proses pengelasan GMAW yang memanfaatkan gas CO<sub>2</sub> sebagai pelindung selama pengelasan. Akan tetapi, gas ini memiliki keterbatasan karena tidak dapat diterapkan pada jenis pengelasan GMAW spray transfer. Jika ingin menerapkan metode spray transfer, perlu dilakukan pencampuran antara gas CO<sub>2</sub> dengan gas Helium atau Argon.

Di dalam logam gas mulia, kawat las MIG yang digunakan berfungsi sebagai elektroda yang diumpamakan terus menerus. Busur listriknya pun terjadi diantara kawat pengisi dan logam induk. Gas pelindung tersebut adalah gas argon, helium yang juga bisa dicampur keduanya. Dan untuk menentukan busur, kadang-kadang gas O<sub>2</sub> ditembakkan dalam kisaran 2% hingga 5% atau CO<sub>2</sub> antara 5% hingga 20%. Penggunaan las MIG memberikan banyak keuntungan. karena hasil yang diperoleh dari proses pengelasan ini sangat memuaskan. (Wartono, W., 2019)

Peralatan untuk sistem MIG ditunjukkan pada gambar 2.11



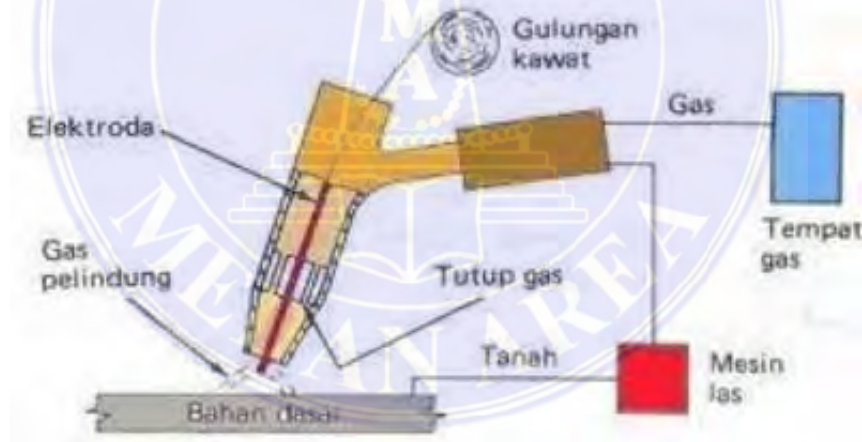
Gambar 2.11. Sistem Pengelasan MIG Beserta Peralatannya

Pengelasan MIG umumnya digunakan untuk proyek fabrikasi tugas berat seperti gerbang logam. Dibandingkan dengan pengelasan TIG, pengelasan ini jauh lebih cepat sehingga menghasilkan waktu pengerjaan yang lebih singkat dan biaya

produksi yang lebih rendah. Selain itu, MIG lebih mudah dipelajari dan menghasilkan las yang hanya memerlukan sedikit atau bahkan tidak memerlukan pembersihan dan penyelesaian.

### 2.2.1 Prinsip Kerja Pengelasan MIG

Pengelasan MIG (*Metal Inert Gas*) adalah salah satu proses pengelasan yang menggunakan kawat pengisi yang dipasok terus-menerus ke area pengelasan, dengan menggunakan busur listrik sebagai sumber panas. Proses ini memanfaatkan gas pelindung untuk melindungi area las dari kontaminasi udara, seperti oksigen dan nitrogen, yang dapat menyebabkan kerusakan pada kualitas las (Mulyadi, H. 2016). Adapun gambar dari prinsip kerja pengelasan MIG dapat dilihat pada gambar 2.12



Gambar 2.12. Prinsip Kerja Las MIG

Berikut adalah prinsip kerja pengelasan MIG:

#### 1. Pembentukan Busur Listrik

Pada pengelasan MIG, arus listrik dialirkan melalui kawat pengisi yang terus-menerus dipasok ke area pengelasan. Busur listrik terbentuk antara kawat pengisi dan logam dasar yang sedang disambungkan. Busur ini

menciptakan suhu yang sangat panas untuk mencairkan logam dasar dan kawat pengisi, membentuk area las yang cair.

## 2. Pemanasan dan Pelelehan Kawat Pengisi

Kawat pengisi yang meleleh akibat panas busur akan mengisi celah antara dua logam dasar yang sedang dilas. Kawat pengisi ini berfungsi sebagai elektroda sekaligus material pengisi yang menggabungkan dua bagian logam menjadi satu sambungan.

## 3. Penggunaan Gas Pelindung

Gas pelindung yang digunakan dalam proses pengelasan MIG berfungsi untuk melindungi area pengelasan dari pengaruh *atmosfer* sekitar. Gas ini mencegah oksidasi dan kontaminasi dari udara, yang dapat merusak kualitas las. Penggunaan gas pelindung memastikan kualitas sambungan las yang lebih baik, meningkatkan kekuatan, dan menghasilkan hasil las yang lebih bersih dan tahan lama. Gas pelindung yang umum digunakan adalah:

- a. Argon digunakan untuk pengelasan logam *non-ferrous*, seperti aluminium dan tembaga.
- b. Campuran Argon dan Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>) digunakan untuk pengelasan baja karbon.
- c. Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>) sering digunakan karena lebih ekonomis, tetapi menghasilkan lebih banyak percikan pada pengelasan baja karbon.

## 4. Jenis *Transfer* Tetesan Logam

Dalam pengelasan MIG, *transfer* tetesan logam dari kawat pengisi ke kolam las terjadi dalam beberapa cara yang mempengaruhi kualitas sambungan.

- a. *Spray Transfer* transfer tetesan logam yang halus dan terkontrol, memberikan penetrasi yang baik dan pengelasan yang bersih.
- b. *hort Circuiting Transfer* transfer tetesan yang lebih besar dan lebih banyak percikan, tetapi memberikan kontrol yang lebih baik pada material tipis.
- c. Pulsed MIG teknik dengan arus yang dipulsasi untuk mengontrol tetesan logam dengan lebih presisi dan mengurangi percikan.

## 5. Penyambungan Logam

Logam yang meleleh dari kawat pengisi dan logam dasar akan mengisi celah dan membentuk sambungan saat kolam las mendingin dan mengeras.

### 2.2.2 Kawat Las MIG

Kawat Las MIG (*Gas Inert Logam*) merupakan kabel yang dimanfaatkan dalam teknik pengelasan MIG (*Gas Inert Logam*), yang juga dikenal sebagai *Gas Metal Arc Welding* (GMAW). Pada proses ini, kawat las MIG berfungsi ganda, yaitu sebagai elektroda (yang menghasilkan busur listrik) dan juga sebagai bahan pengisi sambungan antara dua material logam yang akan disambung.

Proses pengelasan MIG menggunakan busur listrik untuk melelehkan kawat las dan material dasar, yang kemudian mengalir dan membentuk sambungan logam yang kuat. Kawat las MIG selalu digunakan dengan gas pelindung, seperti argon atau campuran argon dan karbon dioksida, yang berfungsi untuk melindungi area las dari oksidasi dan kontaminasi dari udara. Tanpa gas pelindung ini, hasil las akan cacat dan rentan terhadap korosi. Elektroda kawat las MIG (*Metal Inert Gas*) adalah jenis kawat logam yang digunakan dalam proses pengelasan MIG (*Metal Inert Gas*) atau GMAW (*Gas Metal Arc Welding*).

Pada proses pengelasan MIG, elektroda kawat tidak hanya berfungsi untuk mengalirkan arus listrik untuk membentuk busur, tetapi juga berfungsi sebagai bahan pengisi yang mengisi celah antar logam yang akan disambung. Diameter kawat las MIG (*Metal Inert Gas*) bervariasi tergantung pada jenis pekerjaan dan material yang dilas. Kawat las MIG terbuat dari logam, dan biasanya menggunakan kawat kawat yang terbuat dari bahan-bahan seperti baja karbon, baja tahan karat, atau aluminium. Diameter kawat las MIG umumnya yang digunakan untuk ukuran 0,6 mm biasanya digunakan untuk pengelasan material tipis. Contohnya yang sering digunakan pengelasan seperti material stainless steel atau baja karbon tipis. 0.8 mm: Diameter ini juga digunakan untuk pengelasan material tipis hingga sedang. Merupakan ukuran yang sangat umum dalam pengelasan ringan, baik pada baja karbon maupun baja ringan. Kawat las MIG bisa di lihat pada gambar 2.13



Gambar 2.13. kawat las MIG

Bahan kawat las MIG (*Metal Inert Gas*) dibuat dari material logam yang disesuaikan dengan jenis logam atau paduan yang akan dilas. Kawat las MIG terdiri dari logam inti (*core wire*) yang ditambahkan dengan elemen paduan tertentu untuk meningkatkan sifat pengelasan seperti kekuatan, ketahanan korosi, dan ketahanan terhadap suhu tinggi. Beberapa bahan logam utama yang digunakan dalam

pembuatan kawat las MIG seperti : Baja karbon (*Mild Steel*), Baja tahan karat (*Stainless Steel*), *aluminium* dan lain-lain.

### 2.2.3 Gas Pelindung Las MIG

Gas pelindung las MIG adalah gas yang digunakan dalam proses pengelasan MIG (*Metal Inert Gas*) untuk melindungi logam yang dilas dari kontaminasi udara, terutama oksigen dan nitrogen, yang dapat menyebabkan oksidasi dan merusak kualitas hasil las. Fungsi utama gas pelindung dalam pengelasan GMAW adalah untuk melindungi genangan las cair dari kontaminasi *atmosfer*. Kontaminan ini berupa oksigen, nitrogen, dan hidrogen yang terkandung di *atmosfer*. Reaksi unsur-unsur ini dengan genangan las dapat menimbulkan berbagai masalah, termasuk porositas (lubang dalam manik las) dan percikan yang berlebihan. Gas pelindung yang berbeda juga akan memengaruhi hal-hal berikut:

1. Karakteristik busur
2. Cara pemindahan logam
3. Profil penetrasi dan manik las
4. Kecepatan pengelasan
5. Kecenderungan meremehkan
6. Aksi pembersihan
7. Sifat mekanik logam las

Argon, helium, CO<sub>2</sub>, dan oksigen adalah gas pelindung yang paling umum digunakan dalam proses pengelasan MIG. Beberapa gas lebih cocok daripada yang lain untuk bahan dasar yang paling umum digunakan, baik itu *aluminium*, baja karbon, atau baja tahan karat. Berikut gambar gas pelindung las MIG dapat di lihat pada gambar 2.14



Gambar 2.14. Gas Pelindung Las MIG

### 2.3 *Tailor Welded Blank (TWB)*

*Tailor Welded Blank (TWB)* adalah sebuah teknik pengelasan yang digunakan untuk menggabungkan dua atau lebih lembaran logam yang memiliki sifat yang berbeda seperti ketebalan atau komposisi material yang berbeda menjadi satu bagian yang dapat diproses lebih lanjut untuk pembuatan komponen atau produk akhir. Dalam konteks pengelasan MIG dengan bahan logam yang memiliki kandungan karbon berbeda, TWB menggabungkan lembaran logam dengan kandungan karbon yang berbeda (misalnya baja karbon rendah dan baja karbon tinggi) menggunakan teknik pengelasan MIG (Wijaya, M. 2018).

Baja karbon sendiri adalah jenis baja yang kandungan karbonnya bervariasi, mempengaruhi sifat mekanis dan ketahanannya. Baja karbon rendah biasanya lebih mudah dibentuk dan lebih tahan terhadap korosi, sementara baja karbon tinggi lebih kuat dan lebih keras namun lebih sulit untuk dibentuk. Penggunaan TWB dengan baja karbon yang memiliki kandungan karbon berbeda memungkinkan pembuatan komponen yang mengoptimalkan kekuatan dan ketahanan material pada bagian-bagian yang memerlukannya (Mulyadi, H. 2016).

1. Tahapan Proses *Tailor Weded Blank* (TWB) Dengan Pengelasan MIG
  - a. Pemilihan Material: Dalam TWB dengan bahan baja karbon yang berbeda kandungan karbon, lembaran baja dengan kandungan karbon yang berbeda dipilih berdasarkan kebutuhan kekuatan dan ketahanan produk akhir. Misalnya, baja karbon rendah bisa digunakan di area yang membutuhkan pembentukan atau ketahanan korosi, sementara baja karbon tinggi dipilih untuk area yang membutuhkan kekuatan tinggi dan ketahanan terhadap keausan.
  - b. Penataan Dan Persiapan Lembaran Baja Karbon: Lembaran baja karbon yang berbeda komposisi karbon ini diposisikan dan disesuaikan agar sesuai dengan desain yang diinginkan. Proses ini membutuhkan perhatian khusus pada perbedaan sifat mekanis yang dapat mempengaruhi kualitas las.
  - c. Pengelasan MIG: Pengelasan MIG dilakukan untuk menyatukan dua atau lebih lembaran baja karbon dengan kandungan karbon berbeda. Gas pelindung, seperti campuran argon dan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), digunakan untuk melindungi area pengelasan dari oksidasi dan kontaminasi.
  - d. Proses Pembentukan Lanjutan: Setelah pengelasan selesai, *Tailor Welded Blank* (TWB) yang dihasilkan dapat diproses lebih lanjut dalam proses pencetakan atau pembentukan sesuai kebutuhan aplikasi. Komponen-komponen ini, yang kini terdiri dari bahan baja karbon yang berbeda, akan memiliki kekuatan yang lebih baik di area yang membutuhkan ketahanan tinggi dan *fleksibilitas* di area yang membutuhkan pembentukan yang mudah.
2. Keuntungan Menggunakan *Tailor Weded Blank* (TWB)

- a) Pengurangan Berat teknik TWB memungkinkan pembuatan komponen yang lebih ringan dengan menggunakan baja karbon rendah di bagian yang tidak membutuhkan kekuatan tinggi, serta baja karbon tinggi di bagian yang membutuhkan ketahanan lebih.
- b) Efisiensi Biaya dengan memanfaatkan material yang lebih sesuai dengan fungsi dan kebutuhan, produsen dapat mengurangi pemborosan material dan menurunkan biaya produksi.
- c) Peningkatan Kekuatan dan Ketahanan penggunaan baja karbon yang berbeda kandungan karbon memungkinkan peningkatan kinerja struktural. Misalnya, baja karbon tinggi digunakan di area yang membutuhkan ketahanan terhadap keausan, sementara baja karbon rendah digunakan di area yang memerlukan fleksibilitas dan pembentukan yang lebih mudah.
- d) Kualitas Sambungan yang Tinggi pengelasan MIG memungkinkan sambungan yang kuat dan bersih meskipun ada perbedaan kandungan karbon pada logam dasar, yang dapat menghasilkan produk akhir dengan kualitas yang lebih tinggi dan ketahanan yang lebih baik.

## 2.4 Baja Karbon

Baja karbon merupakan jenis baja yang memiliki kadar karbon dengan tambahan sejumlah kecil elemen paduan. Unsur tambahan ini bisa memperkuat baja tanpa mengurangi kelenturannya, dan klasifikasi jenis baja karbon dilakukan berdasarkan kandungan karbonnya. Materi ini digunakan untuk konstruksi kapal, jembatan, roda kereta, ketel uap, tangki, serta dalam sektor mesin. Baja karbon (*Carbon Steel*) adalah tipe baja yang mengandung karbon sebagai elemen interstisial utama dengan rentang 0,12–2,0%. *American Iron and Steel Institute*

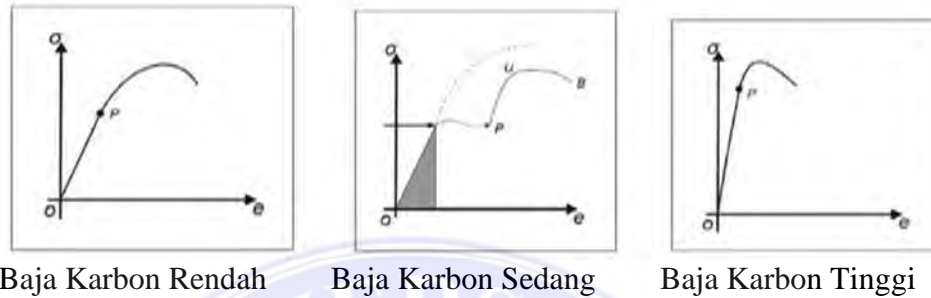
(AISI) mendefinisikan baja yang termasuk dalam kategori baja karbon sebagai baja karbon :

1. ketika tidak dituliskan kandungan minimum untuk *kromium, kobalt, molibdenum, nikel, niobium, titanium, tungsten, vanadium atau zirconium*, atau elemen lain yang ditambahkan untuk mendapatkan efek campuran tertentu;
2. sedangkan kandungan tembaga minimum tidak melebihi 0.40 persen;
3. kandungan maksimum elemen berikut ini tidak melebihi persentase berikut: mangan 1.65, silikon 0.60 Istilah "baja karbon" juga dapat digunakan untuk merujuk pada baja bukan baja tahan karat; maka baja aloi juga bisa masuk.

Baja merupakan sebuah logam campuran yang mengandung besi sebagai komponen utamanya dan karbon sebagai elemen pencampur yang dominan. Proporsi karbon dalam baja berada di antara 0,2% hingga 2,1% dari total berat berdasarkan dimensinya. Peran karbon pada baja adalah sebagai elemen penguat yang menghambat pergeseran pada struktur kristal atom besi. Unsur tambahan lain yang biasanya dicampurkan selain karbon meliputi *Mangan, Krom, Vanadium, dan Tungsten*. Dengan mengubah kandungan karbon dan elemen paduan lainnya, dapat dihasilkan berbagai tipe kualitas baja. Penambahan karbon dalam baja dapat meningkatkan tingkat kekerasan dan daya tariknya, namun di sisi lain dapat menyebabkan baja menjadi rapuh serta mengurangi sifat kelenturannya. (Amanto dan Daryanto; 1999).

Kurva tegangan-regangan adalah grafik yang menggambarkan hubungan antara tegangan yang diterapkan pada material dan regangan yang terjadi akibat tegangan tersebut. Kurva ini menggambarkan bagaimana material merespons beban yang di

terimanya, termasuk bagaimana material tersebut berperilaku saat diberikan beban hingga mencapai titik kegagalan. Kurva tegangan-regangan mempunyai bentuk yang berbeda-beda tergantung dari bahannya. Dapat dilihat pada gambar 2.15 (Lubis, S. 2021).



Gambar 2.15. Kurva Tegangan-Regangan Baja Karbon

#### 2.4.1 Klarifikasi Baja Karbon

Baja karbon dapat di klarifikasikan dengan berdasarkan kadar karbonnya.

Secara umum baja dikelompokkan menjadi 3 bagian yaitu:

##### 1. Baja Karbon Rendah

Pada baja karbon rendah mempunyai kandungan karbon kurang dari 0,3% sifat kekerasannya relatif rendah, lunak dan keuletannya tinggi. Baja karbon rendah biasanya digunakan dalam bentuk pelat, profil, sekrup, ulir dan baut. Kandungan untuk baja karbon rendah bisa dilihat pada table 2.1

Tabel 2.1 Kandungan baja karbon rendah

Jenis baja karbon	Kadar Karbon	Sifat utama	Aplikasi umum
Baja karbon rendah	0,05% - 0,25%	Mudah dibentuk dan dilas, kekuatan dan kekerasan rendah	Konstruksi, pipa, kendaraan ringan, plat baja

##### 2. Baja Karbon Sedang

Baja karbon rendah memiliki persentase karbon antara 0,3% - 0,6% dan biasanya dimanfaatkan untuk berbagai peralatan mesin seperti *gear* otomotif, poros

engkol, sekrup serta alat presisi. Prosentase untuk baja karbon sedang. dapat dilihat pada tabel 2.2

Tabel 2.2. Kandungan baja karbon sedang

Jenis baja karbon	Kadar Karbon	Sifat utama	Aplikasi umum
Baja karbon sedang	0,25% - 0,60%	Kekuatan dan kelenturan baik, tahan kehausan lebih baik	Komponen otomotif, poros, gear, pengolahan panas

### 3. Baja Karbon Tinggi

Baja dengan kandungan karbon tinggi memiliki persentase karbon antara 0,6% hingga 1,5% yang umumnya dipakai untuk keperluan perangkat konstruksi yang berhubungan dengan suhu tinggi seperti palu, gergaji, pahat, kikir, bor, bantalan peluru, dan lain-lain. Kandungan untuk baja karbon tinggi dapat dilihat pada tabel 2.3

Tabel 2.3. Kandungan baja karbon tinggi

Jenis baja karbon	Kadar Karbon	Sifat utama	Aplikasi umum
Baja karbon tinggi	0,60% - 1,00%	Sangat keras dan kuat, namun kurang lentur	Alat potong, kawat baja, mata pisau, peralatan pertanian

## 2.5 Sifat Mekanik Material

Material memiliki sifat di antara sifat yang ada adalah sifat mekanik, yang menggambarkan kemampuan suatu bahan atau bagian untuk menahan beban, gaya, dan energi tanpa mengalami kerusakan pada bahan atau bagian tersebut. Untuk mengetahui sifat mekanik material, diperlukan uji laboratorium yang dirancang untuk mengukur berbagai *karakteristik* material saat dikenai gaya atau beban.

Pengujian yang sering dilakukan yaitu uji tarik (*Tensile Test*) Klasifikasi sifat

mekanik material terdiri dari Kekuatan, Kekerasan, Elastisitas, Ketangguhan, Kelelahan, Keuletan dan Mulur.

#### 2.5.1 Kekuatan (*strength*)

Kekuatan (*strength*) di antara sifat yang ada adalah sifat mekanik, yang menggambarkan kemampuan suatu bahan atau bagian untuk menahan beban, gaya, dan energi tanpa mengalami kerusakan pada bahan atau bagian tersebut. yang dimaksud terdiri dari beberapa jenis dan ini tergantung pada beban apa yang bekerja, antara yaitu dilihat dari kekuatan tarik, geser, tekan, puntir, dan bending.

#### 2.5.2 Kekerasan (*harness*)

Kekerasan (*hardness*) merupakan kemampuan bahan dalam menahan goresan, pengikisan (keausan), dan tekanan (penetrasi) dari indentor. Dimana kekerasan memiliki hubungan dengan kekuatan, jika kekerasannya semakin tinggi maka keuletanya akan menurun.

#### 2.5.3 Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas merupakan suatu indikator yang dipakai untuk menggambarkan seberapa kaku suatu material. Semakin tinggi nilai modulus elastisitas, maka semakin rendah deformasi yang dapat timbul akibat adanya tekanan. Rumus dari modulus elastisitas yaitu:

#### 2.5.4 Ketangguhan (*toughness*)

merupakan kemampuan bahan material melakukan penyerapan sejumlah energi dari aktivitas pembebanan tanpa menimbulkan kerusakan. Sifat ini juga dapat dikatakan sebagai kemampuan bahan menerima beban atau energy hingga mengalami kegagalan atau patah.

#### 2.5.5 Kelelahan (*fatigue*)

merupakan sifat material bahan ketika menerima tegangan berulang-ulang (*cyclic stress*) besarnya dibawah pembebanan elastisnya yang menimbulkan kegagalan atau patah.

#### 2.5.6 Keuletan (*ductility*)

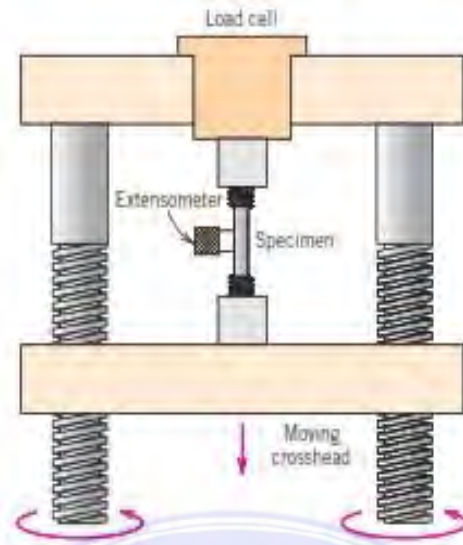
Keuletan suatu material adalah derajat deformasi plastis hingga terjadinya patah. Lawan dari sifat ulet adalah sifat getas (*brittle*). Perbandingan antara material yang ulet dan getas ketika mengalami gaya tarik sampai terjadinya patah.

#### 2.5.7 Mulur (*creep*)

Sifat mulur (*creep*) adalah deformasi plastis yang terjadi sangat lambat pada logam ketika terjadinya pembebanan atau dikenai tegangan secara konstan. Mulur dapat menyebabkan patahan pada bahan teknik.

### 2.6 Kekuatan Tarik

Mengingat dalam penelitian ini dilaksanakan uji tarik, maka akan dibahas sedikit mengenai kekuatan tarik dari logam. Perubahan bentuk material yang diakibatkan oleh beban tarik statis menjadi landasan untuk berbagai pengujian dan analisis mengenai kekuatan tarik material, hal ini disebabkan oleh beberapa faktor yaitu metode yang mudah diterapkan, menghasilkan tegangan yang merata pada area penampang, serta sebagian besar material memiliki kelemahan dalam menahan beban tegangan tarik di bagian penampang. Maka dalam pengujian bahan industri terhadap bahan – bahan, kekuatan ditentukan dengan menggunakan penarikan statik (Surdia dan Saito, 1999: 7).



Gambar 2.16. Pengujian Tarik

Pengujian tarik digunakan untuk menentukan seberapa kuat suatu bahan ketika dihadapkan pada gaya statis yang diterapkan secara perlahan. Beban pada kedua sumbu diberikan dengan nilai yang serupa. Beban yang dikenakan pada material yang diuji disalurkan ke pegangan material tersebut. Ukuran dan dimensi dari benda yang diuji disesuaikan dengan norma standar pengujian. Berdasarkan penjelasan Wiryosumarto dan Okumura (2000: 181), karakteristik tariknya dapat ditentukan dengan rumus yang tercantum di bawah ini:

$$\text{Tegangan : } \sigma = \frac{F}{A_0} \left( \frac{kg}{mm^2} \right) \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana : F = beban (Kg),

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

$$\text{Regangan : } \varepsilon = \frac{L-L_0}{L_0} \times 100\% \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :  $L_0$  = panjang mula dari batang uji

$L$  = panjang batang uji yang dibebani

$$\text{Modulus Elastisitas } E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :  $\sigma$  = Tegangan

$\varepsilon$  = Regangan



## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

##### 3.1.1 Waktu

Adapun waktu penelitian yang dilaksanakan sejak dimulai dari pengajuan judul skripsi, pengambilan data, pengolahan data, samapai dengan penyusunan skripsi dinyatakan selesai. Jadwal kegiatan penelitian dapat dijelaskan dalam tabel dibawah ini yang berisi tentang kegiatan penelitian dimulai lalu persiapan alat dan bahan sampai dengan persiapan sidang sarjana. Berikut table 3.1. Jadwal Kegiatan penelitian

Table 3.1 Jadwal Kegiatan Penelitian

Aktifitas	2024 - 2025									
	Okt	Nov	Des	Jan	Feb	Mei	Jun	Ags	Okt	
Pengajuan judul										
Penulisan proposal										
Seminar proposal										
Proses Penelitian										
Pengolahan data										
Penyelesaian laporan										
Seminar hasil										
Evaluasi dan persiapan sidang										
Sidang sarjana										

##### 3.1.2 Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Medan Area, Kampus 1, Jalan Kolam Nomor 1 Medan Estate / Jalan Gedung PBSI, Medan

## 3.2 Bahan dan Alat

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian tentang analisis kekuatan tarik hasil pengelasan MIG pada proses *tailor welded blank* (TWB) menggunakan bahan logam yang berbeda kandungan karbon yaitu:

### 3.2.1 Bahan

Dalam melakukan penelitian ini untuk membuat spesimen atau bahan uji terdapat beberapa bahan yang digunakan dalam penelitian. Bahan-bahan yang digunakan terdiri dari:

#### 1. Plat Baja ST 37

Bahan yang dipilih dalam penelitian ini memakai bahan baja dengan kandungan karbon rendah, baja ST 37 dengan kadar karbon dibawah 0,25%. Baja karbon rendah ini sering digunakan untuk bagian-bagian mesin seperti: *gear*, rantai dll. Gambar baja tipe ST 37 dapat dilihat pada gambar 3.1



Gambar 3.1 Plat Baja ST 37

#### 3. Plat Baja AISI 1050

Plat baja AISI 1050 ialah baja yang punya kadar karbon 0,50% yang memberikan kekuatan yang *relative* tinggi dibandingkan baja dengan kandungan karbon lebih rendah. Banyak sekali digunakan untuk pembuatan peralatan perkakas, roda gigi dll. Gambar baja AISI 1050 dilihat pada gambar 3.2



Gambar 3.2 Plat Baja AISI 1050

### 3. *Wire* Las MIG

*Wire* las MIG adalah proses pengelasan yang menggunakan kawat pengisi atau *wire* las yang terbuat dari logam untuk menyatu dengan material yang dilas. Dalam proses ini, kawat pengisi berfungsi sebagai elektroda sekaligus bahan pengisi untuk sambungan logam. Gambar *wire* las MIG bisa dilihat pada gambar 3.3



Gambar 3.3. *wire* Las MIG

#### 3.2.2 Alat

Alat adalah perangkat yang digunakan dalam proses penelitian. Berikut adalah alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini :

##### 1. Mesin Uji Tarik

Mesin uji tarik adalah alat yang digunakan untuk mengukur kekuatan tarik dan sifat mekanik material dengan menerapkan beban tarik sampai material mengalami

deformasi atau patah. Alat ini dilengkapi dengan berbagai sensor dan perangkat lunak untuk merekam serta menganalisis data. Mesin uji tarik dapat dilihat pada gambar 3.4



Gambar 3.4. Mesin Uji Tarik

## 2. Mesin Las MIG

Mesin las MIG (*Metal Inert Gas*) adalah perangkat yang digunakan untuk proses pengelasan dengan kawat las sebagai elektroda dan gas pelindung untuk menghindari oksidasi. Proses ini biasanya diterapkan untuk mengelas berbagai logam, terutama baja dan aluminium. Berikut gambar alat yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut. Mesin Las MIG bisa dilihat pada gambar 3.5



Gambar 3.5. Mesin Las MIG

#### 4. Mesin Sekrap

Mesin sekrap atau *shaping machine* berfungsi untuk menghaluskan dan meratakan permukaan benda kerja dengan cara memotong lapisan tipis material menggunakan pisau sekrap. Mesin ini biasanya digunakan untuk mengerjakan permukaan datar, tapi juga bisa dipakai untuk permukaan miring, menyudut atau membentuk alur.

Gambar mesin sekrap dapat dilihat pada gambar 3.6



Gambar 3.6. Mesin Sekrap

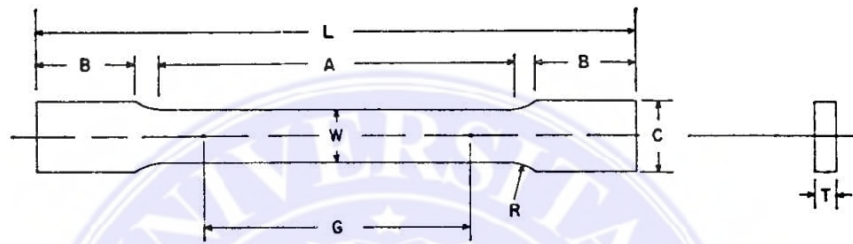
### 3.3 Metode Penelitian

Dalam melakukan penelitian analisis kekuatan tarik hasil pengelasan MIG pada proses *tailor welded blank* (TWB) menggunakan bahan logam yang berbeda kandungan karbon, digunakan metode eksperimen. Secara umum metodologi yang digunakan dalam penelitian ini ada beberapa tahapan, diantaranya dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Studi literatur Studi Literatur adalah proses pencarian, pengumpulan, dan analisis berbagai sumber referensi yang relevan untuk memahami topik atau masalah tertentu. dan melakukan diskusi mengenai penelitian ini pada dosen pembimbing.
2. Persiapan alat dan bahan melakukan survei atau observasi lapangan untuk mencari alat dan bahan yang digunakan pada penelitian serta mempelajari dan

membandingkan alat dan bahan yang lebih efisien dari segi kualitas dan ekonomis.

3. Pembuatan spesimen pada penelitian ini untuk membuat spesimen dapat di tentukan bahan jenis logam yang digunakan yaitu baja ST 37 dan baja AISI 1050 lalu di lanjutkan dengan pemotongan material sesuai standar ASTM-A370. Dimensi spesimen kekuatan tarik dapat dilihat pada gambar 3.7 (ASTM International. 2007).



Gambar 3.7. Dimensi Spesimen

4. Pengujian spesimen uji tarik Pengujian spesimen uji tarik digunakan untuk menilai sifat mekanis material, terutama untuk mengetahui kemampuan material dalam menahan gaya tarik sebelum mengalami kerusakan.

5. validasi data pengujian validasi pengujian digunakan untuk memastikan bahwa proses pengujian menghasilkan data yang akurat sesuai standar ASTM-A370. Untuk memastikan keandalan hasil pengujian.

6. Analisis data dalam penelitian ini analisis data digunakan untuk mengolah dan menginterpretasi hasil pengujian atau eksperimen guna menarik kesimpulan yang valid.

### 3.4 Populasi dan Sampel

Dalam melakukan penelitian ini populasi yang digunakan adalah jenis baja. Baja yang digunakan dalam penelitian ini yaitu baja karbon rendah sebanyak 3 populasi, baja karbon sedang 3 populasi, dan gabungan baja karbon rendah dengan

baja karbon sedang sebanyak 3 populasi. Jadi, pada setiap masing-masing variasi dilakukan percobaan keseluruhan 9 kali dengan 1 variasi 3 spesimen. Untuk data spesimen di tunjukan oleh tabel 3.2

Tabel 3.2 Data Spesimen

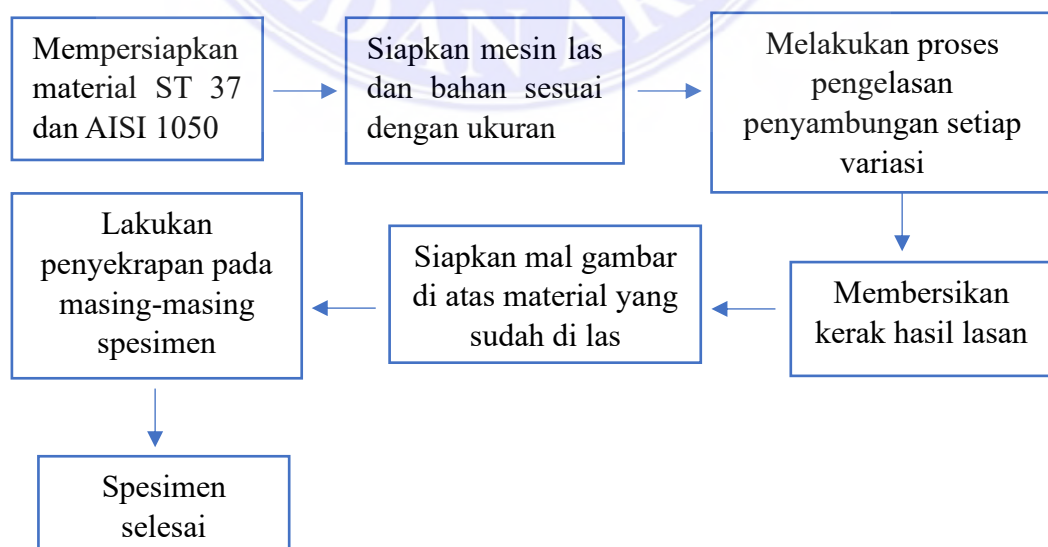
No	Material	W (mm)	L (mm)	C (mm)	B (mm)	Ampere	Jumlah
1	ST 37 (0,1%)	12,5	200	20	50	85	3
2	AISI 1050 (0,5%)	12,5	200	20	50	85	3
3	Kombinasi (0,1 – 0,5%)	12,5	200	20	50	85	3

### 3.5 Prosedur Kerja

Berikut adalah prosedur kerja penelitian untuk menganalisis kekuatan tarik dengan bahan logam yang berbeda kadar karbon.

#### 3.5.1. Prosedur pembuatan spesimen

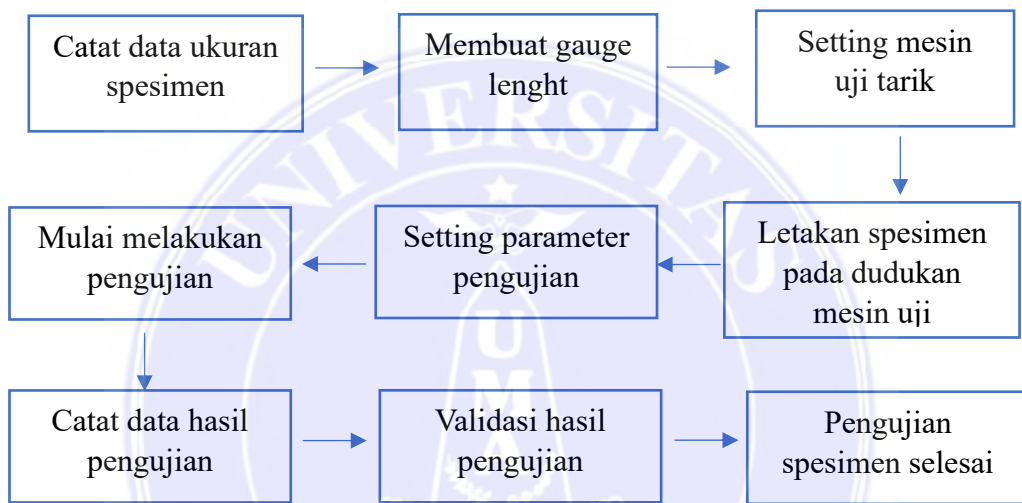
Ada beberapa tahapan-tahapan dalam pembuatan spesimen sesuai dengan ukuran standar ASTM A370-07a dapat dilihat pada gambar 3.8



Gambar 3.8. Diagram Alir Prosedur Pembuatan Spesimen

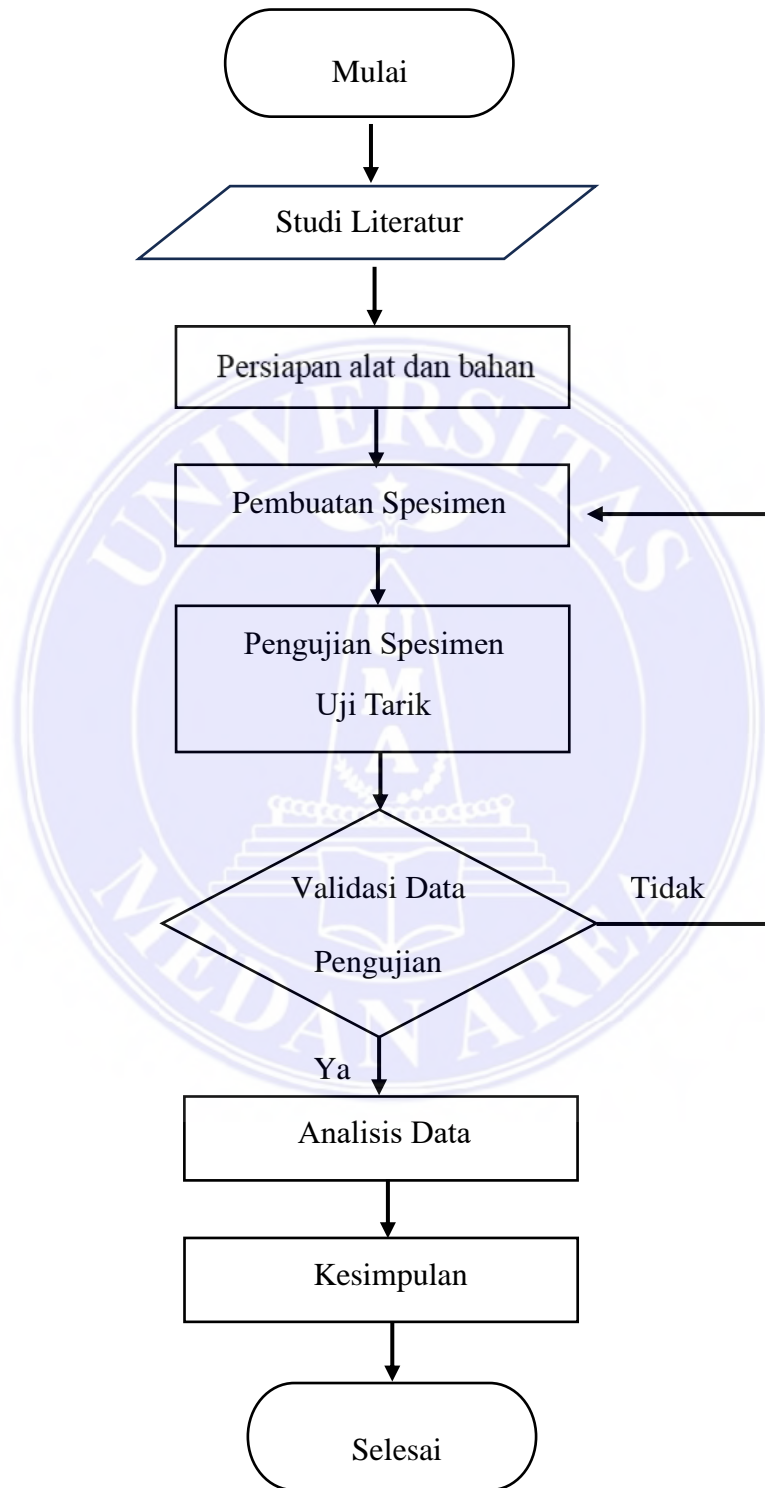
### 3.5.2. Prosedur Pengujian Spesimen

Pengujian spesimen adalah prosedur untuk mengetahui karakteristik dan sifat mekanik material, seperti kekuatan, kekerasan, dan deformasi. Metode yang dipakai dalam pengujian penelitian ini adalah metode pengujian mekanik yaitu uji tarik. Pada proses pengujian tarik meliputi beberapa tahapan yaitu dapat dilihat pada gambar 3.9



Gambar 3.9. Diagram Alir Prosedur Pengujian Spesimen

### 3.6 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.10. Diagram Alir Penelitian

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil uji tarik spesimen hasil pengelasan MIG proses *tailor welded blank* menggunakan bahan logam dengan variasi bahan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pembuatan spesimen telah berhasil dilakukan sesuai dengan standart ASTM A370-07A sebaagai acuan dalam pembuatan dan pengujian spesimen.
2. Pengujian hasil uji tarik menunjukan bahwa sambungan pengelasan MIG dengan variasi bahan yang berbeda karbon memiliki kekuatan tarik yang berbeda-beda. Nilai rata-rata tegangan variasi 1 kode D baja ST 37 sebesar 435,7 Mpa, variasi 2 kode S baja AISI 1050 sebesar 457,2 Mpa, variasi 3 kode DS bahan berbeda sebesar 429,1 Mpa.
3. Hasil dari kekuatan tarik bahan baja ST 37, baja AISI 1050, dan baja kombinasi, nilai kekuatan tarik baja AISI 1050 lebih tinggi di bandingkan dengan baja ST 37 dan baja kombinasi.

#### 5.2 SARAN

Mengacu pada temuan dan analisis dalam studi ini serta untuk mencapai keunggulan, peneliti merekomendasikan:

1. Pada penelitian lebih lanjut di sarankan untuk melakukan pengujian yang berbeda.
2. Untuk penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan variasi bahan yang berbeda.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amin, A. (2017). Pengaruh variasi arus listrik terhadap kekuatan tarik dan struktur mikro sambungan las titik (spot welding) logam dissimilar stainless steel dan baja karbon rendah. *Al-Jazari Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 2(2).
- ASTM International. (2007). *ASTM A370-07a: Standard Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products*. West Conshohocken, PA: ASTM International.
- Dewanto, A. P., Amiruddin, W., & Yudo, H. (2016). Analisa Kekuatan Mekanik Sambungan Las Metode MIG (Metal Inert Gas) Dan Metode FSW (Friction Stir Welding) 800 Rpm Pada Alumunium Tipe 5083. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 4(3).
- Dimiyati, D., Ashiedieque, A. D., Sukarman, S., Dewadi, F. M., Rahdiana, N., Rahardja, I. B., ... & Suripto, H. (2021). Evaluasi Kekuatan Resistance Spot Welding Pada Proses Tailor Welded Blankss Menggunakan Mill-Steel Beda Ketebalan. *Borobudur Engineering Review*, 1(2), 96-105.
- Fadhil, M. (2018). Pengaruh Posisi Pengelasan dan Jenis Elektroda E 7016 dan E 7018 Terhadap Kekuatan Tarik Hasil Las Baja Karbon Rendah Trs 400.
- Gumara, R. A., & Drastiawati, N. S. (2021). Pengaruh Variasi Arus Listrik Pengelasan Metal Inert Gas (Mig) Terhadap Kekuatan Tarik Sambungan Las Pada Baja Karbon Astm A36. *Jurnal Teknik Mesin*, 9(03), 65-68.
- Hasibuan, H. B. (2024). *Investigasi Experimen Sambungan Butt Weld dengan Pengelasan Mig pada Material Baja Kandungan Carbon Berbeda* (Doctoral dissertation, Universitas Medan Area).

- Ishak, S., Asiri, M. H., & Kamil, K. (2020). Analisis Sambungan Las MIG pada Baja Karbon Rendah Variasi Kampuh Las V, I dan K terhadap Kekuatan Tarik. *Teknik Mesin" TEKNOLOGI*, 21, 1.
- Lubis, S. (2021). Kurva Tegangan Regangan dan Uji Tarik pada Material Hexagonal. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*.
- Mizhar, S., & Pandiangan, I. H. (2014). Pengaruh Masukan Panas Terhadap Struktur Mikro, Kekerasan Dan Ketangguhan Pada Pengelasan Shield Metal Arc Welding (SMAW) Dari Pipa Baja Diameter 2, 5 Inchi. *DINAMIS*, 2(1).
- Mulyadi, H. (2016). *Teknologi Pengelasan dan Aplikasinya*. Jakarta: Penerbit XYZ.
- Pranajaya, W., Santosa, A. W. B., & Budiarto, U. (2019). Analisa Pengaruh Variasi Kampuh Las dan Arus Listrik Terhadap Kekuatan Tarik dan Struktur Mikro Sambungan Las TIG (Tungsten Inert Gas) Pada Aluminium 6061. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 7(4).
- Sunaryo, H. (2008). *Teknik Pengelasan Kapal*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- Wartono, W., Taufiq, M., & Julius, A. (2019). Pengaruh Preheat terhadap Sifat Mekanis Sambungan Metal Inert Gas (MIG) pada Baja Karbon Rendah. *Jurnal ENGINE: Energi, Manufaktur, dan Material*, 3(1), 15–22.
- Widodo, B. (2009). Analisis Perlakuan Panas Normalising pada Pengelasan Argon terhadap sifat mekanik hasil lasan Baja karbon rendah. *Jurnal Teknologi Technoscientia*, 30-41.

Wijaya, M. (2018). Penerapan Teknik Pengelasan untuk Industri Manufaktur di Indonesia. *Jurnal Teknik Mesin, Universitas Indonesia* Vol. 20(2), 45-56.

Wiryosumarto, H., & Okumura, T. (2000). *Metal welding techniques. Erlangga, Jakarta.*





**BATA HASIL PENGUNJIAN TARIK BAHAN CARBON STEEL**

Nama : DICKY SYAHPUTRA  
NIM : 218130002  
Judul : ANALISIS KEKUATAN TARIK HASIL PENGELASAN MIG PADA PROSES TAILOR WELDED BLANK (TWB) MENGGUNAKAN BAHAN EDGAM YANG BERBEDA KANDUNGAN KARBON

No	Bahan	Arspers	Tebal (mm)	P (kg)	$f_u$ (mm)	$f_m$ (mm)	dl (mm)
1				3460	79	19,7	12,6
2	ST 37	85	6	3205	79	16,9	9,7
3				3334		16,8	10,8
4				3100		12,5	7,5
5	ASU 1050	85	6	4887	79	16,7	7,7
6				4997		16,8	6,8
7				3231		11,2	6,2
8	Kambiani	85	6	3330	79	12,3	7,3
9				3287		11,8	6,8

Medan, Agustus 2023  
Asst. Lab. Pengujian Bahan  
*M. Fathulhanna*  
M. Fathulhanna

Lampiran 4 : Data Pengujian Tarik



Lampiran 5 : Dokumentasi Bersama Teman-teman Saat di Tempat Penelitian



Lampiran 6 : Melakukan Pengukuran Pada Meterial Sebelum Di Potong