

**TUGAS AKHIR**

**PENGELASAN GTAW PADA ALUMINIUM 6061 MENGGUNAKAN  
FILLER METAL ER 4047**

*Digunakan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Mesin Pada  
Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara*

**Disusun Oleh :**

**RAKHA RAMZAN AULIA**

**1807230063**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATRA UTARA**

**MEDAN**

**2023**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Rakha Ramzan Aulia  
NPM : 1807230063  
Program Studi : Teknik Mesin  
Judul Tugas : Pengelasan GTAW Pada Aluminium 6061 Menggunakan  
Akhir : Filler Metal ER 4047  
Bidang ilmu : Konstruksi dan Manufaktur

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, Mei 2023

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I



M Yani S.T., M.T

Dosen Penguji II



Chandra A Siregar S.T., M.T

Dosen Pembimbing



Suherman S.T., M.T

Program Studi Teknik Mesin  
Ketua,



Chandra A Siregar S.T., M.T

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Rakha Ramzan Aulia  
Tempat /Tanggal Lahir : Medan / 12 Januari 2000  
NPM : 1807230063  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Mesin

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

### **“Pengelasan GTAW Pada Aluminium 6061 Menggunakan Filler Metal ER 4047”,**

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 23 Mei 2023



Saya yang menyatakan,

*Rakha Ramzan Aulia*  
Rakha Ramzan Aulia

## ABSTRAK

Aluminium Alloy (AL) 6061 merupakan paduan Aluminium yang umumnya di aplikasikan untuk automotif maupun alat-alat konstruksi. Paduan Aluminium 6061 mempunyai sifat-sifat yang menguntungkan seperti tahan terhadap korosi, dapat di perlaku-panaskan, ketangguhan baik, serta sifat mampu las yang baik, sehingga banyak industri maju menggunakan material ini sebagai bahan utama dalam perancangan alat maupun konstruksi. Pengelasan GTAW adalah pengelasan dengan menggunakan busur nyala yang dihasilkan oleh elektroda tetap terbuat dari tungsten. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menganalisa pengaruh filler ER 4047 terhadap sifat mekanis pada uji tarik, uji bending, uji kekerasan, uji impact, dan uji mikro pada aluminium 6061. Gas yang digunakan sebagai pelindung adalah gas Helium (He), gas Argon (Ar), gas Karbondioksida (CO<sub>2</sub>) atau campuran dari gas - gas tersebut. Kampuh yang digunakan dalam penelitian ini adalah kampuh V tunggal. Filler (elektroda) yang digunakan yaitu ER 4047. Tegangan arus yang digunakan yaitu 160 A dan tegangan 17 V dan kecepatan las 58,36 detik dalam 30 cm dengan nilai head input 30201 J/M. Nilai tegangan tarik sebesar 228,59 Mpa. Nilai impact sebesar 61,31 J/CM<sup>2</sup>. Nilai kekerasan daerah BASE METAL sebesar 86,2 daerah HAZ sebesar 70,6 dan daerah WELD METAL sebesar 88,9 Rata-rata nya. Nilai bending pada spesimen 1 terdapat crack sepanjang 0,4 cm/ 3mm sedangkan pada spesimen 2 crack terbentuk sepanjang 0,7 cm/ 7mm. Pada pengujian mikro area las (*welded*) terdapat jumlah butiran yang berwarna gelap dan serat yang berwarna terang dalam jumlah yang hampir sama. Namun 2 garis gelap yang tidak *continue*, merupakan area kemungkinan terjadi retakan bila diberikan tekanan pada area las.

**Kata kunci:** Aluminium 6061, Filler ER 4047, pengelasan GTAW, Head input, Pengujian tarik, Pengujian impact, Pengujian kekerasan, Pengujian bending, Pengujian mikro.

## **ABSTRACT**

*Aluminum Alloy (AL) 6061 is an aluminum alloy that is generally applied to automotive and construction equipment. Aluminum alloy 6061 has advantageous properties such as resistance to corrosion, can be heat treated, good toughness, and good weldability, so that many advanced industries use this material as the main material in tool design and construction. GTAW welding is welding using a flame arc produced by a fixed electrode made of tungsten. The purpose of this study was to analyze the effect of filler ER 4047 on mechanical properties in the tensile test, bending test, hardness test, impact test, and micro test on aluminum 6061. The gas used as a shield is Helium gas (He), Argon gas (Ar), carbon dioxide gas (CO<sub>2</sub>) or a mixture of these gases. The seam used in this study was single V seam. The filler (electrode) used was ER 4047. The current voltage used was 160 A and a voltage of 17 VA and a welding speed 58.36 seconds in 30 cm with a head input value of 30201 J/M. The tensile stress value is 228.59 Mpa. The impact value is 61.31 J/CM<sup>2</sup>. The hardness value of the BASE METAL area is 86.2, the HAZ area is 70.6 and the WELD METAL area is 88.9. Bending value on specimen 1 has a crack along 0.4 cm/ 3mm while on specimen 2 a crack is formed along 0.7 cm/ 7mm. In the micro welding area test, there are almost the same number of dark colored grains and light colored fibers. However, the 2 dark lines that do not continue are areas where cracks are likely to occur if pressure is applied to the weld area.*

**Keywords:** *Aluminum 6061, Filler ER 4047, GTAW welding, Head input, Tensile test, Impact test, Hardness test, Bending test, Micro test.*

## KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “**Pengelasan GTAW Pada Aluminium 6061 Menggunakan Filler Metal ER 4047**” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Suherman, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing Fakultas Teknik UMSU, yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Chandra A Siregar, S.T., M.T dan Bapak Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T, selaku Ketua dan Sekretaris Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T, MT selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu ke teknikmesinan kepada penulis.
5. Orang tua penulis: Dr.Ramlan,S.H.,M.Hum dan Kartika Rahayu Nungsih, S AG, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
6. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Sahabat-sahabat penulis: Yusuf Lubis, Yudha Arista Rahardian Nasution, Rakha Ramzan Aulia, Riski Mumtaz Ali, Sri Bintangta Sitorus.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu keteknik-mesinan.

Medan, 23 Mei 2023



Rakha Ramzan Aulia

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR NOTASI</b>	<b>xiii</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup	2
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
<b>BAB 2 DASAR TEORI</b>	<b>4</b>
2.1. Pengertian Pengelasan GTAW ( <i>Gas Tungsten Arc Welding</i> )	4
2.1.1. Kuat Arus	5
2.1.2. Gas pelindung	5
2.1.3. Kampuh Las	6
2.1.3.1. Kampuh	7
2.1.3.2. Kampuh V tunggal	7
2.1.3.3. Kampuh V ganda	7
2.1.3.4. Kampuh V tunggal dan ganda	8
2.1.3.5. Kampuh U tunggal	8
2.1.3.6. Kampuh U ganda	8
2.1.3.7. Kampuh las alur J tunggal	9
2.1.4. Filter Metal	9
2.1.5. Posisi Pegelasan	10
2.1.5.1. Posisi pengelasan dibawah tangan	10
2.1.5.2. Posisi pengelasan mendatar	10
2.1.5.3. Posisi pengelasan tegak ( <i>vertical-up</i> )	11
2.1.5.4. Posisi pengelasan diatas kepala	11
2.1.6. Proses Pengelasan	13
2.2. Alumunium 6061	14
2.2.1. Sifat Aluminium 6061	14
2.2.2. Penerapan Alumunium 6061	15
2.3. Pengujian Tarik	15
2.3.1. Spesimen Uji	17
2.3.2. Pengujian lengkung (Bending)	18
2.3.2.1. Spesimen Uji Bending	18
2.3.2.2. Metode Pengujian	19
2.3.3. Pengujian Kekerasan (Vickers)	21



2.3.4. Pengujian Impact	21
2.3.5. Pengujian Mikrostruktur	24
<b>BAB 3 METODE PENELITIAN</b>	<b>26</b>
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	26
3.2 Alat dan Bahan	26
3.2.1. Alat	26
3.2.2. Bahan habis pakai	31
3.3 Diagram Alir Penelitian	33
3.4 Prosedur Penelitian	33
3.4.1. Proses pemotongan	33
3.4.2. Proses Pengelasan	34
3.4.3. Pembentukan spesimen	36
3.5 Prosedur Pengujian	37
3.5.1. Pengujian tarik	37
3.5.2. Pengujian bending	39
3.5.3. Pengujian impact	41
3.5.4. Pengujian kekerasan	42
3.5.5. Pengujian mikrostruktur	43
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>44</b>
4.1. Pengujian Tarik	44
4.2. Pengujian Bending	47
4.3. Pengujian Impact	47
4.4. Pengujian Kekerasan (Vickers)	49
4.5. Pengujian Micro	51
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>54</b>
5.1. Kesimpulan	54
5.2. Saran	54
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>56</b>
<b>LAMPIRAN</b>	<b>59</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Sifat Pelindung Yang Digunakan Pada Pengelasan TIG	6
Tabel 2.2	Komposisi Kimia Filler ER 4047	9
Tabel 2.3	Sifat Fisik Aluminium <i>Alloys</i> 6061	15
Tabel 2.4	Sifat Mekanik Aluminium paduan	15
Tabel 2.5	Komposisi Kimia Aluminium 6061	15
Tabel 3.1	Rencana Pelaksanaan Penelitian	26
Tabel 3.2	Pengelasan	37
Tabel 4.1	Komposisi Kimia Aluminium Alloy 6061	44
Tabel 4.2.	Komposisi Kimia Filler ER 4047	44
Tabel 4.3.	Hasil Uji Tarik	45
Tabel 4.4.	Hasil Uji Impact	48
Tabel 4.5.	Hasil Pengujian Kekerasan	50

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Skema Pengelasan	4
Gambar 2.2	Kurva polarisasi potensi dinamik dari AISI 201 dan logam las kecepatan pengelasan yang berbeda	5
Gambar 2.3	Kampuh I square butt weld	7
Gambar 2.4	Kampuh V tunggal Single V butt weld	7
Gambar 2.5	V ganda Double V butt weld	8
Gambar 2.6	Kampuh v miring tunggal dan ganda	8
Gambar 2.7	Kampuh U tunggal	8
Gambar 2.8	kampuh U ganda	8
Gambar 2.9	kampuh J tunggal	9
Gambar 2.10	kampuh J ganda	9
Gambar 2.11	kampuh J ganda	9
Gambar 2.12	Posisi pengelasan Flat or downhand	10
Gambar 2.13	Posisi pengelasan horizontal	11
Gambar 2.14	Posisi pengelasan vertikal-up	11
Gambar 2.15	Posisi pengelasan overhead	12
Gambar 2.16	Posisi pengelasan pada pipa	12
Gambar 2.17	Posisi pengelasan flat	14
Gambar 2.18	Proses Pengelasan Gas Tungsten Arc <i>Welded</i> (GTAW)	13
Gambar 2.19.	Aluminium 6061 pada rangka pelindung ( <i>roll cage</i> ) pada mobil balap rally	16
Gambar 2.20	Mesin uji Tarik	17
Gambar 2.21	Spesimen uji tarik	18
Gambar 2.22	Mesin Uji Bending	18
Gambar 2.23	Spesimen uji bending standar AWS D1.1 2015	19
Gambar 2.24	Tiga jenis pengujian lengkung bend test	20
Gambar 2.25	Alat uji kekerasan Vickers Testing Machine	21
Gambar 2.26	Pengujian Impact	22
Gambar 2.27	Contoh Hasil Pengujian Mikrostruktur	25
Gambar 3.1.	Mesin las GTAW	27

Gambar 3.2.	Gambar filler metal ER 4047	27
Gambar 3.3.	Gambar gerinda	27
Gambar 3.4.	Gambar jangka sorong	28
Gambar 3.5.	Gambar mesin uji tarik	28
Gambar 3.6.	Cekam uji tarik	29
Gambar 3.7.	Alat uji impact	29
Gambar 3.8.	Alat uji bending	30
Gambar 3.9.	Alat uji kekerasan	30
Gambar 3.10.	Alat uji mikro	31
Gambar 3.11.	Alumunium 6061	31
Gambar 3.12.	Tugsten	32
Gambar 3.13.	Gas argon	32
gambar 3.14	Ukuran specimen uji	34
Gambar 3.15	Test coupon dijepit pada tumpuan	35
Gambar 3.16	Test coupon setelah di beri titik las	35
Gambar 3.17	Test coupon setelah dilepas dari penjepit	35
Gambar 3.18	Test coupon posisi pengelasan TIG	36
Gambar 3.19	Test coupon setelah selesai proses pengelasan	36
Gambar 3.20	Bentuk spesimen uji tarik AWS D1.1:2015	37
Gambar 3.21	Jarak antara cak atas dan bawah	38
Gambar 3.22	Proses pengujian tarik	39
Gambar 3.23	Bentuk spesimen uji bending AWS D1.1 2015	39
Gambar 3.24	Pengujian <i>Face bending</i>	40
Gambar 3.25	Bentuk penekanan pada pengujian bending	40
Gambar 3.26	Pengujian Root bending	41
Gambar 3.27.	Bentuk spesimen uji impact AWS D1.1:2015	41
Gambar 3.28.	Bentuk spesimen uji kekerasan AWS D1.1:2015	42
Gambar 3.29.	Bentuk spesimen uji mikro AWS D1.1:2015	43
Gambar 4.1.	Grafik Pengujian Tarik	45
Gambar 4.2.	Uji Tarik Spesimen 1	46
Gambar 4.3.	Uji Tarik Spesimen 2	46
Gambar 4.4.	Pengukuran uji Bending	47
Gambar 4.5.	Grafik Uji Impact	49
Gambar 4.6.	Grafik Uji Kekerasan	50
Gambar 4.7.	Mikrostructure Spesimen	51
Gambar 4.8.	Pembesaran 200 x area <i>raw material</i>	52
Gambar 4.9.	Pembesaran 200 x area HAZ	52
Gambar 4.10	Pembesarn 200 x area <i>welded</i>	53

## DAFTAR NOTASI

Tegangan / voltase	v
Arus	a
Heat input	kJ/mm
Panjang	m
Lebar	m / cm
Luas	mm <sup>2</sup> / cm <sup>2</sup>
Efisiensi	%
Berat	kg
Gaya	N
Energi	J
Strength	J/cm <sup>2</sup>
Tegangan (beban)	N/mm <sup>2</sup>
Sudut	Derajat / °
Diagonal	μm

# BAB 1 PENDAHULUAN

## 1.1. Latar Belakang

Pengelasan merupakan salah satu proses teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa tekanan dan dengan atau tanpa logam penambah dan menghasilkan sambungan yang kontinyu.

( Wiryosumarto. H. dan T. Okumura, 2000).

Tungsten Inert Gas (TIG) atau Gas Tungsten Arch *Welded* (GTAW) merupakan salah satu jenis pengelasan busur listrik dengan gas pelindung. Dalam proses pengelasan, busur nyala listrik ditimbulkan oleh elektroda tungsten dengan benda kerja. Daerah pengelasan dilindungi oleh gas pelindung. Gas pelindung yang dapat digunakan adalah Helium (He) atau Argon (Ar). TIG sudah menjadi bagian penting dalam industri manufaktur. Pengelasan ini banyak diaplikasikan pada baja stainless steel, aluminium, logam reaktif lainnya.( Adrian Y, 2012).

Aluminium merupakan material logam yang memiliki ketahanan terhadap korosi yang tinggi dibandingkan baja dan besi karena fenomena pembentukan lapisan pelindung akibat reaksi logam terhadap komponen udara sehingga lapisan tersebut melindungi logam dari korosi.( Darsin, dkk, 2013).

Aluminium paduan seri 6061 atau Al-Mg-Si adalah logam yang mempunyai sifat mampu las yang baik, kekuatan mekanik yang tinggi, serta tahan korosi. Aluminium seri 6061 banyak digunakan sebagai komponen mesin, alat berat, serta material konstruksi Gedung.( Darsin, M, 2013).

Paduan aluminium memiliki nilai keuletan logam las yang cenderung lebih kecil terhadap logam induk dibandingkan nilai keuletan logam las baja.( Sari N H, 2018).Dalam bidang perkapalan, aluminium 6061 banyak digunakan sebagai bahan rangka konstruksi, seperti rangka pada konstruksi stiffener, konstruksi pada bangunan lepas pantai. Aluminium seri ini merupakan sangat cocok untuk rangka konstruksi terutama konstruksi bidang perkapalan karena sifat uletnya, mampu dibentuk saat ditempa, dan tahan korosi.( Nurhafid,dkk, 2017).

Kuat arus yang diberikan saat proses pengelasan sangat mempengaruhi sifat

mekanis suatu bahan seperti kekuatan tarik, ketangguhan dan kekerasan material hasil pengelasan. Meningkatnya kuat arus yang diberikan saat proses pengelasan pada aluminium menyebabkan kekuatan tarik pada aluminium hasil pengelasan cenderung semakin turun akan tetapi sifat ketangguhan bahan mengalami peningkatan. Semakin tinggi kuat arus yang diberikan pada proses pengelasan aluminium meningkatkan sudut distorsi yang terjadi pada material hasil pengelasan (Suherman, dkk, 2018).

Menurut Wiryosumarto (1985), faktor yang mempengaruhi hasil pengelasan adalah parameter pengelasan yang di antaranya yaitu arus las, kecepatan pengelasan dan tegangan pengelasan. Dalam pengelasan, kualitas hasil pengelasan di pengaruhi oleh energi panas yaitu arus las. apabila pemilihan arus las yang kurang tepat maka hasil pengelasan tidak akan teratur, melebar dan tidak rata.

Prosedur pengelasan antara lain pemilihan parameter las seperti : tegangan busur las, besar arus las, penetrasi, kecepatan pengelasan dan beberapa kondisi standart pengelasan seperti: bentuk alur las, tebal pelat, jenis elektroda, dimana parameter- parameter tersebut mempengaruhi sifat mekanik logam las (Wiryosumarto, 2000).

Dengan latar belakang ini, maka peneliti tertarik untuk mengadakan penelitian tugas sarjana dengan judul : "Pengelasan GTAW pada AL 6061 menggunakan filler ER 4047".

## 1.2. Rumusan Masalah.

Dari latar belakang masalah, dapat di rumuskan masalahnya yaitu :  
Bagaimana untuk mengetahui dari pengujian tarik, pengujian impact, pengujian kekerasan, pengujian bending, dan pengujian mikro pada pengelasan aluminium 6061 menggunakan filler metal ER 4047 dengan metode pengelasan GTAW.

## 1.3. Ruang Lingkup.

Agar pembahasan tidak terjebak dalam pembahasan yang tidak perlu maka dibuat ruang lingkup yang meliputi :

1. Pengelasan yang dilakukan menggunakan metode pengelasan dan GTAW.

2. Material yang digunakan dalam penelitian adalah aluminium 6061.
3. Filler metal menggunakan ER 4047.

#### 1.4. Tujuan.

1. Menganalisa pengaruh filler metal ER 4047 terhadap sifat mekanis pada pengujian tarik, bending, impact, kekerasan.
2. Menganalisa pengaruh filler metal ER 4047 terhadap sifat mekanis mikrostruktur.

#### 1.5. Manfaat penelitian.

Adapun manfaat yang di peroleh dari penulis laporan akhir ini adalah :

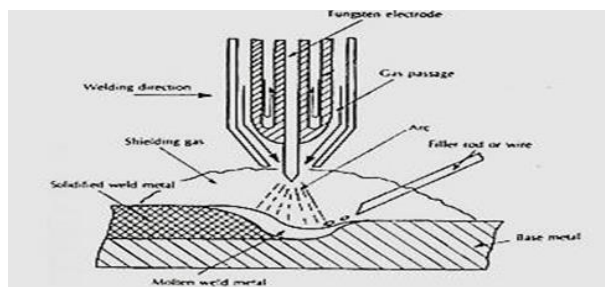
1. Menambah ilmu pengetahuan khususnya pada pengujian aluminium 6061 dalam pengelasan GTAW menggunakan filler metal ER 4047.
2. Sebagai informasi bagi mahasiswa teknik yang lain untuk meningkatkan kualitas pengelasan.



## BAB II DASAR TEORI

### 2.1. Pengertian Pengelasan GTAW (Gas Tungsten Arc Welding)

Pengelasan GTAW adalah pengelasan dengan menggunakan busur nyala yang dihasilkan oleh elektroda tetap terbuat dari tungsten. Sedang sebagai bahan penambah terbuat dari bahan yang sama atau sejenis dengan bahan yang dilas dan terpisah dari pistol las (welding gun). Prinsip kerja dari pengelasan ini adalah dimana gas dihembuskan ke daerah las untuk melindungi busur dan logam yang mencair terhadap udara sekitarnya (oksidasi). Gas yang digunakan sebagai pelindung adalah gas Helium (He), gas Argon (Ar), gas Karbondioksida (CO<sub>2</sub>) atau campuran dari gas-gas tersebut. Skema pengelasan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Skema Pengelasan GTAW (Sonawan, 2006)

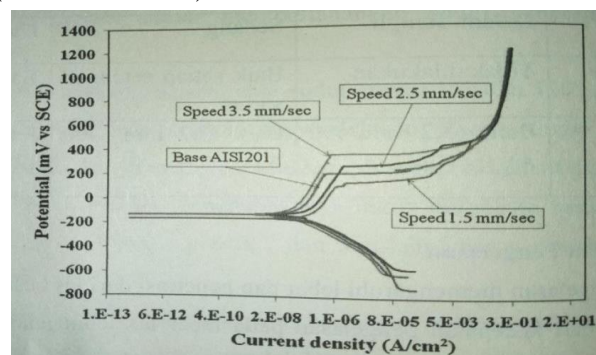
Elektroda pada GTAW termasuk elektroda tidak terumpan berfungsi sebagai tempat tumpuan terjadinya busur listrik. Kelompok elektroda terumpan. Kelompok elektroda tak terumpan menggunakan batang wolfram sebagai elektroda yang dapat menghasilkan busur listrik tanpa ikut mencair. Kelompok elektroda tak terumpan masih dibagi lagi ke dalam dua jenis yaitu jenis dengan logam pengisi dan jenis tanpa logam pengisi. Kelompok ini biasanya menggunakan gas mulia sebagai pelindung sehingga secara keseluruhan nama kelompok ini menjadi Las Wolfram Gas Mulia /TIG welding (Rirismananggi, dkk, 2019).

GTAW hanya beban gas pelindungnya berbeda, yakni campuran antara argon, nitrogen dan hydrogen yang lazim disebut plasma. Plasma pada hakekatnya terdiri dari molekul-molekul, electron-elektron dan berbagai ion sebagai hasil pemecahan atom atau molekul. Jenis las ini biasanya dipakai untuk pengisian kampuh-kampuh yang sangat besar untuk menyambung bahan yang tebal. Jika diperlukan kecepatan dan bukan kualitas, maka las

plasma lebih ekonomis untuk pelat karbon/mildsteel dengan ketebalan 2 mm ke bawah. Plasma untuk gas pelindung ternyata juga sangat baik untuk pemotongan plet stainless steel, karena hasil pemotongannya terhindar dari oksidasi sehingga di samping tampak bagus dan halus juga tidak mengalami perubahan structural material yang berarti (Widharto, 2000).

### 2.1.1. Kuat Arus

Arus berpengaruh dalam proses pengelasan busur listrik, besar kecil arus yang digunakan dapat menentukan ukuran dan bentuk hasil penetrasi dan deposit las. Arus yang semakin besar cenderung menghasilkan penetrasi yang lebih dalam dan luas daerah lasan semakin sempit. Makin tinggi arus listrik yang digunakan dalam pengelasan, makin tinggi pula penembusan (penetrasi) serta kecepatan pencairan. Arus listrik yang besar juga dapat memperkecil percikan butiran dan meningkatkan penguatan manik. Tetapi dengan tingginya arus listrik maka akan memperlebar daerah HAZ. Pengelasan yang berlangsung mempengaruhi penembusan dan kecepatan pencairan logam induk, makin tinggi arus las makin tinggi penembusan dan kecepatan pencairannya. Besar arus pada pengelasan mempengaruhi hasil las bila arus terlalu rendah maka perpindahan cairan dari ujung elektroda yang digunakan sangat sulit dan busur listrik yang terjadi tidak stabil. Sebelumnya telah dilakukan beberapa penelitian tentang kuat arus pengelasan dengan berbagai proses las. (Ratnasari 2016).



Gambar 2.2. Kurva polarisasi potensi dinamik dari AISI 201 dan logam las kecepatan pengelasan yang berbeda (Wichan, 2014).

### 2.1.2. Gas pelindung

Gas inert yang dapat digunakan sebagai gas pelindung untuk proses

pengelasan TIG yaitu Argon, Helium dan Campuran Argon dan Helium. Argon dan helium dapat digunakan pada pengelasan TIG. Tabel 2.1 mencantumkan sifat-sifat beberapa gas pelindung. Seperti yang ditunjukkan, potensi ionisasi untuk argon dan helium masing-masing adalah 15,7 dan 24,5 eV (Volt elektron). Karena lebih mudah untuk mengionisasi argon dari pada helium, inisiasi busur lebih mudah dan penurunan tegangan melintasi busur lebih rendah dengan argon. Selain itu, karena argon lebih berat dari helium, argon menawarkan perisai yang efektif dan resistensi yang lebih besar terhadap silang (Cross) dibandingkan helium. Dengan polaritas DCEP atau AC, argon juga memiliki aksi pembersih oksida yang lebih besar dari pada helium. Keunggulan ini ditambah dengan biaya argon yang lebih rendah membuatnya lebih menarik untuk digunakan pada pengelasan GTAW dari helium (kou,2003).

Tabel 2.1 Sifat pelindung yang digunakan pada pengelasan TIG (Kou, 2003)

Gas	<i>Chemical Symbol</i>	Molecular Weight (g/mol)	Specific Gravity with Respect to Air at 1 atm and 0°C	Density (g/L)	Ionization Potensial (eV)
Argon	Ar	39.95	1.38	1.784	15.7
Carbon dioxide	CO <sub>2</sub>	44.01	1.53	1.978	14.4
Helium	He	4.00	0.1368	0.178	24.4
Hydrogen	H <sub>2</sub>	2.016	0.0695	0.090	13.5
Nitrogen	N <sub>2</sub>	28.01	0.967	1.25	14.5
Oxygen	O <sub>2</sub>	32.00	1.105	1.43	13.2

Karena penurunan tegangan yang lebih besar di busur dengan gas helium daripada busur argon, maka input daya yang lebih tinggi dan sensitivitas yang lebih besar terhadap variasi panjang busur dapat diperoleh dengan gas helium. Memungkinkan pengelasan logam yang lebih tebal dan penggunaan kecepatan pengelasan yang lebih tinggi. Yang terakhir, di sisi lain, memungkinkan kontrol yang lebih baik dari panjang busur selama pengelasan GTAW yang otomatis (Kou,2003).

### 2.1.3. Kampuh Las

Kampuh las merupakan bagian dari logam induk yang akan diisi oleh

logam las, kumpuh las awalnya adalah berupa kubungan las yang kemudian diisi dengan logam las. Sambungan las dengan menggunakan alur kumpuh dikategorikan kedalam sambungan las tumpul. Sambungan las tumpul adalah jenis sambungan paling efisien, berikut ini pemaparan tentang jenis-jenis kumpuh las. (Aji 2019)

#### 2.1.3.1. Kumpuh I (*Square butt weld*)

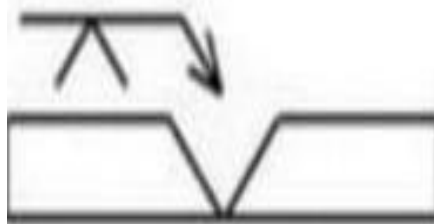
Las I kumpuh terbuka, pada kumpuh las ini terdapat celah antara plat yang akan dilas. Lebar celah tergantung pada ketebalan plat. Kumpuh ini kurang kuat dibandingkan kumpuh tertutup. Umumnya desain ini digunakan pada logam tipis seperti yang terlihat pada Gambar 2.3. (Rahman and Imran 2020)



Gambar 2.3. Kumpuh I *square butt weld* (Aji, 2019)

#### 2.1.3.2. Kumpuh V tunggal (*Single V butt weld*)

Kumpuh V tunggal, kumpuh ini lebih kuat dari pada kumpuh persegi dan dapat dipakai untuk menerima gaya tekan yang besar, serta lebih tahan terhadap kondisi beban statis. Desain ini dapat menghasilkan kualitas lasan yang sangat baik. Kumpuh V tunggal digunakan pada material dengan ketebalan sedang sampai tebal seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2.4.

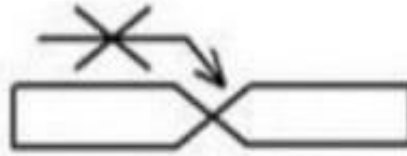


Gambar 2.4. Kumpuh V tunggal *Single V butt weld* (Aji, 2019)

#### 2.1.3.3. Kumpuh V ganda (*Double V butt weld*)

Kumpuh ini lebih kuat dari pada kumpuh V tunggal, sangat baik untuk kondisi beban statis maupun dinamis serta dapat menjaga

perubahan bentuk kelengkungan sekecil mungkin, seperti yang dapat dilihat pada gambar 2.5. berikut.



Gambar 2.5. V ganda *Double V butt weld* (Aji,2019)

#### 2.1.3.4. Kampuh V miring tunggal dan ganda

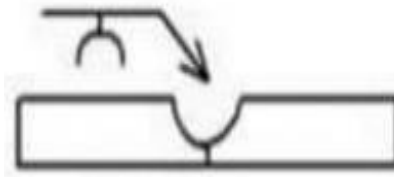
Kampuh ini dipergunakan untuk beban tekan yang besar. Kampuh ini lebih baik dari pada las persegi, tetapi tidak lebih baik dari sambungan V, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6. Kampuh v miring tunggal dan ganda (Aji,2019)

#### 2.1.3.5. Kampuh U tunggal (*Single U butt weld*).

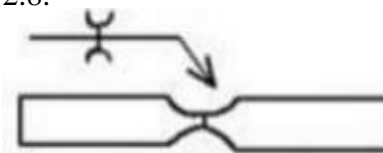
Kampuh U tunggal dapat dibuat tertutup dan terbuka. Kampuh ini lebih kuat menerima beban statis dan diperlukan untuk sambungan berkualitas tinggi, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7. Kampuh U tunggal (Aji,2019)

#### 2.1.3.6. Kampuh U ganda (*Double U butt weld*).

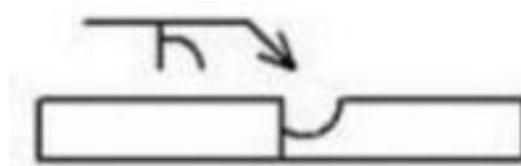
Kampuh U ganda juga dibuat tertutup dan terbuka. Kampuh ini lebih kuat menerima beban statis dan dinamis, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8. kampuh U ganda (Aji,2019)

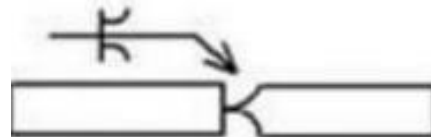
#### 2.1.3.7. Kampuh las alur J tunggal (*Single J butt weld*).

Kampuh ini dipakai untuk beban tekan yang lebih besar dari pada las rusuk, tetapi tidak untuk mengganti sambungan dengan las T dengan alur V miring ganda seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2.9.



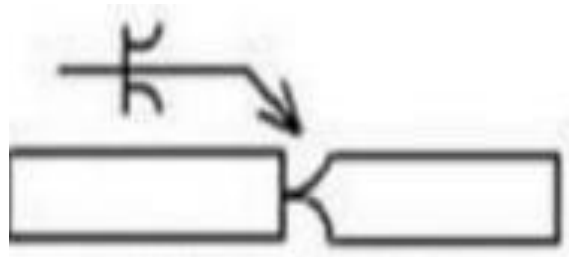
Gambar 2.9. kampuh J tunggal (Aji,2019)

1. Kampuh las dengan alur J ganda (*Double J butt weld*) dipakai untuk menahan beban kejut dengan ketebalan plat >30 mm, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10. kampuh J ganda (Aji,2019)

2. Kampuh las dengan alur J ganda (*Double J butt weld*) dipakai untuk menahan beban kejut dengan ketebalan plat >30 mm, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2.11.



Gambar 2.11. kampuh J ganda (Aji,2019)

#### 2.1.4. Filler Metal

Berdasarkan tabel AWS ANSI/ AWS A5.10-92 logam pengisi yang digunakan adalah ER 4047. Dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Komposisi kimia filler ER 4047.(Yudo and Mulyatno 2012)

Si	Mn	Mg	Zn	Cu	Cr	Ti	Fe
6.503	0.074	0.489	0.394	0.044	0.040	0.019	0.482

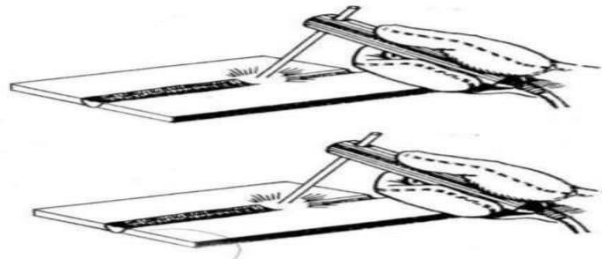
Sumber : (Yudo and Mulyatno,2012)

### 2.1.5. Posisi Pengelasan

Pada dasarnya ada empat posisi pengelasan yang berbeda, yaitu posisi datar, horizontal-vertikal, *overhead* dan vertikal. Pengelasan posisi vertikal dapat dilakukan sebagai pengelasan vertikal keatas atau vertikal. Selain itu lasan filet dapat dibuat pada posisi horizontal-vertikal atau pada posisi rata, posisi pengelasan dapat dilihat seperti contoh di bawah ini. (Klas Weman,2003).

#### 2.1.5.1. Posisi pengelasan di bawah tangan (*Flat or downhand*)

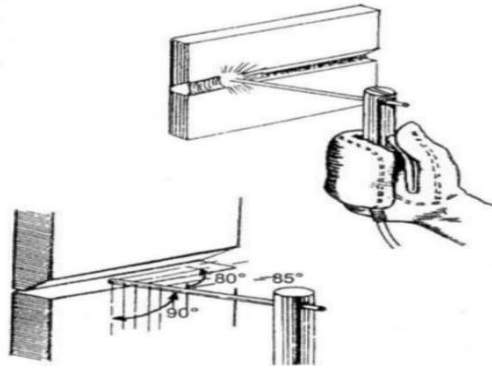
Posisi pengelasan ini adalah posisi yang paling mudah dilakukan. Posisi ini dilakukan untuk pengelasan pada permukaan datar atau permukaan agak miring, yaitu letak elektroda berada di atas benda kerja, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.12. dibawah ini.(Tarkono and Sugiyanto 2010)



Gambar 2.12. Posisi pengelasan *Flat or downhand* (Tarkono and Sugiyanto 2010)

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

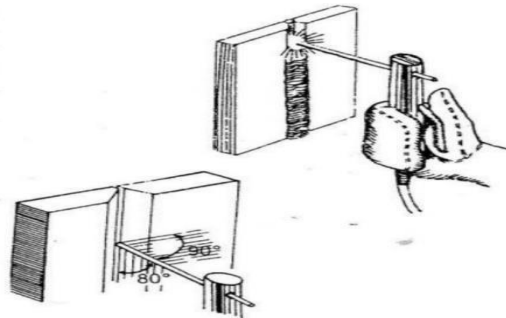
Mengelas dengan posisi mendatar merupakan pengelasan yang arahnya mengikuti arah garis mendatar/horizontal. Pada posisi pengelasan ini kemiringan dan arah ayunan elektroda harus diperhatikan, karena akan sangat mempengaruhi hasil pengelasan. Posisi benda kerja biasanya berdiri tegak atau agak miring sedikit dari arah elektroda las. Pengelasan posisi mendatar sering digunakan untuk pengelasan benda-benda yang berdiri tegak misalnya pengelasan badan kapal laut arah horizontal. seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.13. dibawah ini. (Tarkono and Sugiyanto 2010)



Gambar 2.13. Posisi pengelasan horizontal(Tarkono and Sugiyanto 2010)

#### 2.1.5.3. Posisi pengelasan tegak (*vertical-up*)

Mengelas dengan posisi tegak merupakan pengelasan yang arahnya mengikuti arah garis tegak/vertikal. Seperti pada horizontal position pada vertical position, posisi benda kerja biasanya berdiri tegak atau agak miring sedikit searah dengangerak elektroda las yaitu naik atau turun misalnya. pengelasan badan kapal laut arah vertikal. seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.14. dibawah ini. (Tarkono and Sugiyanto 2010)



Gambar 2.14. Posisi pengelasan *vertikal-up* (Tarkono and Sugiyanto 2010)

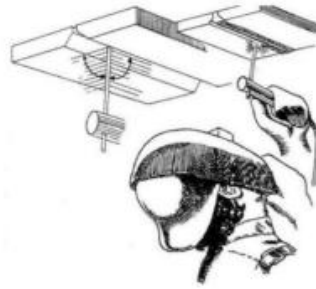
#### 2.1.5.4. Posisi pengelasan di atas kepala (*overhead position*)

Benda kerja terletak di atas kepala welder, sehingga pengelasan dilakukan di atas kepala operator atau welder. Posisi ini lebih sulit dibandingkan dengan posisi- posisi pengelasan yang lain. Posisi

engelasan ini dilakukan untuk pengelasan pada permukaan datar atau agak miring tetapi posisinya berada di atas kepala, yaitu letak elektroda berada di bawah benda kerja misalnya pengelasan atap gudang bagian dalam. seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.15.

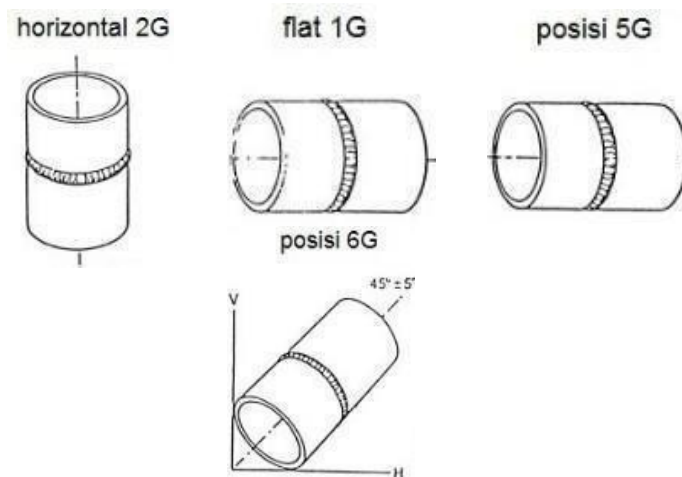


dibawah ini. (Tarkono and Sugiyanto 2010)



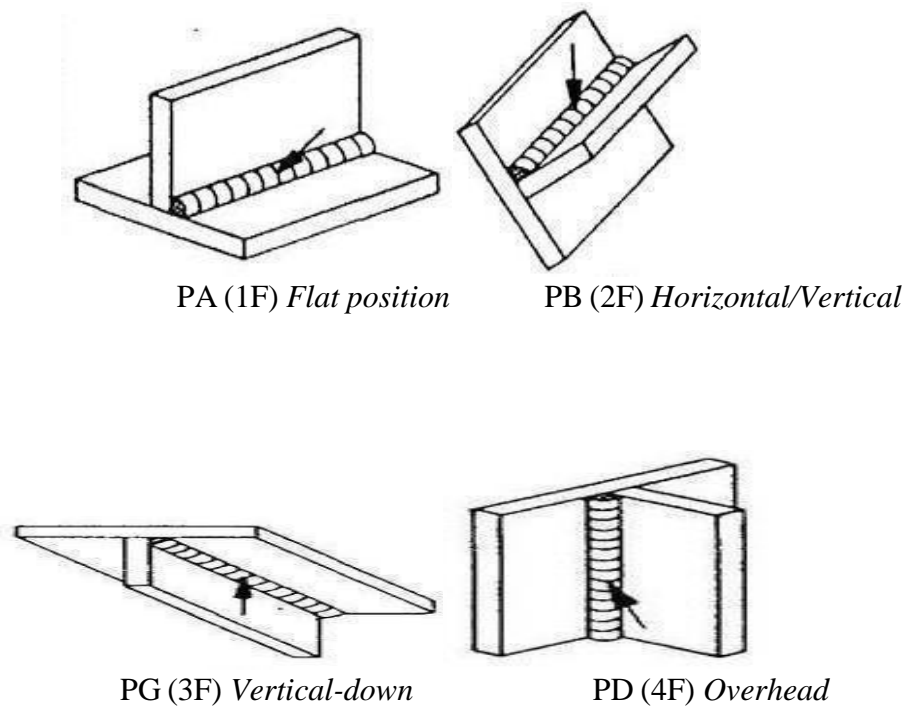
Gambar 2.15 Posisi pengelasan *overhead* (Tarkono and Sugiyanto 2010)

Untuk standar Amerika serikat (AWS) pada pengelasan pipa posisi pengelasan dibagi menjadi 4 yaitu 1G, 2G, 5G dan 6G, seperti Gambar 2.16.



Gambar 2.16. Posisi pengelasan pada pipa (Alif Maulana,2019)

Penempatan benda kerja disesuaikan dengan permintaan, dalam hal ini adalah menyesuaikan posisi pengelasan. Defenisi las *Fillet*, seperti yang diberikan pada EN 287-1. Penunjukan AWS dalam tanda kurung seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.17.



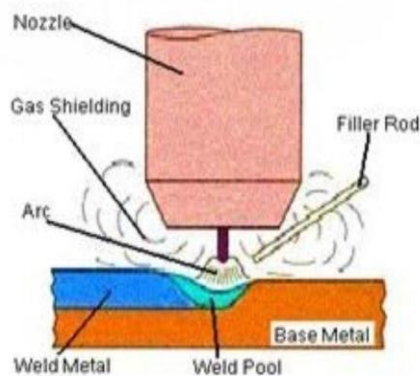
Gambar 2.17. Posisi pengelasan *flat* (Herman pranata,2018)

#### 2.1.6. Proses Pengelasan

Gas tungsten Arc Welding (GTAW) / Tungsten Inert Gas (TIG) Las gas tungsten arc welding (GTAW) adalah pengelasan dengan memakai busur nyala api yang menghasilkan elektroda tetap yang terbuat dari tungsten (wolfram), sedangkan bahan penambah terbuat dari bahan yang sama atau sejenis dengan bahan yang dilas dan terpisah dari torch. Untuk mencegah oksidasi, maka dipakai gas pelindung yang keluar dari torch biasanya berupa gas argon dengan kemurnian mencapai 99,99%. Pada proses pengelasan ini peleburan logam terjadi karena panas yang dihasilkan oleh busur listrik antara elektroda dan logam induk. Proses pengelasan gas tungsten arc welding (GTAW) dapat dilihat seperti pada Gambar 2.18. (Aljufri, 2008).

Tungsten Inert Gas (TIG) adalah suatu proses pengelasan busur listrik elektroda tidak terumpan, dengan menggunakan gas mulia sebagai pelindung terhadap pengaruh udaraluar. Pada proses pengelasan TIG peleburan logam terjadi karena panas yang dihasilkan oleh busur listrik antara elektroda dengan logam induk. Pada jenis pengelasan ini logam pengisi dimasukkan ke dalam daerah arus busur sehingga mencair dan terbawa ke logam induk. Las

TIG dapat dilaksanakan secara manual atau secara otomatis dengan mengotomatisasikan cara pengumpanan logam pengisi (Aljufri, 2008).



Sumber: Aljufri, 2008

Gambar 2.18. Proses Pengelasan Gas Tungsten Arc Welding (GTAW)

## 2.2. Aluminium 6061

Aluminium 6061 adalah jenis paduan aluminium yang sebagian besar terdiri dari paduan Al-Si-Mg (Suprpto *et al.*2019). Aluminium 6061 ini memiliki beberapa keunggulan, salah satunya adalah pada sifat mampuekstruksi yang termasuk tinggi. Tentunya, hal ini disebabkan karena aluminium seri 6xxx memiliki kandungan solute yang relative kecil serta titik leleh yang cenderung tinggi. Aluminium 6061 adalah salah satu paduan aluminium yang mana penggunaannya banyak diaplikasikan dalam bidang industri otomotif, industrimliter,serta industri dirgantara, hal ini disebabkan aluminium 6061 memiliki kekuatan yang cukup tinggi, ketahanan korosi yang relatif tinggi, serta ringan jika dibandingkan dengan paduan logam yang lain.(Tsamroh and Riza Fauzy 2022)

### 2.2.1. Sifat Aluminium 6061

Aluminium merupakan jenis material logam yang memiliki sifat ketahanan terhadap korosif yang baik dan sifat-sifat baik lainnya sebagai sifat logam dengan density  $2.70 \text{ g/cm}^3$  dan modulus elastisitas  $10 \times 10^6 \text{ psi}$  (Surdia & Saito, 1999)(Askeland & Fulay, 2009). Karena sifatnya yang ringan dan kuat.(Sidik 2019). Tabel 2.1 adalah data mengenai sifat fisik, Tabel 2.2 sifat mekanik dan Tabel 2.3 Komposisi kimia secara umum pada

aluminium paduan 6061.

Tabel 2.3. Sifat Fisik *Aluminium Alloys* 6061

Aluminium	Density (g/cm <sup>3</sup> )	Coefficien of thermal expansion ( $\mu/m. ^\circ C$ )	Melting range ( $^\circ C$ )	Thermal conductivity 25 $^\circ C$ (W/m)	Ultimate tensile strength (Mpa)
A6061	2,70	23,6	650	180	125

Sumber : *ASM handbook vol.2 properties and selection: nonferrous alloys and special-purpose material* (1993:178)

Tabel 2.4 Sifat Mekanik Aluminium paduan

Aluminium Paduan	kekuatan Tarik (Kgf/mm <sup>2</sup> )	kekuatan Mulur (Kgf/mm <sup>2</sup> )	Anjangan (%)	Kekerasan <i>Brinell</i>	Batas Lelah (Kgf/mm <sup>2</sup> )
6061	31,6	28,0	15	95	9,5

Sumber : Surdadi (1999:140)

Tabel 2.5. Komposisi Kimia Aluminium 6061

Al	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti
97,32	0,69	0,5	0,22	0,11	0,86	0,15	0,11	0,05

Sumber : (Randhiko et al.2014)

### 2.2.2 Penerapan Aluminium 6061

Aluminium 6061 banyak digunakan dalam pembuatan peralatan pengolahan makanan, wadah kimia, mobil penumpang, tanker jalan dan kereta api sistem transportasi karena kekuatannya yang tinggi, luar biasa kemampuan las dan ketahanan terhadap korosi. Karena paduan Aluminium 6061 mengalami penguatan presipitasi, benda tersebut mengalami pengurangan kekuatan di zona yang terkena panas (HAZ) (Pawan Kumar, 2011). Material Aluminium 6061 paling banyak digunakan dengan kekuatan tarik 31 kg/mm<sup>2</sup> dan tingkat kekerasannya sebesar 30 HVN. Komposisi pada aluminium 6061 yaitu didominasi oleh Mg dan Si yang lebih besar dibandingkan dengan Al jenis lainnya (1XXX, 2XXX, dll) Pada diagram fasa Al-Si-Mg, dapat diketahui bahwa Al 6061 mempunyai dua fasa dan satu karbida yang terbentuk yaitu  $\beta$ -AlFeSi,  $\alpha$ -Al(FeSi) dan Mg<sub>2</sub>Si. (Nafi 2018) Gambar 2.19. pengaplikasian

aluminium 6061 pada rangka pelindung (roll cage) pada mobil balap rally.



Gambar 2.19. Aluminium 6061 pada rangka pelindung (roll cage) pada mobil balap rally

### 2.3. Pengujian Tarik

Uji tarik adalah salah satu uji stress-strain mekanik yang bertujuan untuk mengetahui kekuatan bahan terhadap gaya tarik. Dengan menarik suatu bahan sampai putus maka dapat diketahui bagaimana suatu bahan tersebut bereaksi terhadap gaya tarik dan mengetahui sejauh mana material itu bertambah panjang (Wiryosumarto, 2000). Penarikan gaya terhadap beban akan mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk (deformasi) bahan tersebut. Proses terjadinya deformasi pada bahan uji adalah proses pergeseran butiran kristal logam yang di akibatkan melemahnya gaya elektro magnetik setiap atom logam hingga terlepas ikatan tersebut oleh penarikan gaya maksimum (Mizhar susri etal, 2014). Ujitarik banyak dilakukan untuk melengkapi informasi rancangan dasar kekuatan suatu bahan dan sebagai data pendukung bagi spesifikasi bahan. pada pengujian tarik dalam penelitian ini di tetapkan kekuatan tarik dan regangan patah, mesin uji tarik dapat dilihat pada gambar 2.20.berikut.(Rirismaranggi S, Syamsuar, andSumardi 2019)



Gambar 2.20. Mesin uji Tarik (Ludi Hartanto, 2009)

Rumus untuk mencari tegangan dapat di lihat di bawah ini :

1. Kekuatan tarik maksimum ( $\sigma$ )

Merupakan tegangan maksimum yang dapat ditanggung oleh material sebelum terjadinya perpatahan (fracture). Pada bahan yang bersifat getas, dimana tegangan maksimum itu merupakan sekaligus tegangan perpatahan (titik putus).

Dirumuskan:

$$\sigma = P / A_0 \dots\dots\dots (2.1)$$

dimana :

$\sigma$  = Tegangan tarik maksimum (MPa, N/mm<sup>2</sup>),

P = Beban Maksimum (N) dan

A<sub>0</sub> = Luas Penampang Penampang Mula-mula (mm<sup>2</sup>).

2. Regangan maksimum (e)

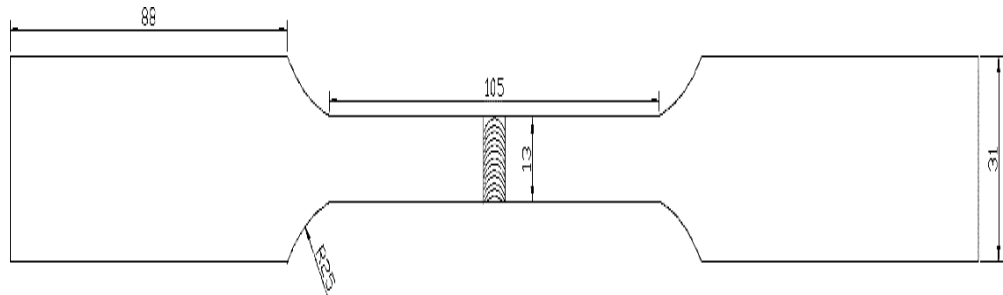
Diukur sebagai penambahan panjang ukur setelah perpatahan terhadap panjang awalnya.

Dirumuskan:

$$e = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\% \qquad e = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \times 100\% \dots\dots\dots (2.2)$$

2.3.1. Spesimen Uji

Salah satu sifat mekanik yang sangat penting dan dominan dalam suatu perancangan konstruksi dan proses manufaktur adalah kekuatan tarik. Kekuatan tarik suatu bahan di dapat dari hasil uji tarik tensile test yang dilaksanakan berdasarkan standar pengujian yang telah baku seperti AWS D1.1 dapat ditunjukkan pada Gambar 2.21.



Gambar 2.21. Spesimen uji

### 2.3.2. Pengujian lengkung (*Bending*)

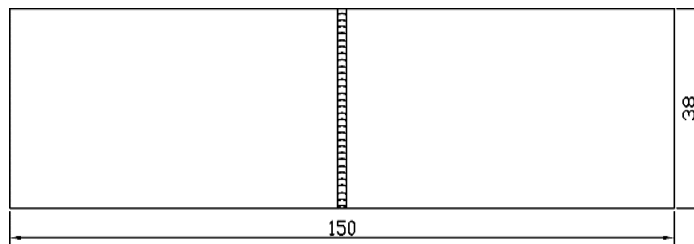
Pengujian tekuk (*bending test*) merupakan salah satu bentuk pengujian untuk menentukan mutu suatu material secara visual. Selain itu uji bending digunakan untuk mengukur kekuatan material akibat pembebanan dan kekenyalan hasil sambungan las baik di weld metal maupun HAZ. Dalam pemberian beban dan penentuan dimensi mandrel ada beberapa factor yang harus diperhatikan yaitu kekuatan tarik, komposisi kimia dan struktur mikro dan tegangan luluh, mesin pengujian *bending* seperti terlihat pada Gambar 2.22. berikut. (Kusuma, Jokosisworo, and Budi 2017).



Gambar 2.22. Mesin Uji Bending (Ludi Hartanto, 2009)

#### 2.3.2.1. Spesimen Uji Bending

Beberapa tingkat keuletan spesimen uji juga diperlihatkan, tidak diukur tetapi bisa dibuktikan jika spesimen uji dapat bertahan terhadap beban tekuk tanpa terjadi patah atau retak dengan ukuran panjang tertentu, spesimen uji dapat dilihat pada Gambar 2.23.



Gambar 2.23. Spesimen uji *bending* standar AWS D1.12015

#### 2.3.2.2. Metode Pengujian

Pengujian lengkung (*bending test*) merupakan salah satu pengujian yang merusak atau destructive test. Pengujian merusak adalah pengujian yang digunakan untuk mengetahui kekuatan logam pada konstruksi. Pengujian lengkung (*bending test*) adalah salah satu cara pengujian yang digunakan untuk menentukan mampu bentuk dari pelat atau kekuatan sambungan las (Surdia, T., dan Shinroku Saito, 2000: 21). Pengujian Bending digunakan untuk menganalisa adanya *open defect* pada saat material mendapat beban lentur. Pada material yang homogen pengujian batang sederhana dengan dua titik dukungan dan pembebanan pada tengah-tengah batang uji (*three point bending*). Untuk memenuhi kriteria penerimaan specimen uji lengkung setelah dilakukan penekanan pada specimen uji harus menunjukkan kondisi yang baik dengan tidak menunjukkan retakan atau tanda-tanda celah atau rongga signifikan dibagian luar lengkungan. Indikasi retak kecil yang panjangnya kurang dari 3 mm mungkin diizinkan oleh beberapa standar.

Ada empat jenis pengujian uji lengkung yang sering dilakukan pada hasil pengelasan yaitu :

##### a Face Bend

Pengujian dilakukan pada sumbu melintang pada lasan tumpul (*Butt weld*) tebal hingga 12 mm dan specimen uji menjadi bengkok sehingga muka lasan beradadiluar lengkungan (*Face in tension*).



b Root Bend

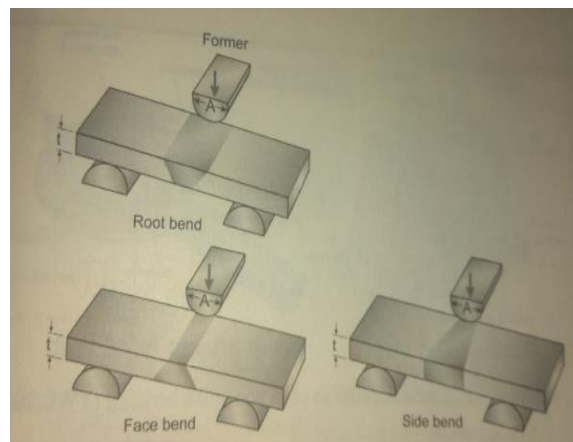
Pengujian dilakukan pada sumbu melintang pada lasan *butt weld* dengan tebal hingga 12 mm dan spesimen uji menjadi bengkok sehingga akar lasan berada diluar dari lengkungan (*Root in tension*).

c Side Bend

Pengujian dilakukan pada irisan melintang dari spesimen uji (10 mm) dari ketebalan penuh lasan *butt weld* > 12 mm dan spesimen uji menjadi bengkok sehingga ketebalan sambungan penuh (sisi dalam tegangan).

d Longitudinal Bend

Pengujian lengkungan memanjang dilakukan pada sumbu yang sejajar dengan sumbu longitudinal dari lasan *butt weld*; ketebalan spesimen hingga 12 mm dan muka atau akar lasan dapat di uji Tarik. Gambar 2.24 menggambarkan tiga jenis pengujian lengkung *bend test*.



Gambar 2.24. tiga jenis pengujian lengkung *bend test* (TWI,2018)

$$\Sigma f = 3PL^2bd^2 \dots \dots \dots (2.4)$$

Keterangan rumus :

$\Sigma f$  = Tegangan lengkung (kgf/mm<sup>2</sup>)

P = Beban atau gaya yang terjadi (kgf)

L = Jarak point (mm)

b = Lebar benda uji (mm)

d = Ketebalan benda uji (mm)

### 2.3.3. Pengujian Kekerasan (Vickers)

Pengujian kekerasan dengan alat vickers testing machine (Microvikers), bertujuan untuk menghitung kekerasan logam paduan tersebut karena nilai kekerasan setiap logam berbeda. Angka kekerasan vickers didefinisikan sebagai beban dibagi luas permukaan lekukan. Pada prakteknya. Luas ini dihitung dari pengukuran mikroskopik panjang diagonal jejak. Mesin pengujian vickers seperti terlihat pada gambar 2.25. berikut.



Gambar 2.25. Alat uji kekerasan Vickers Testing Machine (Lab ATB Polmed)

VHN dapat ditentukan dari persamaan berikut ini:

$$VHN = \frac{2p \sin\left(\frac{\theta}{2}\right)}{d^2} = \frac{1,854}{d} p \quad (2.5)$$

Keterangan :

P = beban yang digunakan (kg)

D = panjang diagonal rata rata (mm)

$\theta$  = sudut antara permukaan intan yang berhadapan ( $136^\circ$ )

VHN = angka yang berkaitan dengan gaya dan luas permukaan indentasi

P = beban yang digunakan (kg)

D = panjang diagonal rata-rata (mm)

$\theta$  = sudut antara permukaan intan yang berhadapan ( $136^\circ$ )

### 2.3.4. Pengujian Impact

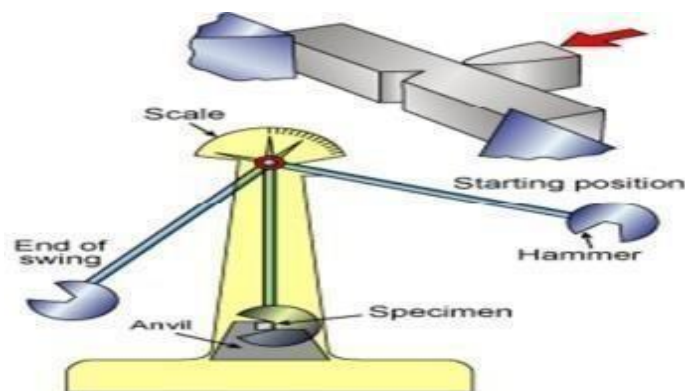
Pengujian impak Charpy (juga dikenal sebagai tes Charpy v-notch) merupakan standar pengujian laju regangan tinggi yang menentukan jumlah energi yang diserap oleh bahan selama terjadi patahan. Energi yang diserap

adalah ukuran ketangguhan bahan tertentu dan bertindak sebagai alat untuk belajar bergantung pada suhu transisi ulet getas. Metode ini banyak digunakan pada industri dengan keselamatan yang kritis, karena mudah untuk dipersiapkan dan dilakukan. Kemudian hasil pengujian dapat diperoleh dengan cepat dan murah.

Tes ini dikembangkan pada 1905 oleh ilmuwan Perancis Georges Charpy. Pengujian ini penting dilakukan dalam memahami masalah patahan kapal selama Perang Dunia II (Prawira, dkk., 2019).

Metode pengujian material ini sekarang digunakan di banyak industri untuk menguji material yang digunakan dalam pembangunan kapal, jembatan, dan untuk menentukan bagaimana keadaan alam (badai, gempa bumi, dan lain-lain) akan mempengaruhi bahan yang digunakan dalam berbagai macam aplikasi industri.

Tujuan uji impact charpy adalah untuk mengetahui keuletan atau keuletan suatu bahan (spesimen) yang akan diuji dengan cara pembebanan secara tiba-tiba terhadap benda yang akan diuji secara statik. Dimana benda uji dibuat takikan terlebih dahulu sesuai dengan standar ASTM E23 05 dan hasil pengujian pada benda uji tersebut akan terjadi perubahan bentuk seperti bengkokan atau patahan sesuai dengan keuletan atau keuletan terhadap benda uji tersebut (Prawira, dkk., 2019).



Gambar 2.26. Pengujian Impact (Nugraha, dkk, 2020).

Percobaan uji impact charpy dilakukan dengan cara pembebanan secara tiba-tiba terhadap benda uji yang akan diuji secara statik, dimana pada benda uji dibuat terlebih dahulu sesuai dengan ukuran standar ASTM E23 05.

Rumus untuk mencari uji Impact dapat di lihat di bawah ini:

- Usaha yang dilakukan pendulum waktu memukul benda uji atau usaha yang diserap benda uji sampai patah dapat diketahui melalui rumus sebagai berikut:

$$W_1 = G \times h_1 \text{ (kg m)} \dots\dots\dots (2.6)$$

Atau dapat juga diselesaikan dengan menggunakan rumus berikut ini :

$$W_1 = G \times \lambda (1 - \cos a) \text{ (kg m)} \dots\dots\dots (2.7)$$

dimana :

$W_1$  = usaha yang dilakukan (kg.m)

$G$  = berat pendulum (kg)

$h_1$  = jarak awal antara pendulum dengan benda uji (m)

$\lambda$  = jarak lengan pengayun (m)

$\cos \lambda$  = sudut posisi awal pendulum

- Sedangkan sisa usaha setelah mematahkan benda uji dapat diketahui melalui rumus sebagai berikut :

$$W_2 = G \times h_2 \text{ (kg m)} \dots\dots\dots (2.8)$$

Sehingga dapat diperoleh persamaan sebagai berikut :

$$W_2 = G \times \lambda (1 - \cos \beta) \text{ (kg m)} \dots\dots\dots (2.9)$$

dimana :

$W_2$  = sisa usaha setelah mematahkan benda uji (kg m)

$G$  = berat pendulum (kg)

$h_2$  = jarak akhir antara pendulum dengan benda uji (m)

$\lambda$  = jarak lengan pengayun (m)

$\cos \beta$  = sudut posisi akhir pendulum

- Besarnya usaha yang diperlukan untuk memukul patah benda uji dapat diketahui melalui rumus sebagai berikut :

$$W = W_1 - W_2 \text{ (kg m)} \dots\dots\dots (2.10)$$

Sehingga persamaan yang diperoleh dari rumus di atas adalah sebagai berikut:

$$W = G \times \lambda (\cos \beta - \cos \lambda) \text{ (kg m)} \dots\dots\dots (2.11)$$

dimana :

$W$  = usaha yang diperlukan untuk mematahkan benda uji (kg m)

- W1 = usaha yang dilakukan (kg m)
- W2 = sisa usaha setelah mematahkan benda uji (kg m)
- G = berat pendulum (kg)
- $\lambda$  = jarak lengan pengayun (m)
- $\cos \lambda$  = sudut posisi awal pendulum
- $\cos \beta$  = sudut posisi akhir pendulum

4. Dan besarnya harga impact dapat diketahui dari rumus berikut ini

$$K = \frac{W}{A_0} \dots\dots\dots 2.12$$

dimana :

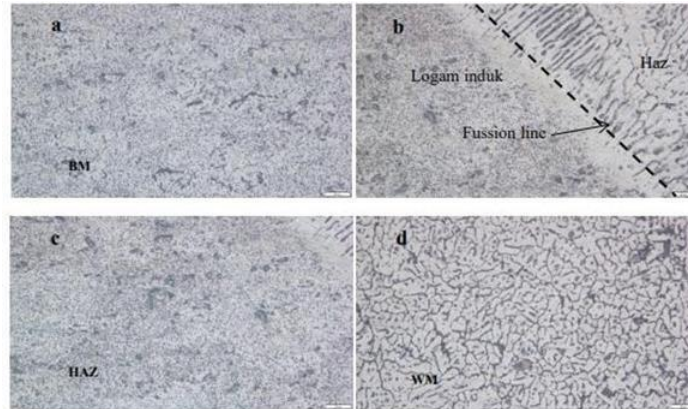
- K = nilai impact (kg m/mm<sup>2</sup>)
- W = usaha yang diperlukan untuk mematahkan benda uji (kg m)
- A<sub>0</sub> = luas penampang di bawah takikan (mm<sup>2</sup>)

#### 2.3.5. Pengujian Mikrostruktur

Struktur mikro merupakan struktur yang dapat diamati dibawah mikroskop optik. Meskipun dapat pula diartikan sebagai hasil dari pengamatan menggunakan scanning electron microscope (SEM). Mikroskop optik dapat memperbesar struktur hingga 1500 kali. Untuk dapat mengamati struktur mikro sebuah material oleh mikroskop optik, maka harus dilakukan tahapan-tahapan sebagai berikut :

- Melakukan pemolesan secara bertahap hingga lebih halus dari 0,5 mikron. Proses ini biasanya dilakukan dengan menggunakan ampelas secara bertahap dimulai dengan grid yang kecil (100) hingga grid yang besar (2000). Dilanjutkan dengan pemolesan oleh mesin poles dibantu dengan larutanpemoles.
- Etsa dilakukan setelah memperluas struktur mikro. Etsa adalah membilas atau mencelupkan permukaan material yang akan diamati kedalam sebuah larutan kimia yang dibuat sesuai kandungan paduan logamnya. Hal ini dilakukan untuk memunculkan fasa-fasa yang ada dalam struktur mikro. Pengamatan struktur mikro dilakukan untuk mengetahui kondisi mikro suatu logam. Pengamatan ini biasanya

melibatkan batas butir dan fasa-fasa yang ada dalam logam ataupun paduan tersebut. Berikut beberapa hasil pengujian struktur mikro.



Gambar 2.27. Contoh Hasil Pengujian Mikrostruktur (Irwana, 2018).

## BAB 3 METODE PENELITIAN

### 3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

#### a. Tempat penelitian

Pengujian ini akan dilaksanakan di Politeknik Negeri Medan, Universitas Sumatera Utara dan Universitas Negeri Medan. Waktu pengujian ini akan dilaksanakan pada bulan Januari-Juni 2022

#### b. Jadwal Penelitian

Waktu pelaksanaan penelitian ini yaitu di mulai tanggal di sah kannya usulan judul penelitian oleh Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dan akan di kerjakan selama kurang lebih 6 bulan sampai dinyatakan selesai.

Tabel 3.1. Rencana Pelaksanaan Penelitian

No	Kegiatan	Bulan					
		1	2	3	4	5	6
1	Pengajuan Judul						
2	Studi Literatur						
3	Pembuatan spesimen uji						
4	Pengelasan spesimen uji						
5	Pengujian tarik						
6	Pengujian bending						
7	Pengujian hardness						
8	Pengujian impact						
9	Pengujian mikro						
10	Pengumpulan data						
11	Penulisan tugas akhir						
12	Seminar						
13	Sidang						

### 3.2. Alat dan Bahan

#### 3.2.1. Alat

Adapun bahan yang digunakan pada pegelasan specimen aluminium 6061 adalah sebagai berikut:

#### a. Mesin Las GTAW

Mesin Las GTAW ini digunakan untuk mengelas / menyambung

spesimenyangakan diuji kekuatannya dengan cara ditarik.



Gambar 3.1. Mesin las GTAW

b. Filler Metal

Kawat Las digunakan sebagai material logam pengisi pada proses pengelasan spesimen uji dengan spesifikasi diameter 1 mm



Gambar 3.2. Gambar filler metal ER 4047

c. Gerinda

Mesin gerinda ini digunakan sebagai alat untuk memotong spesimen yang akan di las.

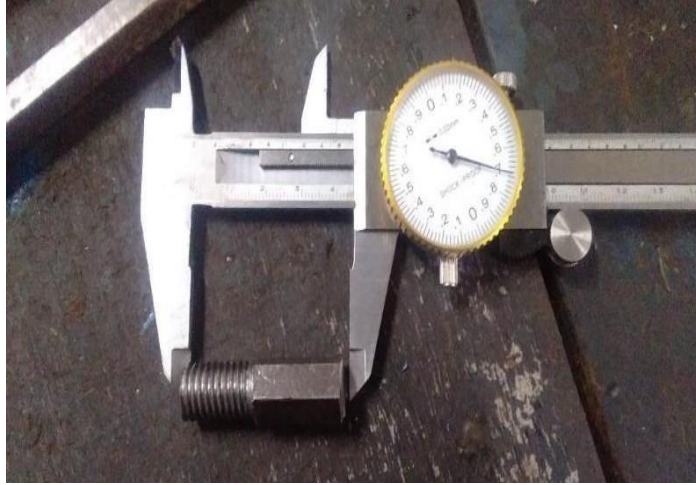


Gambar 3.3. Gambar gerinda



d. Jangka sorong

Jangka sorong pada penelitian ini digunakan sebagai alat ukur untuk mengukur dimensi dari benda kerja hasil pembubutan.



Gambar 3.4. Gambar jangka sorong

e. Mesin Uji Tarik (Testing Machine XB-OTS-600)

Mesin uji tarik pada penelitian ini digunakan sebagai alat yang akan menguji kekuatan pengelasan dengan cara ditarik, alat ini memiliki spesifikasi capacity 5000 Kgf (MAX), force resolution 1/1000, speed 0,001-20 inches / min, space 400 mm, dimension 800 x 530 x 1600 mm, power 1 phase 220 V 50 / 60 Hz, stroke 700 mm.



Gambar 3.5. Gambar mesin uji tarik

f. Cekam Uji Tarik

Cekam uji tarik digunakan sebagai alat untuk memegang spesimen pada saat proses pengujian tarik dilaksanakan.



Gambar 3.6. cekam uji tarik

g. Alat uji impact metode charpy

Merupakan suatu upaya untuk mensimulasikan kondisi operasi material yang sering ditemui dalam perlengkapan transportasi atau konstruksi dimana bebantidak selamanya terjadi secara perlahan-lahan melainkan datang secara tiba-tiba.



Gambar 3.7. Alat uji impact

h. Mesin Uji *Bending* (Testing Machine XB-OTS-600)

Alat ini dirancang untuk mengevaluasi kekakuan dan kualitas ulet kertas, plastik, karton, lembaran logam ringan, foil dan bahan fleksibel lainnya yang memiliki ketahanan lentur yang kuat. alat ini memiliki spesifikasi capacity 5000 Kgf (MAX), force resolution 1/1000, speed

0,001-20 inch / min, space 400 mm,dimension 800 x 530 x 1600 mm,  
power 1 phase 220 V 50 / 60 Hz, stroke 700 mm.



Gambar 3.8. Alat uji bending

i. Alat uji kekerasan metode vikers

Alat kekerasan adalah alat uji yang digunakan untuk mengukur nilai kekerasan ataukekakuan material



Gambar 3.9. Alat uji kekerasan

j. Alat uji mikro

Alat Uji Struktur Mikro Alat uji mikro ini digunakan untuk menyelidiki struktur logam antara lain bentuk, besar, orientasi butiran dan jumlah fasa yang adapada material dengan menggunakan mikroskop optik atau mikroskop elektron, terdapat4 lensa dengan perbesaran 10x, 50x, 100x,

dan 200x.

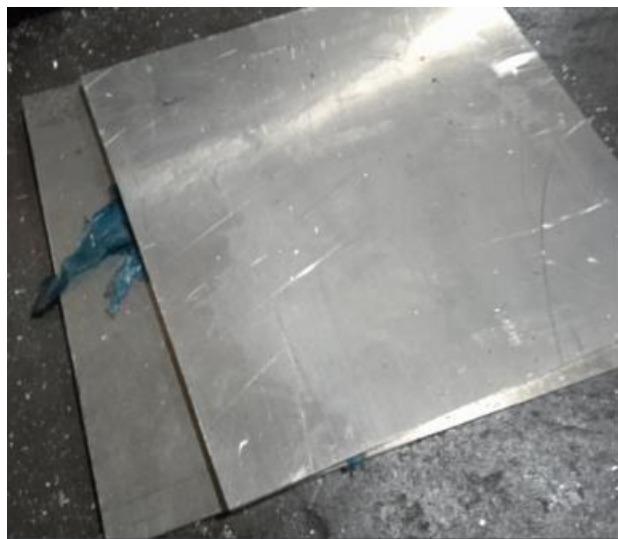


Gambar 3.10. Alat uji mikro

### 3.2.2. Bahan habis pakai

#### a. Alumunium 6061

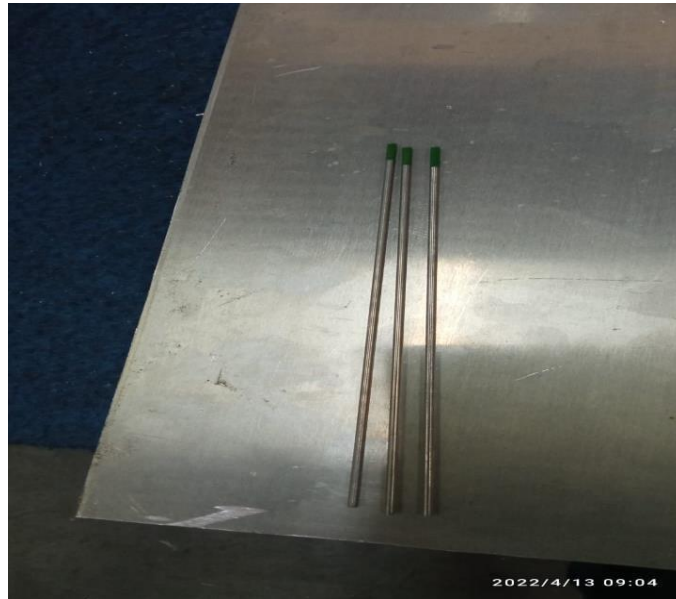
Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah Aluminium jenis Al 6061.



Gambar 3.11. Alumunium 6061

#### b. Tugsten

Sumber arus listrik yang berfungsi untuk menghasilkan energi pengelasan dan peralatan tambahan lainnya.



Gambar 3.12. Tugsten

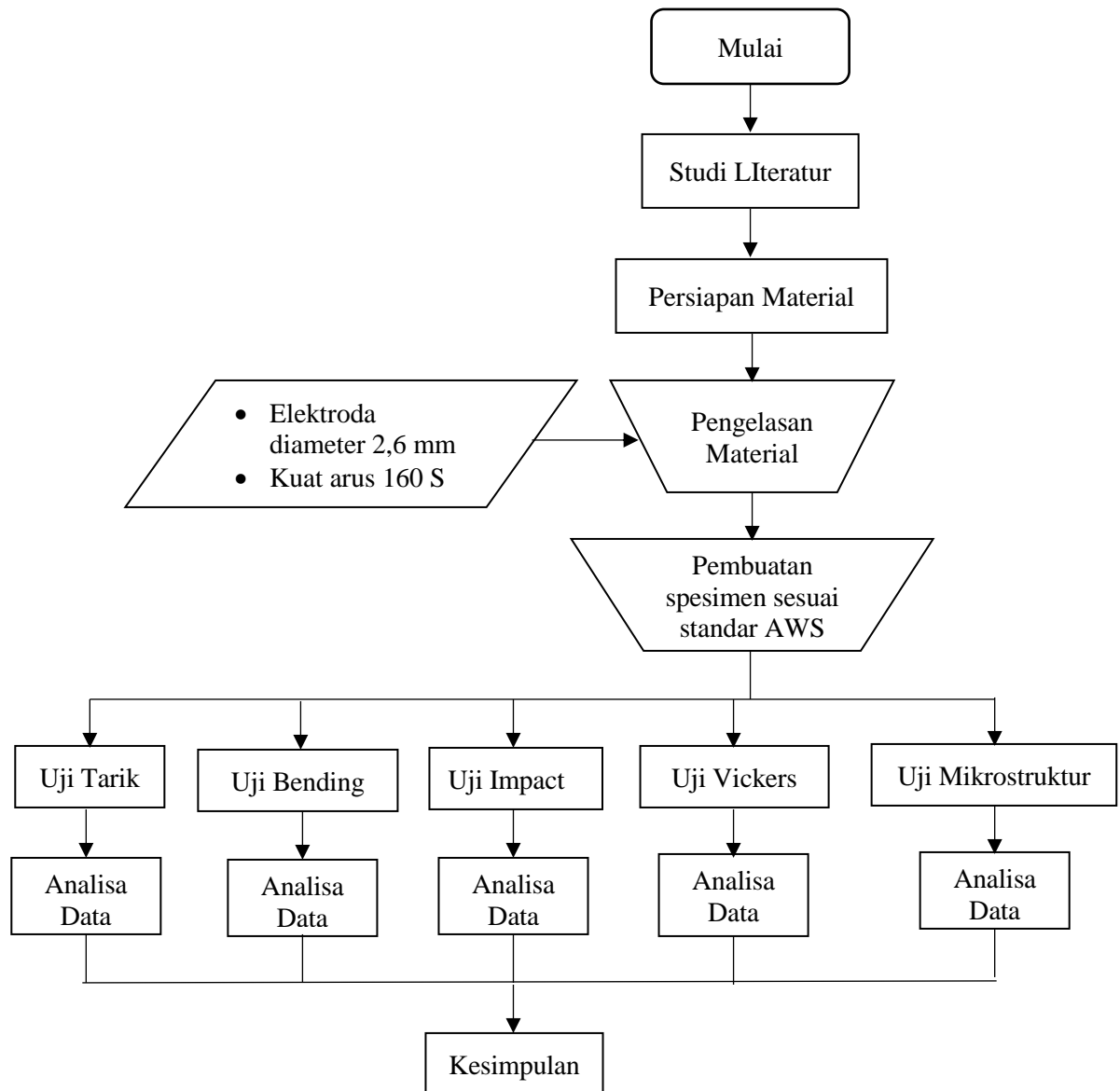
c. Gas argon

Sebagai gas pelindung (shielding gas), karena sifatnya yang mulia (inert) sehingga gas tersebut tidak bereaksi dengan lingkungan sekitarnya.



Gambar 3.13. Gas argon

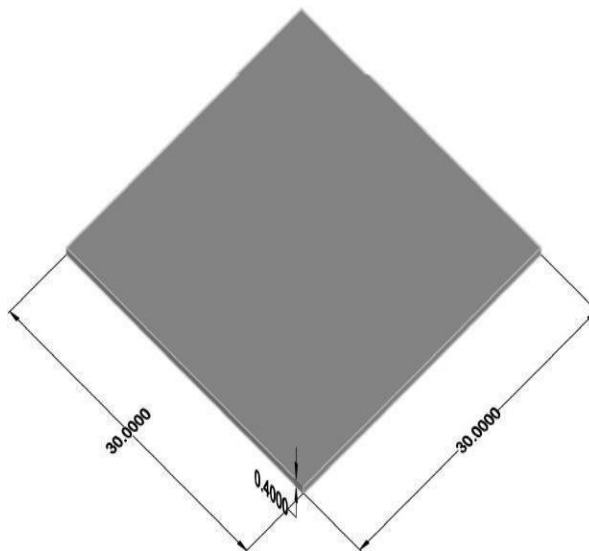
### 3.3 Diagram Alir Penelitian



### 3.4 Prosedur Penelitian

#### 3.4.1. Proses Pemotongan Bahan

Spesimen bahan uji dipotong menggunakan gerinda dengan ukuran panjang 300 mm, lebar 300 mm dan tebal 4 mm. Seperti ditunjukkan pada Gambar 3.14.



Gambar 3.14. ukuran spesimen uji

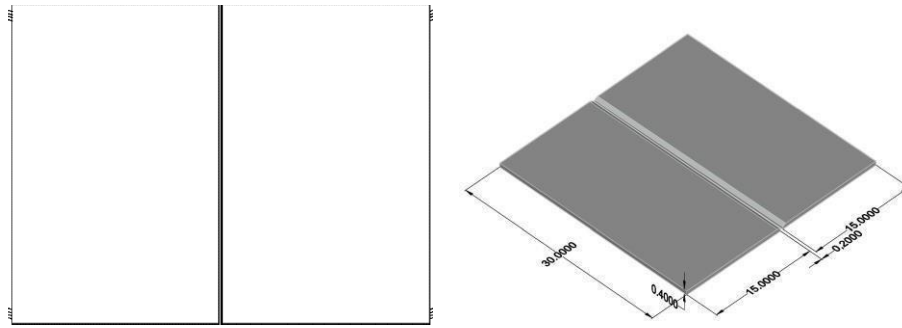
Setelah proses pemotongan bahan aluminium langkah selanjutnya melakukan preheat. Preheat merupakan pemanasan sebelum dilakukan pada suhu dibawah suhu rekristalisasi preheating bisa saja menggunakan gasburner, oxy-gas flame, electric blanket, pemanasan induksi, atau pemanasan di furnace. Alasan utama dilakukan preheat adalah memperlambat laju pada pendinginan logam las dan logam dasar, memungkinkan hidrogen dapat terdifusi keluar sehingga mengurangi potensi retak, dan meningkatkan ketangguhan logam.

Pada penelitian aluminium ini proses preheat yang dilakukan menggunakan pemanas *furnace* dengan suhu 100 .

#### 3.4.2. Proses Pengelasan

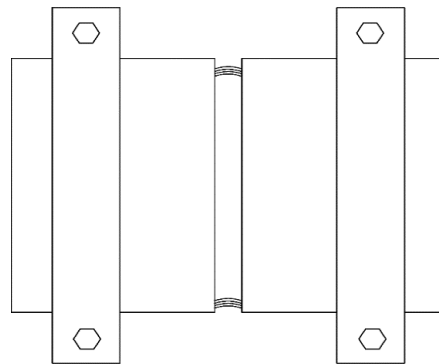
Langkah dalam proses pengelasan yaitu sebagai berikut :

1. Test coupon diletakkan pada meja kerja, kemudian disetel pada tumpuan dan dijepit dengan jarak antara dua test coupon yang akan dilas 2 mm dan melekaatkan tang penjepit las pada benda kerja, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.15.



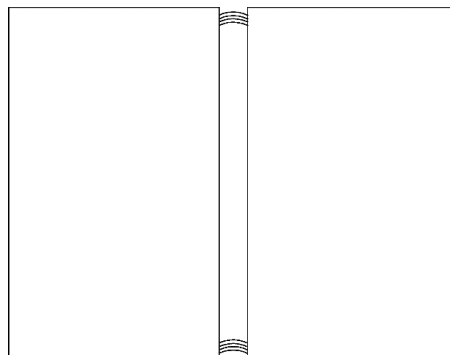
Gambar 3.15. Test coupon dijepit pada tumpuan

2. Mesin las GTAW dinyalakan, setel dengan besaran arus 160 A secara bergantian kemudian mengatur keluaran gas argon 15 liter/min.
3. Kecepatan umpan kawat secara otomatis dengan diameter kawat las 2,6mm;
4. Kawat las didekatkan dengan benda kerja kemudian dilanjutkan dengan proses pengelasan dengan memberi titik pada alur yang akan dilas bertujuan agar celah atau jarak tidak berubah saat melakukan alur pola pengelasan, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.16.



Gambar 3.16. Test coupon setelah di beri titik las

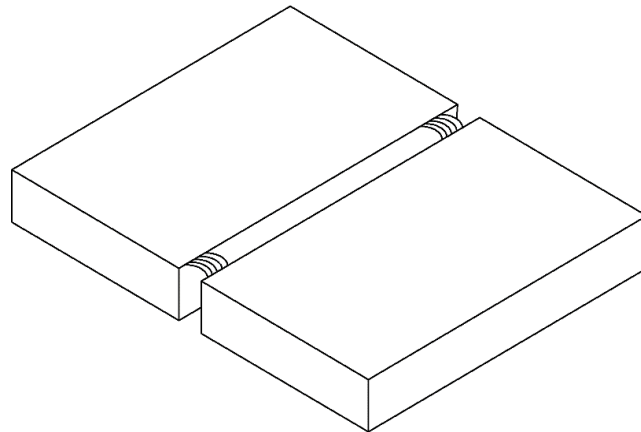
5. Lepaskan penjepit pada *test coupon*, bersihkan alur yang akan di las menggunakan sikat baja, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.17.



Gambar 3.17. Test coupon setelah dilepas dari penjepit

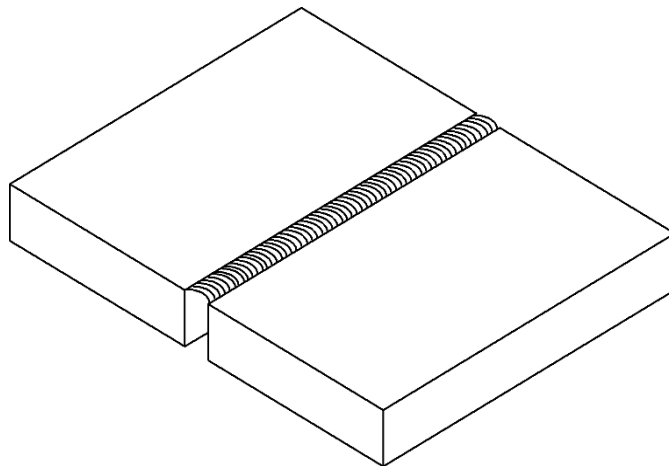


- Melakukan pengelasan 2 layer dengan pola lurus posisi pengelasan 1G, sepertiditunjukkan pada gambar 3.18.



Gambar 3.18. Test coupon posisi pengelasan T1G

- Setelah proses pengelasan selesai, membersihkan kembali alur lasan dengan menggunakan sikat baja agar tidak ada kotoran pengelasan. *Test coupon* didinginkan dalam suhu ruang, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.19.



Gambar 3.19. Test coupon setelah selesai proses pengelasan

#### 3.4.3. Pembentukan Spesimen

Setelah tahapan pengelasan spesciment dilanjutkan dengan proses pembentukan menggunakan acuan standar AWS D1.11.sec2c.2016. Proses pembentukan menggunakan alat fleksible saw kemudian membentuk takik dengan mesin frais. Pada tahapann ini pendinginan dengan media drumos pada saat pengerjaan harus diperhatikan juga, sehingga sampai panas yang di tihasilkan tidak berlebihan, sekarena dapat mengubah sifat mekanik material.

Pada penelitian ini menggunakan *Welding Procedure Specification* sesuai Tabel 3.2.

Tabel 3.2. Pengelasan

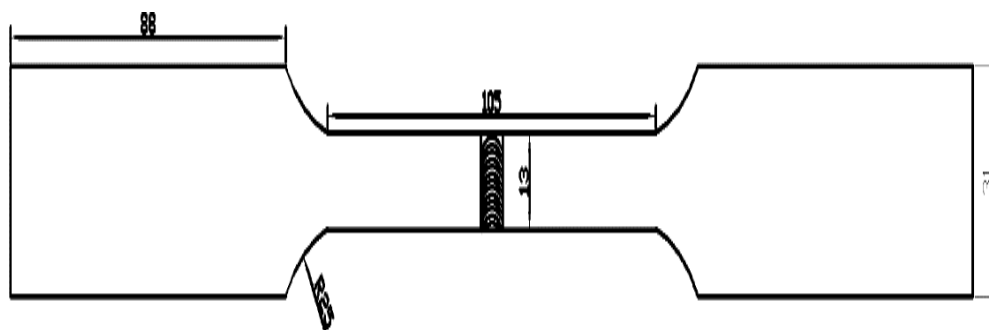
a	Spesifikasi material	Aluminium seri 6061
b	Dimensi	300 mm x 300 mm x 4 mm
c	Tipe sambungan	Butt joint
d	Posisi pengelasan	1 G
e	Filer metal	ER 4047
f	Diameter filer metal	Ø 2,6 mm
g	Arus	DC +
h	Kuat arus	160A
i	Jumlah layer	2 Layer
j	Kecepatan pengelasan	50 mm/s
k	Shielding gas	Argon 99,99%
l	Jumlah keluaran gas	15 liter/min

### 3.5. Prosedur Pengujian

#### 3.5.1. Pengujian Tarik

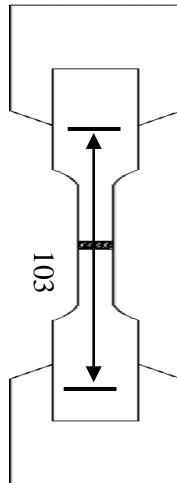
Proses pengujian dilakukan dengan langkah-langkah berikut ini :

- a. Spesimen uji yang sudah dipotong sesuai ukuran standar AWS D1.1 2015 seperti ditunjukkan pada gambar 3.20 berikut;



Gambar 3.20. Bentuk spesimen uji tarik AWS D1.1:2015

- b. Spesimen uji diukur sisi lebar 13 mm, sisi tebal 4 mm, sisi panjang 103 mm kemudian ditandai menggunakan spidol untuk mengetahui penambahan panjang saat mengalami penarikan sampai putus;
- c. Pasang kabel dan kaitkan ke pc, nyalakan mesin uji dan komputer;
- d. Kemudian ikat spesimen uji dengan cak atas dan cak bawah pada mesin ujisesuai panjang spesimen uji yaitu 103 mm;
- e. Sebelum pengujian pastikan ukuran cak atas dan cak bawah dengan jangkatorong sesuai panjang spesimen 103 mm, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.21.

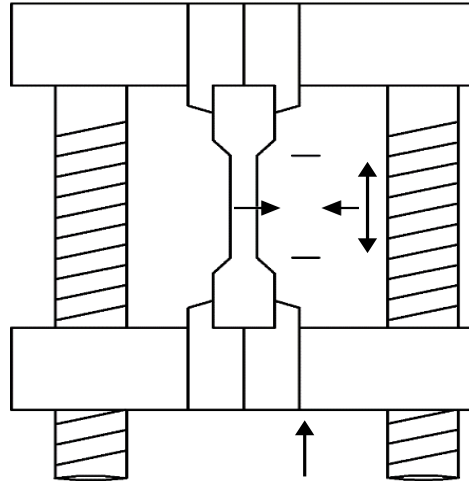


Gambar 3.21. Jarak antara cak atas dan bawah

- f. Untuk memulainya atur software pada pc jenis pengujian tarik sesuai dengan standar AWS D1.1;
- g. Setelah itu masuk ke panel pengujian atau pengukuran,pada saat penarikandata dimuali dari nol;
- h. Jalankan pengujian dengan mengklik start pada pc,seperti terlihat padagambar 3.22.
- i. Catat setiap penambahan dan uji sampai keadaan material putus. Matikanmesin ketika pengujian sudah selesai;
- k Mengolah data dari hasil pengujian, dan membuat grafik dari data yang

didapat, print data tersebut;

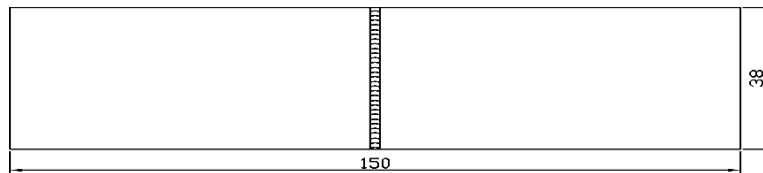
- 1 Selanjutnya lepaskan spesimen pada cak, lekan tombol mati jika sudah selesai dan lepaskan sambungan listrik mesin.



Gambar 3.22. Proses pengujian tarik

### 3.5.2. Pengujian Bending

1. Benda/spesimen uji dipotong sesuai ukuran standar AWS, seperti ditunjukkan pada gambar 3.23. berikut;

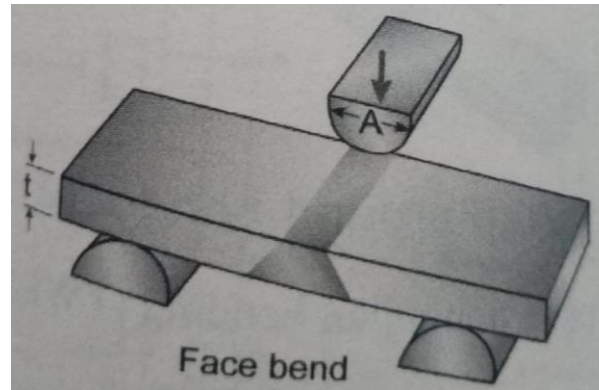


Gambar 3.23. Bentuk spesimen uji bending AWS D1.1 2015

2. Spesimen uji diukur sisi lebar 30 mm, sisi tebal 4 mm, sisi panjang 150 mm;
3. Kemudian ditandai area penggerindaan menggunakan spidol agar mudah melakukan evaluasi visual pada permukaan cembungnya;
4. Selanjutnya melakukan pengujian pada mesin uji *bending*;
5. Sebelum pengujian dilakukan tentukan diameter penekanan material dari ketebalan spesimen dengan kelipatan 4t;
6. Pasanglah diameter penekanan pada mesin uji;
7. Aturilah jarak tumpuan U dengan jarak 27,2 mm;
8. Lakukan pengujian *Face bending*, letakkan spesimen ditengah

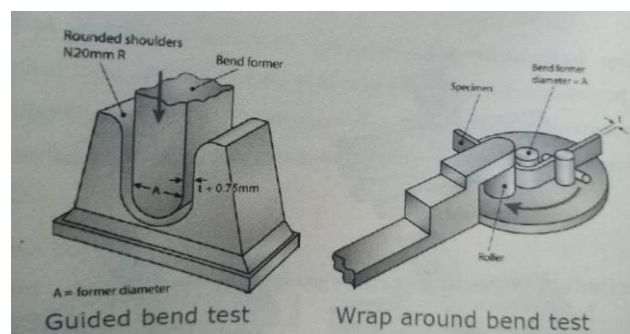
tumpuan dan permukaan pada posisi dibawah, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.24.

9. Untuk memulainya atur software pada pc jenis pengujian *bending* sesuaikan standar AWS D1.1;



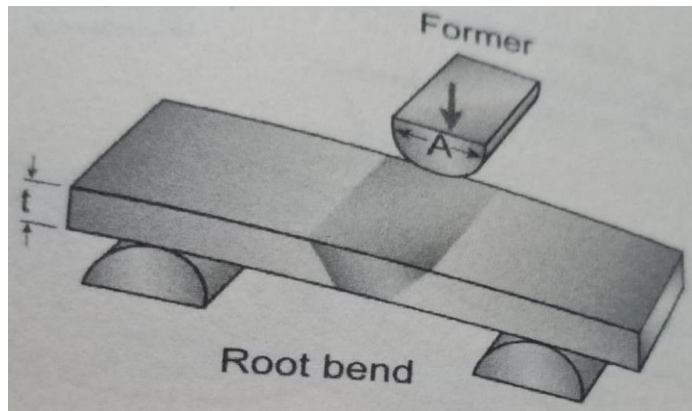
Gambar 3.24. Pengujian *Face bending*

10. Setelah itu masuk ke panel pengujian atau pengukuran, pada saat penarikan data dimulai dari nol;
11. Jalankan pengujian dengan mengklik start pada pc;
12. Catat setiap ada penambahan dan uji sampai keadaan material melengkung;
13. Pengujian *bending* ini idealnya spesimen dilengkungkan hingga membentuk sudut  $180^\circ$ , selanjutnya, seperti ditunjukkan Gambar 3.25.



Gambar 3.25. Bentuk penekanan pada pengujian bending

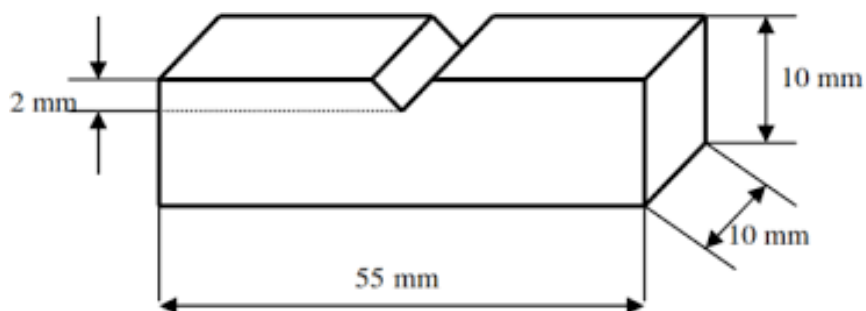
14. Lakukan pengujian *root*, dengan meletakkan permukaan dibawah, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.26.



Gambar 3.26. Pengujian *Root bending*

15. Setelah pengujian *face* dan *root* selesai lepaskan spesimen pada cak;
16. Matikan mesin dengan menekan tombol mati dan lepaskan sambungan listrik pada mesin;
17. Langkah selanjutnya mengolah data dari hasil pengujian dan membuat grafik dari data yang didapat print data tersebut;
18. Lakukanlah evaluasi pada permukaan spesimen untuk menunjukkan retakan atau tanda-tanda celah atau rongga signifikan pada bagian luar lengkungan;

### 3.5.3. Pengujian impact



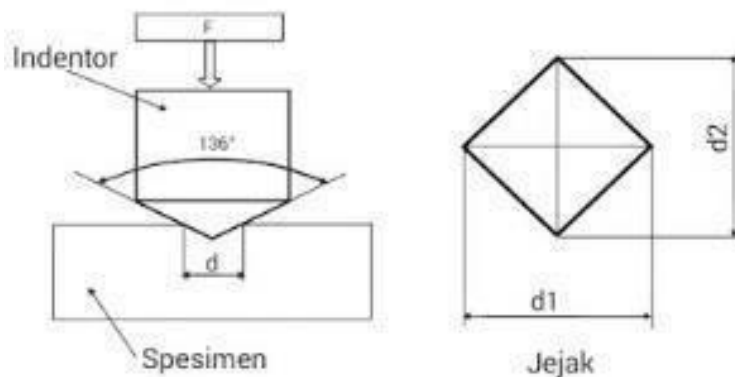
Gambar 3.27. Bentuk spesimen uji impact AWS D1.1:2015

Langkah-langkah pengujian impact adalah:

1. Benda/sepseimen uji dipotong sesuai ukuran standar AWS, seperti ditunjukkan pada gambar 3.27.

2. Specimen uji diukur sisi lebar 10 mm, sisi panjang 55 mm, tinggi 10 mm.
3. Buatlah alur (takik) pada benda kerja, tepat pada bagian tengah dengan ukuran yang sudah ditentukan menggunakan notching machine dengan kedalaman 2 mm.
4. Bukalah “the safety lock key”.
5. Bukalah “triggers”.
6. Rentangkan “the outer tup” dan “the inner tup”.
7. Selanjutnya pasang specimen ke mesin uji impact metode charpy digital.
8. Aturlah godam sampai ke atas.
9. Tarik “the spring loaded pin” sambil menghentakkan pada knop pelepas pada “triggers”, sampai “outer tup” dan “inner tup” berayun.
10. Bacalah pada layar digital mesin uji impact dengan satuan m/kg.

#### 3.5.4. Pengujian kekerasan



Gambar 3.28. Bentuk specimen uji kekerasan AWS D1.1:2015

Langkah–langkah pengujian hardness vickers adalah:

1. Hasil pengelasan dipotong pada daerah sekitar sambungan las.
2. Hasil potongan di mounting untuk mempermudah proses pengujian.
3. Specimen ditempatkan pada cekam mesin uji kekerasan.
4. Hidupkan mesin uji kekerasan.
5. Masukkan data standar pengujian pada program mesin uji kekerasan sesuai standar AWS D8.9-97, yaitu kecepatan indenter 200  $\mu\text{m}/\text{detik}$ ,

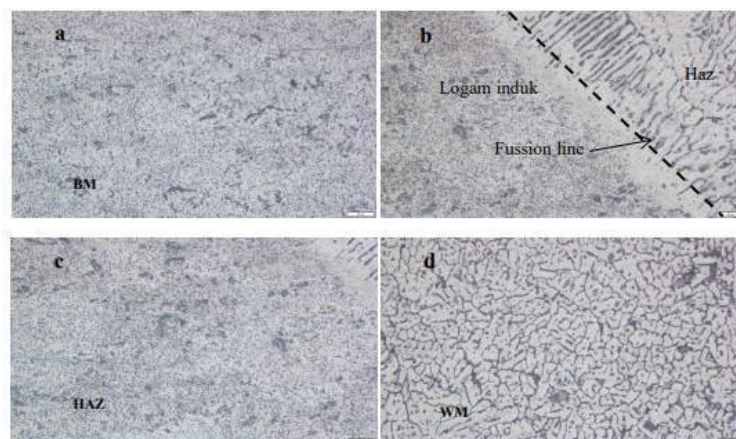
penekanan konstan 200 gf, dan lama penekanan 10 detik.

6. Atur posisi pengujian spesimen uji dimulai dari sisi sebelah kiri atas (logam induk baja tahan karat) kemudian melintang ke bawah dengan jarak setiap pengujian adalah 0,4 mm sesuai standar AWS D8.9-97.
7. Tekan tombol start pada mesin uji kekerasan untuk memulai pengujian.
8. Setelah pengujian selesai, hasil penekanan indenter yang terlihat pada monitor diukur panjang kedua diagonalnya dengan menggunakan mikroskop pengukur.
9. Panjang kedua diagonal yang telah diukur diinput pada program mesin uji kekerasan untuk mengetahui nilai kekerasannya (HV) kemudian dicatat.
10. Proses pengujian 1-15 diulangi hingga semua specimen diuji.

#### 3.5.5. Pengujian mikrostruktur

Langkah–langkah pengujian mikrostruktur adalah:

1. Mengamplas spesimen uji.
2. Melakukan polishing.
3. Melakukan etching menggunakan Larutan HNO<sub>3</sub> 2,5% + alkohol vol 75%, Larutan aqua regia.
4. Melakukan observasi menggunakan mikroskop optik.
5. Melakukan pengambilan gambar.
6. Mendapatkan gambar struktur mikro.



Gambar 3.29. Bentuk spesimen uji mikro AWS D1.1:2015



## BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian yang dilakukan dengan metode pengelasan Gas Tungsten Arc Welding (GTAW) untuk menyambung material aluminium alloy 6061 dengan komposisi dapat dilihat pada Tabel 4.1. Filler ER 4047 yang digunakan untuk menyambung material aluminium alloy 6061 dengan komposisi dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.1. Komposisi Kimia Aluminium alloy 6061

Al	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti
97,32	0,69	0,5	0,22	0,11	0,86	0,15	0,11	0,05

Sumber : (Randhiko et al.2014)

Tabel 4.2. Komposisi Kimia Filler ER 4047

Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti
6.503	0.482	0.044	0.074	0.489	0.040	0.394	0.019

Sumber : (Yudo and Mulyatno,2012)

Pengelasan dilakukan dengan menggunakan GTAW pada filler Er 4047. Pengelasan yang dihasilkan menghasilkan energi. Sumber energi adalah *Heat Input* (HI). Dengan formula :

$$Heat\ input\ (HI) = \frac{volt \times arus}{Kecepatan\ las} \times f k = \frac{17 \times 160 \times 3600\ s}{\frac{300\ mm}{58,36\ s} \times 1000} \times 0,6 = 0,317\ kJ/mm$$

Hasil pengelasan yaitu perpaduan sambungan material Al 6061 dengan material tambahan yaitu filler ER 4047. Pada hasil pengelasan akan dilakukan pengujian seperti uji tarik, uji bending, uji impact, uji kekerasan dan uji mikro.

### 4.1. Pengujian Tarik

Pengujian tarik pada bahan dengan dimensi lebar bahan pengujian (*l*) adalah 12,5 mm dengan tebal bahan (*t*) 4 mm dilakukan menghasilkan perubahan panjang sebesar 2 mm pada Gambar 4.2. Beban yang diberikan pada bahan sebesar 16,05 kN dan 16,60 kN. Sehingga nilai tarik berdasarkan persamaan 2.1 adalah

$$Spesimen\ 1 : \sigma_1 = P/A_0 = \frac{P}{l \times t} = \frac{16,05\ kN}{12,5 \times 4} = 321,06\ N/mm^2$$

$$\text{Spesimen 2 : } \sigma_1 = P/A_0 = \frac{P}{l \times t} = \frac{16,60 \text{ kN}}{12,5 \times 4} = 332,06 \text{ N/mm}^2$$

Sedangkan pada raw material aluminium dilakukan pengujian dengan beban 22,99 kN dan 24,61 kN.

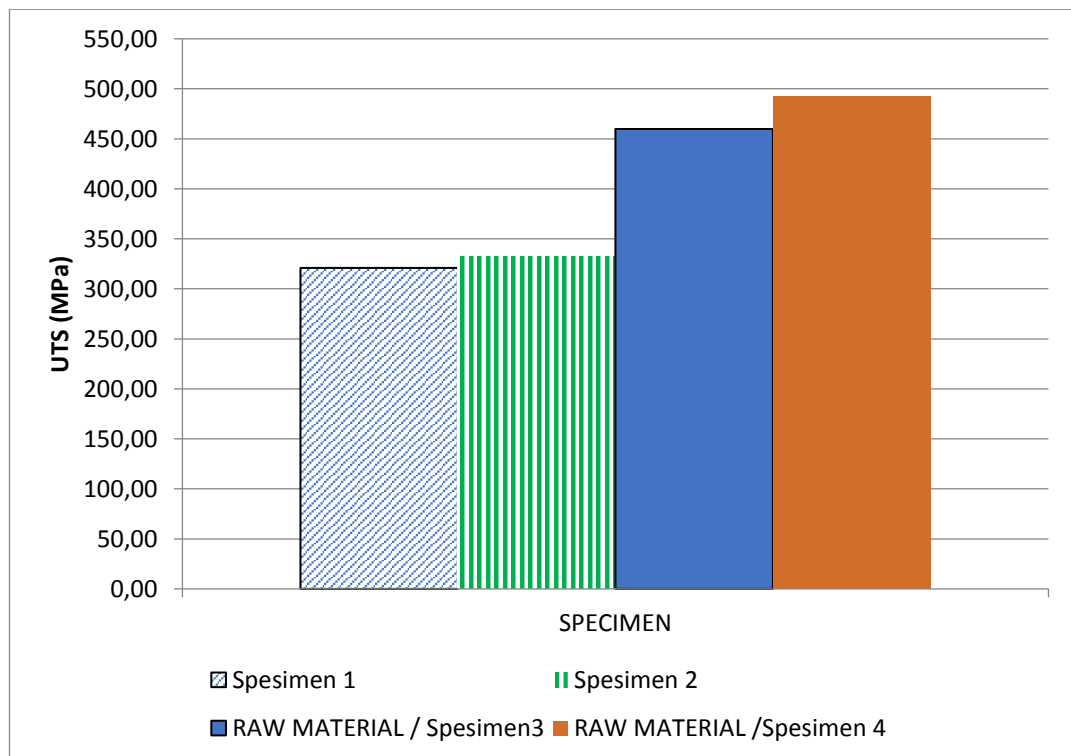
$$\text{Spesimen 3 : } \sigma_3 = P/A_0 = \frac{P}{l \times t} = \frac{22,99 \text{ kN}}{12,5 \times 4} = 459,80 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Spesimen 4 : } \sigma_4 = P/A_0 = \frac{P}{l \times t} = \frac{24,61 \text{ kN}}{12,5 \times 4} = 492,37 \text{ N/mm}^2$$

Pada pengujian tarik, kekuatan material akan semakin berkurang. Rata-rata yang tarik dari hasil pengelasan sebesar 326,55 N/mm<sup>2</sup> sedangkan pada raw material rata-rata sebesar 476,08 N/mm<sup>2</sup>. Dapat juga dilihat pada Tabel 4.3 dan Gambar 4.1.

Tabel 4.3. Hasil Uji Tarik

Spesimen	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Luas (mm <sup>2</sup> )	Lo (mm)	Lf (mm)	% ε	Beban (KN)	UTS (KN/mm <sup>2</sup> )	Joint Efisiensi
1	12.5	4	50	120	122	1.67	16.0528	321.06	65.21%
2	12.5	4	50	120	122	1.67	16.603	332.06	67.44%
3	12.5	4	50	120		-100	22.9901	459.80	93.39%
4	12.5	4	50	120		-100	24.6186	492.37	100.00%

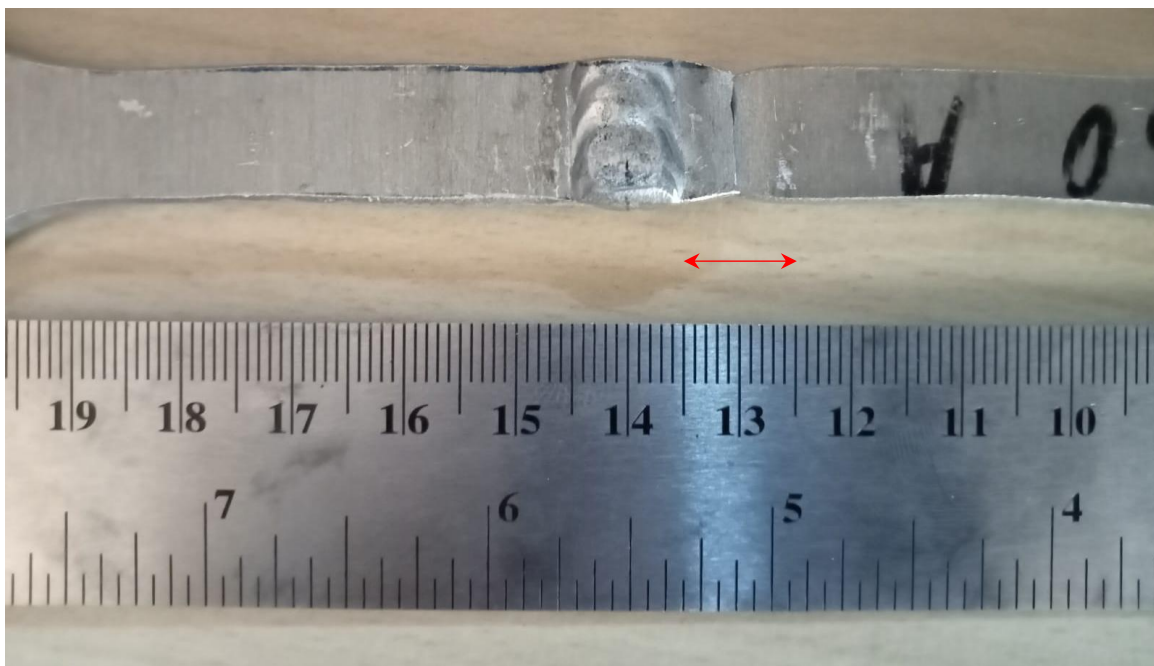


Gambar 4.1. Grafik Pengujian Tarik

Pengujian tarik secara maksimum pada spesimen 1 menghasilkan patahan berada pada area las (*welded*) dengan membentuk diagonal. Dapat dilihat pada gambar 4.2. Sedangkan pada spesimen 2 patahan terdapat pada area HAZ yaitu 1 cm dari area tengah *welded*. Dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.2. Uji Tarik Spesimen 1



Gambar 4.3. Uji Tarik Spesimen 2

Berdasarkan perhitungan nilai pengujian tarik berkurang sebesar 65,21% - 67,44% setelah dilakukan pengelasan. Hal ini disebabkan penetrasi/peleburan dalam penyambungan material tidak membuat discontinued material aluminium 6061. (Jiajia Shen,dkk,2022)

#### 4.2. Pengujian Bending

Pada pengujian bending, pengamatan deformasi dari material yang telah di *welded*. Pada spesimen 1 terdapat crack sepanjang 0,4 cm sedangkan pada spesimen 2 crack terbentuk sepanjang 0,7 cm. Hasil pengujian bending pada Gambar 4.3 dan Gambar 4.4.

Pengujian bending pada material dengan mengukur kemampuan lengkungan untuk berada pada kondisi tanpa ada patahan pada area *welded*. Pada sampel 1 perubahan sudut (*Bended*) tidak terdapat patahan sedangkan pada spesimen 2 perubahan sudut terdapat retakan sepanjang 0,4 cm pada bagian dalam lengkungan (area las). Hal ini disebabkan tekanan / tegangan yang diberikan pada sudut dalam dapat merusak lapisan las. Sedangkan pada sudut luar, renggangan tidak mempengaruhi lapisan las.



Gambar 4.4. Pengukuran Uji *Bending*

#### 4.3. Pengujian Impact

Pengujian impact dilakukan untuk menguji kekuatan dari bahan terhadap beban yang diberikan secara tiba-tiba. Sehingga bahan tersebut patah. Nilai pengujian impact setiap spesimen berdasarkan persamaan 2.7, 2.9 dan 2.12. Bahan pengujian hasil pengelasan pada sampel pertama dengan luas 0,72 cm<sup>2</sup> dan sampel 2 luas 0,94 cm<sup>2</sup> yakni :

Spesimen 1 :  $W_1 = G \times \lambda (\cos \beta - \cos \alpha)$

$$= 35 \times 9,81 \times 0,86 \times (\cos 125,1^0 - \cos 140,2^0) = 57,07 \text{ J}$$

$$K_1 = \frac{W_1}{A_0} = \frac{57,07 \text{ J}}{0,72 \text{ cm}^2} = 79,09/\text{cm}^2$$

Spesimen 2 :  $W_2 = G \times \lambda (\cos \beta - \cos \alpha)$

$$= 35 \times 9,81 \times 0,86 \times (\cos 124,2^0 - \cos 140,2^0) = 60,89 \text{ J}$$

$$K_2 = \frac{W_2}{A_0} = \frac{60,89 \text{ J}}{0,94 \text{ cm}^2} = 65,12 \text{ J/cm}^2$$

Pada material aluminium 6061 juga dilakukan pengujian impact spesimen 1 dan spesimen 2 dengan luas 0,49 cm<sup>2</sup> yakni :

Spesimen 3 :  $W_3 = G \times \lambda (\cos \beta - \cos \alpha)$

$$= 35 \times 9,81 \times 0,86 \times (\cos 125,5^0 - \cos 140,2^0)$$

$$= 55,39 \text{ J}$$

$$K_3 = \frac{W_3}{A_0} = \frac{55,39 \text{ J}}{0,49 \text{ cm}^2} = 112,58 \text{ J/cm}^2$$

Spesimen 4 :  $W_4 = G \times \lambda (\cos \beta - \cos \alpha)$

$$= 35 \times 9,81 \times 0,86 (\cos 126,8^0 - \cos 140,2^0)$$

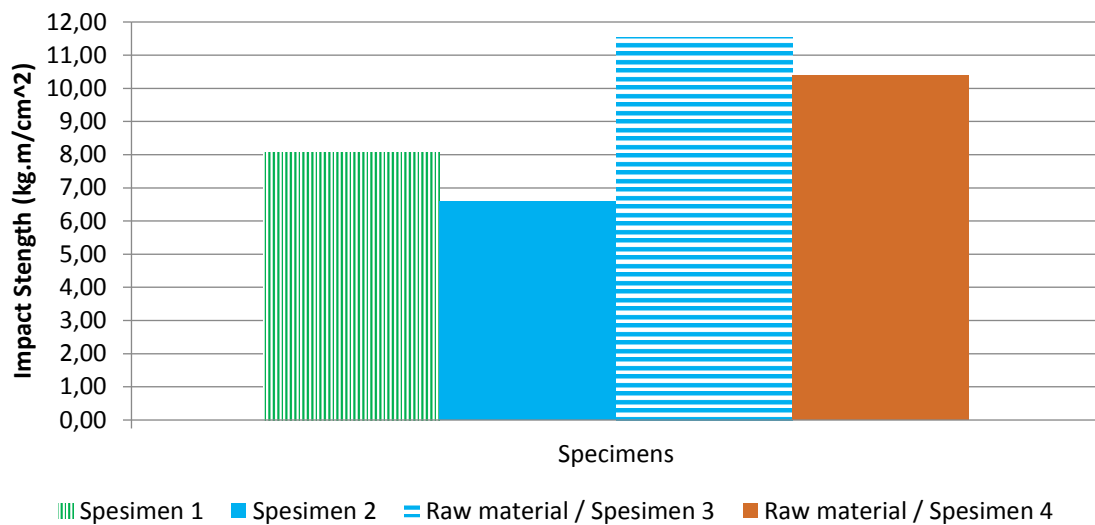
$$= 49,98 \text{ J}$$

$$K_4 = \frac{W_4}{A_0} = \frac{49,98 \text{ J}}{0,49 \text{ cm}^2} = 101,58 \text{ J/cm}^2$$

Pengujian impact pada material sambungan aluminium 6061 dengan filler ER 4047 pada spesimen 1 menghasilkan 79,09 J/cm<sup>2</sup> dan spesimen 2 adalah 65,12 J/cm<sup>2</sup> sedangkan pada raw material menghasilkan 112,58 J/cm<sup>2</sup> dan 101,58 J/cm<sup>2</sup>. Hasil uji Impact pada Tabel 4.4 dan Gambar 4.5.

Tabel 4.4. Hasil Uji Impact

Spesimen	Lebar (cm)	Tebal (cm)	Luas (cm <sup>2</sup> )	Sudut $\alpha$ ( <sup>o</sup> )	Sudut $\beta$ ( <sup>o</sup> )	Panjang pendulum (m)	Berat Pendulum (kg)	Energi Patah J	Strength (J/cm <sup>2</sup> )
1	0.88	0.82	0.72	140.2	125.1	0.86	35	57.07	79.09
2	1.1	0.85	0.94	140.2	124.2	0.86	35	60.89	65.12
3	1.2	0.41	0.49	140.2	125.5	0.86	35	55.39	112.58
4	1.2	0.41	0.49	140.2	126.8	0.86	35	49.98	101.58



Gambar 4.5. Grafik Uji Impact

Pada spesimen 1 menunjukkan nilai impact lebih kecil dari base metal. Hal ini menunjukkan kemampuan untuk mempertahankan bentuk material dari benturan bandul sangat kecil bila dibandingkan dengan *raw material*.

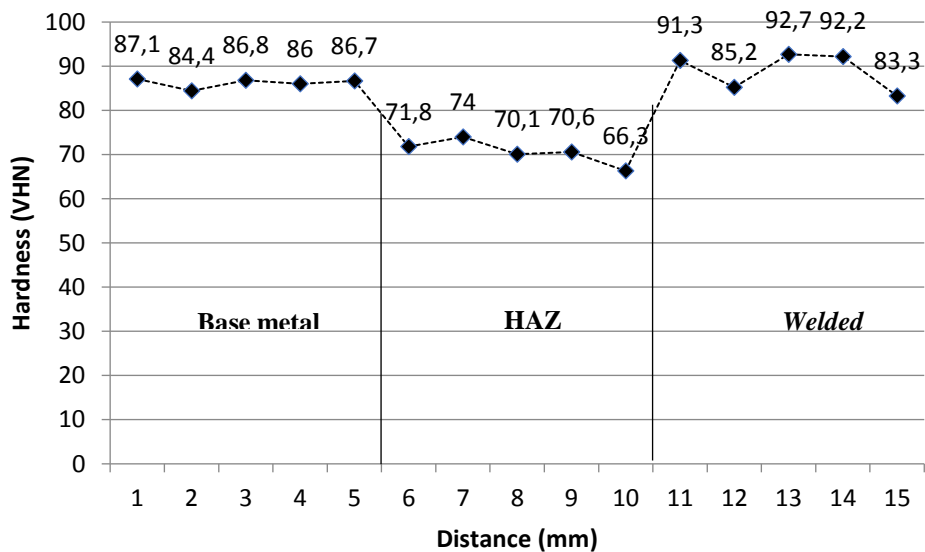
#### 4.4. Pengujian kekerasan (vickers)

Pada proses pengujian ini dilakukan dengan *pemberian* beban pada titik pada bahan. Pada penelitian ini terdapat 3 area yang menjadi pengujian yaitu pada bahan aluminium, sambungan aluminium terhadap filler dan area pengelasan. Pada setiap area, diambil 5 titik untuk dilakukan pengujian. Berdasarkan persamaan 2.5, hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.5 dan grafik hasil pengujian pada Gambar 4.6.

Pengujian kekerasan (vickers) dilakukan pada beberapa titik di 3 zona area yaitu zona aluminium 6061 (base metal) dengan rata-rata 86,2 VHN, zona area pertemuan filler 4047 dengan aluminium 6061 (HAZ/Heat affect zone) dengan rata-rata 70,6 VHN dan area pengelasan dengan rata-rata 88,9 VHN. Nilai kekerasan pada pertemuan filler 4047 dengan aluminium lebih rendah daripada material aluminium maupun area pengelasan.

Tabel 4.5. Hasil Pengujian Kekerasan

Sampel	Titik	Diagonal indentasi (μm)		Diagonal indentasi Rata-rata (μm)	Beban Penekanan (gf)	Angka Kekerasan Vickers (VHN)	Rata-rata
		d1	d2				
Base Metal	1	49.28	43.03	46.155	100	87.1	86.2
	2	49.6	44.15	46.875			
	3	48.61	42.81	45.71			
	4	49.2	43.68	46.44			
	5	48.49	44	46.245			
HAZ	6	55.14	46.49	50.815	100	71.8	70.56
	7	52.48	47.66	50.07			
	8	56.04	46.81	51.425			
	9	55.24	47.29	51.265			
	10	59.77	46.04	52.905			
Weld Area	11	48.16	41.98	45.07	100	91.3	88.94
	12	49.6	43.7	46.65			
	13	44.52	44.94	44.73			
	14	45.64	44.08	44.86			
	15	48.85	45.49	47.17			



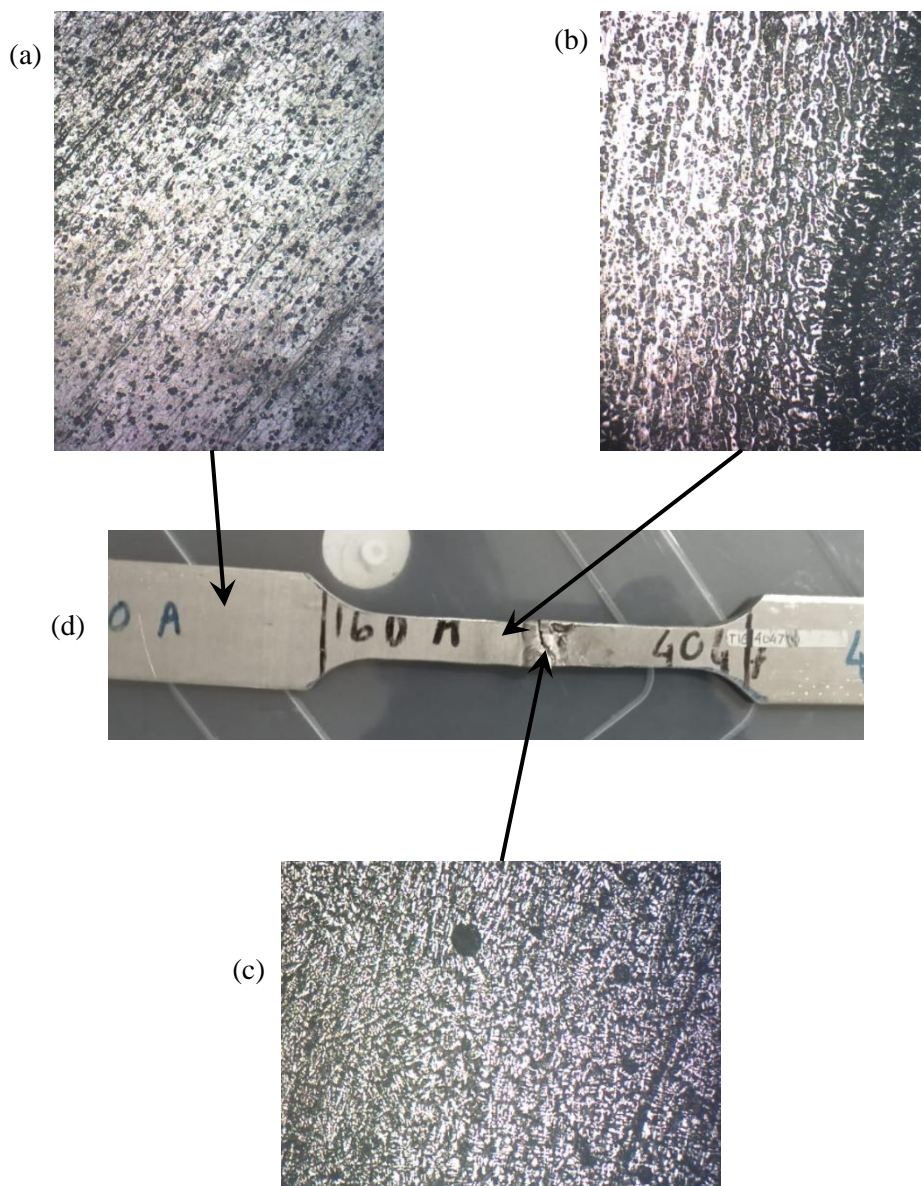
Gambar 4.6. Grafik Uji Kekerasan

Gaya yang diberikan membuat kekuatan ikat/sambungan menjadi lemah. Begitu juga dengan area *welded* lebih besar daripada base metal. Hal ini membuktikan filler ER 4047 memiliki kekerasan yang baik setelah pendinginan. Namun akibat panas yang diberikan selama poses pengelasan, merusak material penyusun pada area HAZ. Sehingga kekuatan semakin berkurang bila diberikan

tekanan.

#### 4.5. Pengujian Mikro.

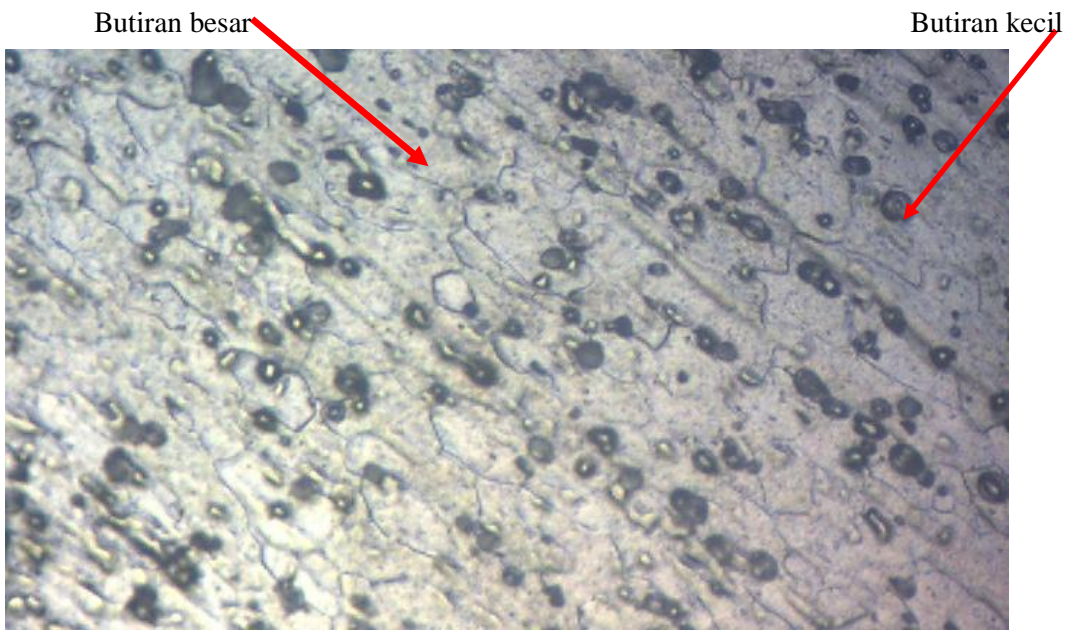
Pengujian dilakukan untuk melihat permukaan material. Pada penelitian ini dilakukan pengamatan permukaan terhadap 3 zona yaitu area aluminium 6061, area HAZ (*Heat affect Zone*) dan area *Welded* . Pengamatan dilakukan dengan pembesaran hingga 100 kali. Dapat dilihat pada Gambar 4.7. Pengamatan juga dilakukan dengan pembesaran 200 kali. Seperti pada Gambar 4.8 pada area *raw material* dan pada Gambar 4.9. area HAZ dan Gambar 4.10 area *welded*.



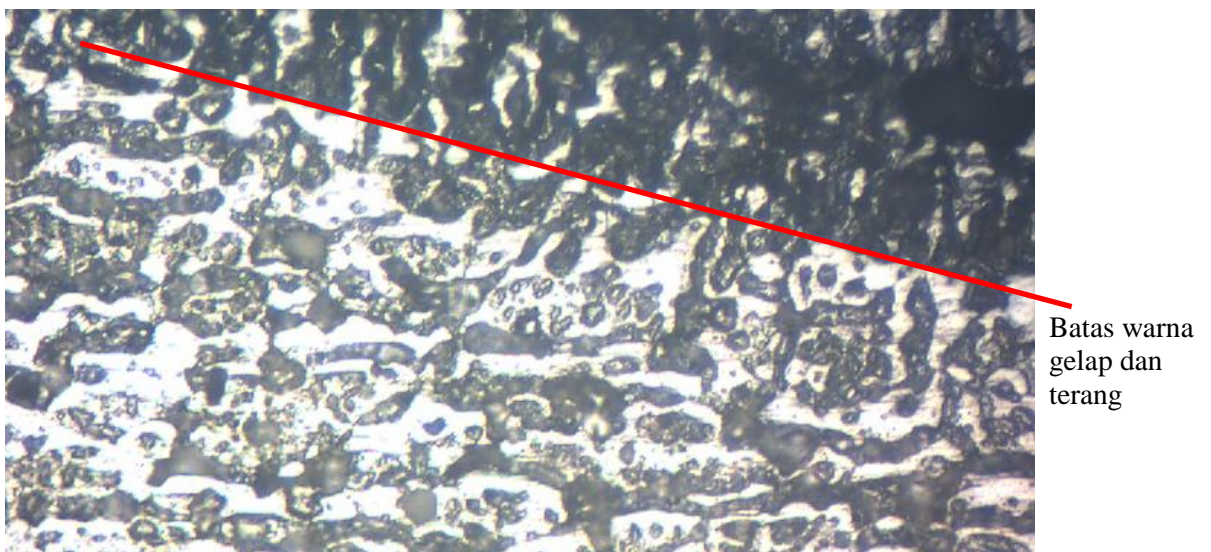
Gambar 4.7. Mikrostruktur spesimen. (a) area *raw material*, (b) area HAZ,(c) area *welded* dan (d) Spesimen



Struktur mikro pada base material terdapat ukuran butir yang kecil namun dalam jumlah yang kecil (Gambar 4.8) dan keseragaman arah butiran atau serat. Pada area HAZ (Gambar 4.9) terdapat butiran yang besar-besar dalam jumlah yang besar dan terdapat area yang dominan butiran besar dan rapat. Pada area las (*welded*) terdapat jumlah butiran yang berwarna gelap dan serat yang berwarna terang dalam jumlah yang hampir sama. Namun 2 garis gelap yang tidak *continue*, merupakan area kemungkinan terjadi retakan bila diberikan tekana pada area las (Gambar 4.10).. (Furkan Emin Bugan,dkk, 2022)

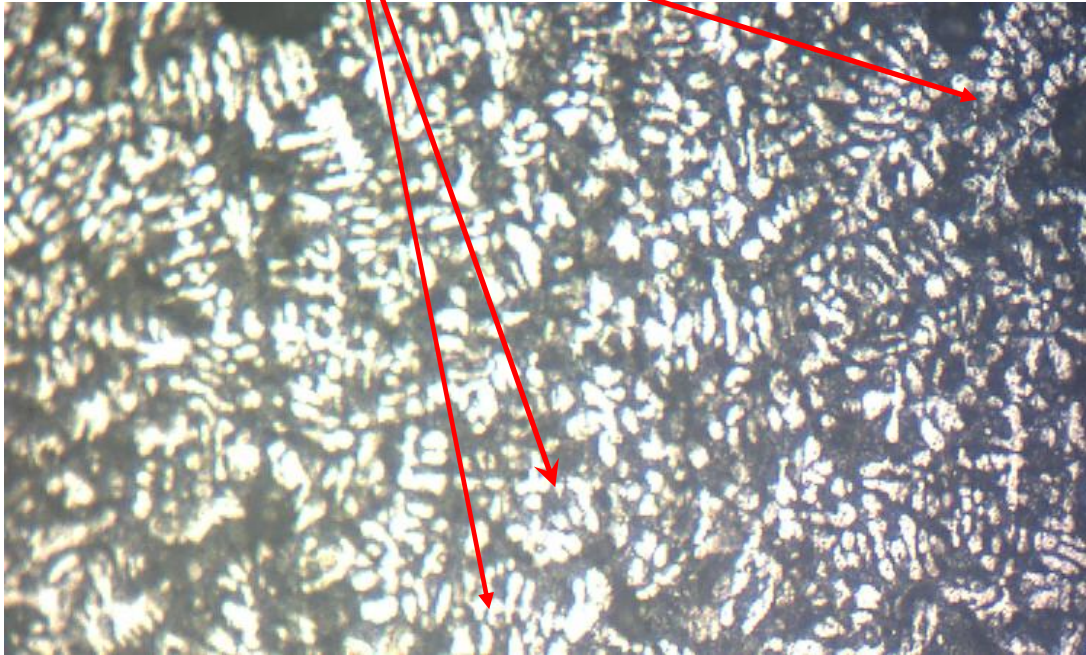


Gambar 4.8. Pembesaran 200 x area *raw material*



Gambar 4.9. Pembesaran 200 x area HAZ

Pembentukan garis



Gambar 4.10. Pembesaran 200 x area *welded*

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### 5.1. Kesimpulan

Penelitian pengelasan pada penyambungan material aluminium 6061 dengan material filler ER 4047 dilakukan pengujian yaitu :

1. Pengujian kuat tarik mengalami penurunan sebesar 65,21% - 67,44% dari base material. Hal ini disebabkan penetrasi/peleburan dalam penyambungan material tidak membuat discontinued material aluminium 6061.
2. Pengujian bending pada material dengan mengukur kemampuan lengkungan untuk berada pada kondisi tanpa ada patahan pada area *welded*. Pada spesimen 1 dan 2 terbentuk sudut melebihi 120<sup>0</sup> sehingga mengakibatkan retakan. Retakan terdapat pada area *welded*.
3. Pengujian impact pada material sambungan aluminium 6061 dengan filler ER 4047. Pada spesimen 1 menunjukkan nilai impact lebih besar dari base metal. Hal ini menunjukkan penurunan kemampuan sebesar 69,99 % - 57,16 % untuk mempertahankan bentuk material dari benturan bandul.
4. Nilai kekerasan pada pertemuan filler 4047 dengan aluminium lebih rendah daripada material aluminium maupun area pengelasan. Hal ini dikarenakan gaya yang diberikan membuat kekuatan ikat/sambungan menjadi lemah. Begitu juga dengan area *welded* lebih besar daripada base metal. Hal ini membuktikan filler ER 4047 memiliki kekerasan yang baik setelah pendinginan.
5. Struktur micro pada base material terdapat ukuran butir yang kecil namun dalam jumlah yang kecil. Pada area HAZ terdapat butiran yang besar-besar dalam jumlah yang besar bila dibandingkan dengan area las (*welded*). Sedangkan pada area las terdapat garis yang tidak terhubung yang memungkinkan terjadi retakan diarea tersebut.

#### 5.2. Saran

Adapun saran yang dapat diberikan dalam kemajuan teknik pengelasan adalah:

1. Penelitian selanjutnya dengan pengembangan variasi arus yang digunakan untuk proses pengelasan.

2. Penelitian selanjutnya dengan melakukan teknik pengelasan pada perpaduan *raw material* dengan sambungan J ganda.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aji, Mukhamad Nur. 2019. "Pengelasan Smaw Pada Sambungan Pengelasan Logam Baja Jis G 3131 Sphc Dengan Baja Aisi 201 Terhadap Sifat Program Studi Teknik Mesin S-1." *Teknik Mesin* 2(1): 23–29.
- Aljufri. 2008. Pengaruh Variasi Sudut Kampuh V Tunggal Dan Kuat Arus Pada Sambungan Logam Aluminium – Mg 5083 Terhadap Kekuatan Tarik Hasil Pengelasan Tig.
- American Welding society, 2004, *Welding Hanbook Ninth Edition Volume 2 Welding Processes, Part 1*
- FIRMAN, Mohammad; DARSIN, Mahros; ARBIANTARA, Hari. Analisis Kekuatan Tarik dan Kekasaran Kawat Tembaga Hasil Drawing akibat Variasi Persentase Reduksi. *ROTOR*, 2013, 6.1: 50-55.
- Jiajia Shen, Priyanka Agrawal, Tiago A. Rodrigues, J.G Lopes, N.Schell, Zhizeng, Rajiv S.Mishra, J.P. Oliveira. "Gas Tungsten Arc Welding of Cast AlCoCrFeNi eutetic high entropy alloy\." Universidade NOVA de Lisboa, Portugal. 2022
- Jiajia Shen, Priyanka Agrawal, Tiago A. Rodrigues, J.G Lopes, N.Schell, Jingjing He, Zhizeng, Rajiv S.Mishra, J.P. Oliveira. "Microstructure evolution and mechanical properties in a gas tungsten arc welded Fe<sub>42</sub>Mn<sub>28</sub>Co<sub>10</sub>Cr<sub>15</sub>Si<sub>5</sub> metastable high entropy alloy." Universidade NOVA de Lisboa, Portugal. 2023.
- KUSUMA, Rizky Cahya; JOKOSISWORO, Sarjito; SANTOSA, Ari Wibawa Budi. Analisis Perbandingan kekuatan tarik, impak, tekuk dan mikrografi aluminium 5083 Pasca pengelasan TIG (Tungsten Inert Gas) dengan Media pendingin air laut dan oli. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 2017, 5.4.
- Mengziong Tang, Zao ling, Yuliang Qi. " Bending Strength of Connection Joints of Prestressed Reinforced Concrete Pipe Piles." Guangzhou, China, 2023.
- MIZHAR, Susri; PANDIANGAN, Ivan Hamonangan. Pengaruh Masukan Panas Terhadap Struktur Mikro, Kekerasan dan Ketangguhan pada Pengelasan Shield Metal Arc Welding (SMAW) dari Pipa Baja Diameter 2, 5 Inchi. *Jurnal Dinamis*, 2014, 2.14.

- NURHAFID, Aji; JOKOSISWORO, Sarjito; BUDIARTO, Untung. Analisa Pengaruh Perbedaan Feed Rate Terhadap Kekuatan Tarik dan Impak Aluminium 6061 Metode Pengelasan Friction Stir Welding. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 2017, 5.2.
- PRAWIRA, Anas Sebtu; JOKOSISWORO, Sarjito; BUDIARTO, Untung. Pengaruh Kuat Arus Listrik dan Travelling Speed terhadap Kekuatan Impact Alumunium 6061 Pengelasan Gas Tungsten ArchWelding (GTAW) dengan Gas Pelindung Argon. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 2019, 7.4.
- Rirismarangi , Syamsuar, Sumardi Pengaruh variasi arus pengelasan GTAW terhadap sifat mekanik material St 37 (The effect of GTAW welding current variations on the mechanical properties of the Material St 37) *Journal of Welding Technology*. Volume 1, No. 1, June 2019
- RATNASARI, Dewi, et al. LAPORAN HASIL OBSERVASI ANALISIS PENYAKIT PHOTOKERATITIS PADA PEKERJA BENGKEL LAS LISTRIK.
- Rahman, Hakim Arif, and Imran. 2020. “Analisa Pengaruh Variasi Kampuh Terhadap Hasil Pengelasan SMAW Pada Stainless Steel 304 Menggunakan Pengujian Ultrasonic Dan Kekuatan Tarik.” *Jurnal Polimesin* 18(1): 30–38.
- Suherman, Ilmi Abdullah. “ Teknik Pengelasan-cara menghindari cacat las”, P.12-34, Medan, 2020
- SYAMSUAR, Syamsuar, et al. Pengaruh variasi arus pengelasan GTAW terhadap sifat mekanik material St 37. *Journal of Welding Technology*, 2019, 1.1: 22-25.
- S. KOU, 2003, *Welding Metallurgy Second Edition*, A Jhon Wiley & SONS, INC., Publication.
- Tarkono, and Andriyanto Sugiyanto. 2010. “Studi Kekuatan Sambungan Las Baja AISI 1045 Dengan Berbagai Metode Posisi Pengelasan.” *Jurnal Mechanical* 1(1): 43–53.
- TSAMROH, Dewi Izzatus; FAUZY, Muchammad Riza. Peningkatan Sifat Mekanik Al6061 Melalui Heat Treatment Natural-artificial Aging. *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, 2022, 6.1: 8-13.
- TWI, 2018, *Welding Inspector (WI), CSWIP 3.1 Training and Examination Service*,


Cambridge, UK

- W.Chuaphan and L. Srijaroenpramong, 2014, Effect of welding speed on microstructures, mechanical properties and corrosion behavior of GTA-Welded AISI 201 stainless steel sheets, *Journal of Materials Processing Technology*, PP402-408
- Widharto, S. 2006. Menuju Juru Las Tingkat Dunia. Jakarta: PT Pradnya Paramita
- WIRYOSUMARTO, Harsono; OKUMURA, Toshie. Teknologi pengelasan logam, PT. *Pradnya Paramita, Jakarta, 2000.*
- Wiryosumarto, H, dan Okumura, T. 2000. Teknologi Peengelasan Logam. Jakarta: Pradnya Paramita
- Yudo, Hartono, and Imam Pujo Mulyatno. 2012. "Pengaruh Penggunaan Gas Pelindung Argon Grade a Dan Grade C Terhadap Kekuatan Tarik Lasan Sambungan Butt Pada Material Kapal Aluminium 5083." *Universitas Diponegoro* 5(3): 181–90.S

# LAMPIRAN



## LAMPIRAN 1

											
MILL CERTIFICATE											
Contract Number:						Date: 25th May 2019					
Products Name	Temper	Number			Specification						
Aluminum plate	6061-T6	1			4*1250*2500 75 PCS						
		2			6*1250*2500 50 PCS						
		3,4			35*1220*2440 18 PCS						
		5,6			50*1220*2440 12 PCS						
		7,8			70*1220*2440 9 PCS						
		9,10			100*1220*2440 6 PCS						
Grade	PCS	Pallet			Net weight Kg						
	170	10			25119						
Standard	GB/T3880-2012										
CHEMICAL COMPONENT											
Element	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn	Ti	Zr	
Standard Values	0.4-0.8	0.7	0.15-0.4	0.15	0.8-1.2	0.04-0.35	-	0.25	0.15	-	
Measured Values	0.48-0.55	0.27-0.3	0.18-0.23	0.05	0.92-0.99	0.09-0.13	-	0.03	0.06	-	
Structure Property and others											
Sample Temper	Tensile strength Rm/Mpa		Yield strength Rp0.2/Mpa			Elongation after fracture A%					
T6	315-328		266-285			>10%					
Hardness,HB	HB>95					河南锦源铝业有限公司					
SIZE	SURFACE		Remark								
✓	✓										
1.If there is any alloy condition, specification and surface problem, it should be within 15 days. Explain the performance problem it should be reported to the supplier within 3 months.Overdue self-treatment. 2.When objection come out, Date of manufacturer,Alloy temper,specification and quantity should be stated.											

## LAMPIRAN 2



### LAMPIRAN 3



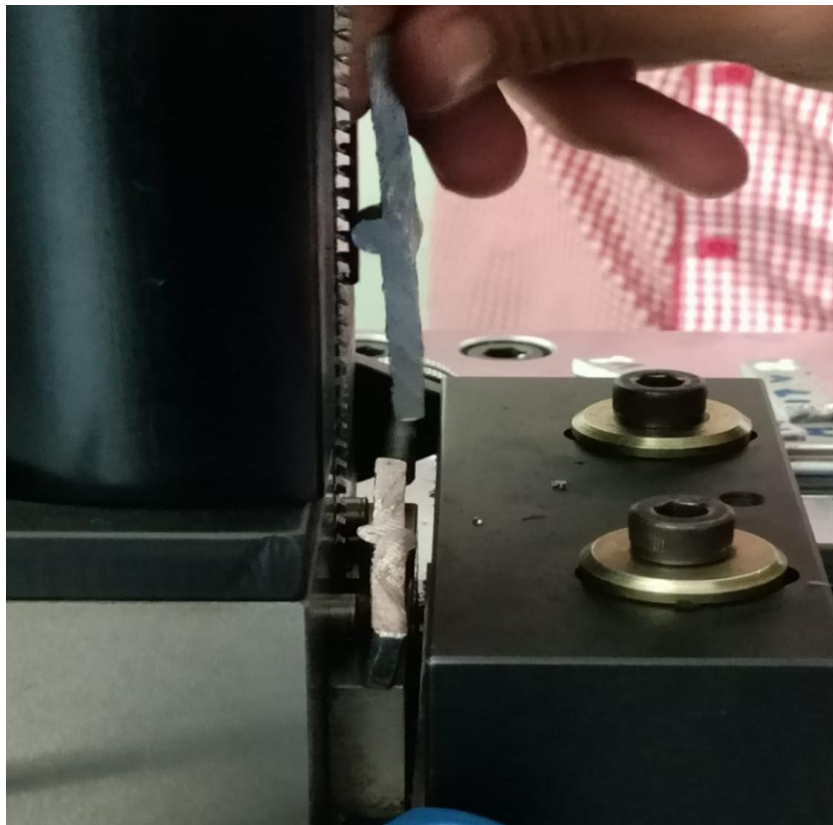
## LAMPIRAN 4



## LAMPIRAN 5



## LAMPIRAN 6



## LAMPIRAN 7

7



## LAMPIRAN 8





### LAMPIRAN 9



**LAMPIRAN 10**



## LAMPIRAN 11

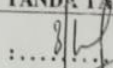
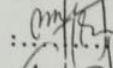
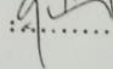
**DAFTAR HADIR SEMINAR  
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK – UMSU  
TAHUN AKADEMIK 2022 – 2023**

Peserta seminar

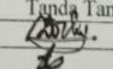
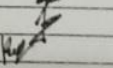
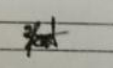
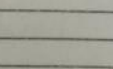
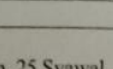
Nama : Rakha Ramzan Aulia

NPM : 1807230063

Judul Tugas Akhir : Pengelasan GTAW Pada Aluminium 6061 Menggunakan Filler Metal ER 4047

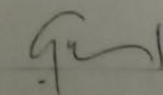
DAFTAR HADIR		TANDA TANGAN
Pembimbing – I	: Suherman, ST, MT	..... 
Pemanding – I	: M. Yani, ST, MT	..... 
Pemanding – II	: Chandra A Siregar, ST, MT	..... 

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1807230062	RIZKI MUMTAZ ALI	
2	<del>1807230158</del>	M. ADE SYARUTRA	
3	2007230200 P	F. Lanbong, Romdhoni	
4	1807230142	MHD RAFLI YUSUF	
5	<del>1807230144</del>		
6	1807230144	SRI BINTANGTA.S	
7			
8			
9			
10			

Medan, 25 Syawal 1444 H  
15 Mei 2023 M

Ketua Prodi. T. Mesin



Chandra A Siregar, ST, MT

## LAMPIRAN 12

### DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

Nama : Rakha Ramzan Aulia  
NPM : 1807230063  
Judul Tugas Akhir : Pengelasan GTAW Pada Alumunium 6061 Menggunakan Filler Metal ER 4047

Dosen Pembanding - I : M. Yani, ST, MT  
Dosen Pembanding - II : Chandra A Siregar, ST, MT  
Dosen Pembimbing - I : Suherman, ST, MT

#### KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana ( collogium)
- ✓ 2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :  
*lihat pada draft skripsi, bagian yg harus direvisi*
3. Harus mengikuti seminar kembali  
Perbaikan :

Medan, 25 Syawal 1444 H  
15 Mei 2023 M

Diketahui :  
Ketua Prodi. T. Mesin

Dosen Pembanding- I

Chandra A Siregar, ST, MT

M. Yani, ST, MT

LAMPIRAN 13

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

Nama : Rakha Ramzan Aulia  
NPM : 1807230063  
Judul Tugas Akhir : Pengelasan GTAW Pada Alumunium 6061 Menggunakan Filler Metal ER 4047

Dosen Pembanding – I : M. Yani, ST, MT  
Dosen Pembanding – II : Chandra A Siregar, ST, MT  
Dosen Pembimbing – I : Suherman, ST, MT

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana ( collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

.....lihat buku.....Pgs. Alde.....  
.....  
.....

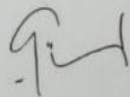
3. Harus mengikuti seminar kembali  
Perbaikan :

.....  
.....  
.....

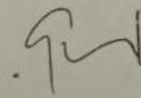
Medan 25 Syawal 1444 H  
15 Mei 2023 M

Diketahui :  
Ketua Prodi. T. Mesin

Dosen Pembanding- II



Chandra A Siregar, ST, MT



Chandra A Siregar, ST, MT

## LAMPIRAN 14

### LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Pengelasan GTAW pada Aluminium 6061 menggunakan filler ER 4047

Nama : Rakha Ramzan Aulia  
NPM : 1807230063

Dosen Pembimbing : Suherman, S.T., M.T

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1.	1 Juni 2022	Pemberian Spesifikasi tugas akhir.	g
2.	22 Juni 2022	Bab I. Pemberian Latar belakang, Rumusan masalah dan tujuan.	g
3.	25 Juni 2022	Bab II. Perbaikan dasar teori.	g
4.	6 Juli 2022	Bab II. Perbaikan referensi menggunakan Pada standart AWS.	g
5.	4 Agustus 2022	Bab III. Perbaikan Flowchart Penelitian.	g
6.	22 Agustus 2022	Bab III. lengkapi prosedur penelitian dengan gambar	g
7.	14 september 2022	Bab II. Perbaikan rumus	g
8.	31 september 2022	Perbaikan daftar Pustaka	g
9.	25 oktober 2022	Ace Simpu	g

## LAMPIRAN 15

### LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR


Pengelasan GTAW pada aluminium 6061 menggunakan filler metal ER 4047

Nama : Rakha Ramzan Aulia  
NPM : 1807230063

Dosen Pembimbing : Suherman, S.T., M.T

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1.	13 Des 2022	Perbaiki Judul TA	
2.	19 Des 2022	sesuaikan data dengan hasil Pengujian.	
3.	9 Jan 2023	Perbaiki rumus	
4.	25 Jan 2023	Penambahan referensi	
5.	4 Feb 2023	Penambahan keterangan tabel	
6.	10 mar 2023	Perbaiki tabel dan grafik	
7.	18 mar 2023	Lengkapi semua lampiran	
8.	21 mar 2023	Penambahan keterangan gambar	
9.	28 mar 2023	Perbaiki hasil gambar	
10.	9 apr 2023	susun sesuai format Penulisan	
11.	10 apr 2023	Ace	

## LAMPIRAN 16

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**  
**MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH**  
**FAKULTAS TEKNIK**

UMSU Terakreditasi A Berdasarkan Keputusan Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi No. 89/SK/BAN-PT/Akred/PT/08/2017  
Pusat Administrasi: Jalan Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - 66224567 Fax. (061) 6625474 - 6631803  
http://fatek.umsu.ac.id f@fatek@umsu.ac.id f@umsu.ac.id @umsu.ac.id @umsu.ac.id @umsu.ac.id @umsu.ac.id

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN DOSEN PEMBIMBING**

**Nomor : 79/IL3AU/UMSU-07/F/2022**

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Mesin Pada Tanggal 11 Januari 2022 dengan ini Menetapkan :

Nama : RAKHA RAMZAN AULIA  
Npm : 1807230063  
Program Studi : TEKNIK MESIN  
Semester : VII (TUJUH)  
Judul Tugas Akhir : PENGARUH FILLER METAL TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN BENDING PADA ALUMINIUM PADUAN RANGKA SEPEDA

Pembimbing : SUHERMAN, ST, MT

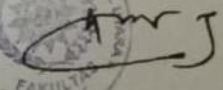
Dengan demikian diizinkan untuk menulis tugas akhir dengan ketentuan :


1. Bila judul Tugas Akhir kurang sesuai dapat diganti oleh Dosen Pembimbing setelah mendapat persetujuan dari Program Studi Teknik Mesin
2. Menulis Tugas Akhir dinyatakan batal setelah 1 (satu) Tahun dan tanggal yang telah ditetapkan.

Demikian surat penunjukan dosen Pembimbing dan menetapkan Judul Tugas Akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya.

Ditetapkan di Medan pada Tanggal.  
Medan, 09 Jumadil Akhir 1443 H  
11 Januari 2022 M

Dekan

  
**Munawar Alfansury Siregar, ST, MT**  
NIDN: 0101017202





## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



### A. DATA PRIBADI

Nama : Rakha Ramzan Aulia  
Tempat/Tanggal Lahir: Medan, 12 Januari 2000  
Jenis Kelamin : Laki-laki  
Status : Belum Menikah  
Agama : Islam  
Alamat : MEDAN JL.SUBUR 1 NO.14  
No. Hp/WA : 083184002445  
E-mail : [rakharamzan74@gmail.com](mailto:rakharamzan74@gmail.com)

### Nama Orang Tua

Ayah : Dr.Ramlan,S.H.,M.Hum  
Ibu : Kartika Rahayu Nungsih, S AG  
Alamat : MEDAN JL.SUBUR 1 NO.14

### B.DATA PENDIDIKAN

1	SD MIS MUHAJIRIN MEDAN	(2006-2012)
2	SMP NEGERI 34 MEDAN	(2012-2015)
3	SMK NEGERI 2 MEDAN	(2015-2018)
4	UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA	(2018-2023)

Demikian daftar riwayat hidup ini saya buat dengan sebenar-benarnya dan dapat dipertanggung jawabkan.

Medan, Mei 2023  
Hormat saya,

Rakha Ramzan Aulia