

TUGAS AKHIR

**PENGELASAN GTAW PADA ALUMINIUM 6061
MENGUNAKAN FILLER METAL ER 4043**

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

Disusun Oleh :

RIZKIMUMTAZ ALI

1807230062



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATRA UTARA
MEDAN
2023**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

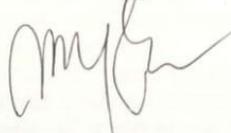
Nama : Muhammad Ade Syaputra Pohan
NPM : 1807230158
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir : Pengelasan GTAW Pada Aluminium 6061 Menggunakan Filler Metal ER 5356
Bidang ilmu : Konstruksi dan Manufaktur

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



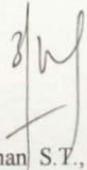
M Yani S.T., M.T

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 : Muhammad Ade Syaputra Pohan
Tempat / Tanggal Lahir : Gunung Para / 09 Januari 2001
NPM : 1807230158
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 5356”,

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 orisinil 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, Mei 2023

Saya yang menyatakan,



Muhammad Ade Syaputra Pohan

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 4043 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 (CO₂) atau campuran dari gas - gas tersebut. Kampuh yang digunakan dalam penelitian ini adalah kampuh V tunggal. Filler (elektroda) yang digunakan yaitu ER 4043. 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 191,48 Mpa, Nilai impak sebesar 33,04 J/CM², Nilai kekerasan daerah BASE METAL sebesar 72,5, daerah HAZ sebesar 70,6 dan daerah WELD METAL sebesar 78,4. Rata-rata nya. Nilai bending pada spesimen 1 dan 2 Terdapat retakan 0,8 cm pada area las. Pada pengujian mikro kekuatan tegangan pada area las akan lebih besar dibandingkan area raw metal ataupun HAZ.

Katakunci: Aluminium 6061, Pengelasan GTAW, Filler ER 4043, Head input, Pengujian tarik, Pengujian impak, 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 is to analyze the effect of filler ER 4043 on mechanical properties in tensile tests, bending tests, hardness tests, impact tests, and micro tests on aluminum 6061. The gas used as a shield is Helium gas (He), Argon gas (Ar), carbon dioxide gas (CO₂) or a mixture of these gases. The membrane used in this study was a single V tube. The filler (electrode) used was ER 4043. The current voltage used is 160 A and a voltage of 17 VA and a welding speed of 58.36 seconds in 30 cm with an input head value of 30201 J/M. The tensile stress value is 191.48 Mpa, the impact value is 33.04 J/M CM², the BASE METAL hardness value is 72.5, the HAZ area is 70.6 and the WELD METAL area is 78.4. Its average. Bending values in specimens 1 and 2 There is a 0.8 cm crack in the weld area. In the micro test the stress strength in the weld area will be greater than the raw metal or HAZ area.

Keywords: Aluminum 6061, GTAW welding, Filler ER 4043, Head input, Tensile testing, Impact testing, Hardness testing, Bending testing, Micro testing

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat 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 4043*" 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 keteknik mesin kepada penulis.
5. Orang tua penulis: Dr. Ramlan, S.H.,M.Hum dan Kartika Rahayu Nungsih, S AG dan Nikmat Anak Ampun, 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: Rizki Mumtaz Ali, M Ade Syaputra, Rakha Ramzan, Sri Bintangta Sitorus dan Mayang Dwi Zailani

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, Mei 2023

Rizki Mumtaz Ali

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRACT	iv
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR NOTASI	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup	2
1.4 Tujuan	2
1.5 Manfaat Penelitian	2
BAB 2 DASAR TEORI	4
2.1. Pengelasan GTAW (Gas Tungsten ArC Welding)	4
2.1.1. Arus Listrik	5
2.1.2. Kecepatan Pengelasan	5
2.1.3. Gas pelindung	6
2.1.4. Kampuh Las	7
2.1.5. Posisi Pengelasan	9
2.1.5.1. Posisi pengelasan dibawah tangan	9
2.1.5.2. Posisi pengelasan mendatar	9
2.1.5.3. Posisi pengelasan tegal (<i>vertical-up</i>)	10
2.1.5.4. Posisi pengelasan diatas kepala	10
2.1.6. Filter Metal	12
2.2. Alumunium 6061	12
2.2.1. Sifat Aluminium 6061	13
2.3. Pengujian Tarik	12
2.3.1. Spesimen Uji Tarik	15
2.3.2. Pengujian lengkung (Bending)	16
2.3.2.1. Spesimen Uji Bending	16
2.3.2.2. Metode Pengujian	17
2.3.3. Pengujian Kekerasan (Vickers)	18
2.3.4. Pengujian Impact	19
2.3.5. Pengujian Mikrostruktur	22
BAB 3 METODE PENELITIAN	24
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	24
3.1.1. Tempat Penelitian	24
3.1.2. Jadwal Penelitian	24
3.2 Alat dan Bahan	25

3.2.1.	Alat	25
3.2.2.	Bahan	29
3.3	Diagram Alir Penelitian	32
3.4	Prosedur Penelitian	33
3.4.1.	Proses Pemotongan Bahan	33
3.4.2.	Proses Pengelasan	33
3.4.3.	Pembentukan Spesimen	35
3.5	Prosedur Pengujian	36
3.5.1.	Pengujian Tarik	36
3.5.2.	Pengujian Bending	38
3.5.3.	Pengujian Impact	40
3.5.4.	Pengujian Kekerasan (vickers)	41
3.5.5.	Pengujian Mikrostruktur	42
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN	43
4.1.	Pengujian Tarik	44
4.2.	Pengujian Impact	46
4.3.	Pengujian Bending	48
4.4	Pengujian Kekerasan (vickers)	50
4.5	Pengujian Mikro	51
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	55
5.1.	Kesimpulan	55
5.2.	Saran	55
DAFTAR PUSTAKA		57
LAMPIRAN		60

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Sifat Pelindung Yang Digunakan Pada Pengelasan TIG	5
Tabel 2.2	Komposisi Kimia Filer ER 4043	12
Tabel 2.3	Sifat Fisik <i>Aluminium Alloys</i> 6061	13
Tabel 2.4	Sifat Mekanik Aluminium Paduan	13
Tabel 2.5	Komposisi Kimia Aluminium 6061	13
Tabel 3.1	Rencana Pelaksanaan Penelitian	24
Tabel 3.2	Tabel Pengelasan	36
Tabel 4.1.	Komposisi Kimia Aluminium 6061	43
Tabel 4.2.	Komposisi Kimia Filler Er 4043	43
Tabel 4.3.	Hasil Uji Tarik	44
Tabel 4.4.	Hasil Uji Impact Setiap Spesimen	47
Tabel 4.5.	Pengujian Kekerasan (Vickers)	50

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Skema Pengelasan GTAW	4
Gambar 2.2	Kampuh I square <i>butt weld</i>	7
Gambar 2.3	Kampuh V tunggal Single V <i>butt weld</i>	7
Gambar 2.4	V ganda Double V <i>butt weld</i>	8
Gambar 2.5	Kampuh v miring tunggal dan ganda	8
Gambar 2.6	Kampuh U tunggal	8
Gambar 2.7	kampuh U ganda	8
Gambar 2.8	kampuh J tunggal	8
Gambar 2.9	kampuh J ganda	9
Gambar 2.10	kampuh J ganda	9
Gambar 2.11	Posisi pengelasan Flat or downhand	9
Gambar 2.12	Posisi pengelasan horizontal	10
Gambar 2.13	Posisi pengelasan vertikal-up	10
Gambar 2.14	Posisi pengelasan <i>overhead</i>	11
Gambar 2.15	Posisi pengelasan pada pipa	11
Gambar 2.16	Posisi pengelasan <i>flat</i>	12
Gambar 2.17	Mesin uji Tarik	14
Gambar 2.18	Spesimen uji tarik	16
Gambar 2.19	Mesin Uji ending	16
Gambar 2.20	Spesimen uji bending standar AWS D1.1 2015	16
Gambar 2.21	Tiga jenis pengujian lengkung <i>bend test</i>	18
Gambar 2.22	Alat uji kekerasan Vikers Testing Machine	19
Gambar 2.23	Pengujian Impact	20
Gambar 2.24	Contoh Hasil Pengujian Mikrostruktur	23
Gambar 3.1.	Mesin las GTAW	25
Gambar 3.2.	Gambar filler metal ER 4043	25
Gambar 3.3.	Gambar gerinda	26
Gambar 3.4.	Gambar jangka sorong	26
Gambar 3.5.	Gambar mesin uji tarik	27
Gambar 3.6.	Cekam uji tarik	27
Gambar 3.7.	Alat uji impact	28
Gambar 3.8.	Alat uji bending	28
Gambar 3.9.	Alat uji kekerasan	29
Gambar 3.10.	Alat uji mikro	29
Gambar 3.11.	Aluminium 6061	30
Gambar 3.12.	Tugsten	30
Gambar 3.13.	Gas argon	31
Gambar 3.14	Ukuran specimen uji	33
Gambar 3.15	Test coupon dijepit pada tumpuan	34
Gambar 3.16	Test coupon setelah di beri titik las	34
Gambar 3.17	Test coupon setelah dilepas dari penjepit	34
Gambar 3.18	Test coupon posisi pengelasan 1G	35
Gambar 3.19	Test coupon setelah selesai proses pengelasan	35
Gambar 3.20	Bentuk spesimen uji tarik AWS D1.1:2015	36

Gambar 3.21	Jarak antara cak atas dan bawah	37
Gambar 3.22	Proses pengujian tarik	37
Gambar 3.23	Bentuk spesimen uji bending AWS D1.1 2015	38
Gambar 3.24	Pengujian <i>Face bending</i>	39
Gambar 3.25	Bentuk penekanan pada pengujian bending	39
Gambar 3.26	Pengujian Root bending	39
Gambar 3.27.	Bentuk spesimen uji impact AWS D1.1:2015	40
Gambar 3.28.	Bentuk spesimen uji kekerasan AWS D1.1:2015	41
Gambar 3.29.	Bentuk spesimen uji mikro AWS D1.1:2015	42
Gambar 4.1.	Grafik Pengujian Tarik	45
Gambar 4.2.	Pengujian Tarik Spesemin 1	45
Gambar 4.3.	Pengujian Tarik Spesimen 2	46
Gambar 4.4.	Grafik Pengujian Impact setiap spesimen	47
Gambar 4.5.	Bending material hasil <i>welded</i> spesimen 1	48
Gambar 4.6.	Sudut Bending pada hasil <i>welded</i> spesimen 2	49
Gambar 4.7.	Crack pada area welded	49
Gambar 4.8.	Grafik Pengujian Kekerasan	51
Gambar 4.9.	Pengamatan Mikrostruktur	52
Gambar 4.10.	Mikrostruktur area <i>raw material</i>	53
Gambar 4.11.	Mikrostruktur area HAZ	53
Gambar 4.12.	Mikrostrukutr area <i>welded</i>	54

DAFTAR NOTASI

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

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Aluminium paduan 6061 banyak digunakan di dunia industri otomotif seperti rangka kapal, perpipaan dan industri pesawat terbang. Tipe aluminium ini mengandung magnesium (Mg) dan silika (Si) sebagai elemen paduan utama.(Ahmad, R., Bakar, M.A.,2011).

Alumunium 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 lapisan dalam logam dari korosi.(Darsin, dkk,2013).

Dalam bidang perkapalan, alumunium 6061 banyak digunakan sebagai bahan rangka konstruksi, seperti rangka pada konstruksi stiffener, konstruksi pada bangunan lepas pantai.Alumunium 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).

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah aluminium seri 6061 dengan logam pengisi ER 4043. Kuat arus adalah 160 A. Dalam proses pengelasan, tegangan dan kecepatan pengelasan dianggap konstan. Gas Argon digunakan dalam proses pengelasan GTAW. Tipe sambungan yang dipakai adalah single V-butt joint. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian kekuatan tarik dan pengujian bending. Berdasarkan Latar Belakang ini,maka peneliti tertarik untuk mengadakan penelitian tugas sarjana dengan judul : **“PENGELASAN GTAW PADA ALUMINIUM 6061 MENGGUNAKAN FILLER METAL ER 4043”**.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang dikemukakan diatas maka dapat diambil rumusan masalah yaitu :

Untuk mengetahui hasil dari uji tarik, uji impact, uji kekerasan, uji bending, dan ujian mikro pada pengelasan aluminium 6061

1.3 Ruang Lingkup

Agar pembahasan tidak terjebak dalam pembahasan yang tidak perlu maka dibuat batasan masalah yang meliputi :

- a. Pengelasan yang digunakan metode pengelasan GTAW
- b. Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah Aluminium 6061
- c. Filler metal menggunakan ER4043

1.4 Tujuan

1.4.1 Tujuan Umum

Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh kuat arus terhadap (uji tarik, uji impact, uji bending, uji kekerasan dan uji mikro) pada aluminium 6061 dengan GTAW

1.4.2 Tujuan Khusus

1. Untuk menganalisa pengaruh Filler metal ER 4043 terhadap sifat mekanis (uji tarik, uji impact, uji bending, dan uji kekerasan)
2. Untuk menganalisa pengaruh Filler metal ER 4043 terhadap Mikro struktur

1.5 Manfaat Penelitian

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

1. Secara Teoritis
 - a. Penelitian ini diharapkan bisa dijadikan acuan dan pembelajaran yang berkaitan dengan pengelasan GTAW khususnya arus dan pola gerakan elektroda pada pengelasan GTAW, dan juga pada pengujian bahan pada uji tarik dan bending.
 - b. Hasil penelitian ini bisa menjadi referensi dan bermanfaat untuk peneliti selanjutnya.

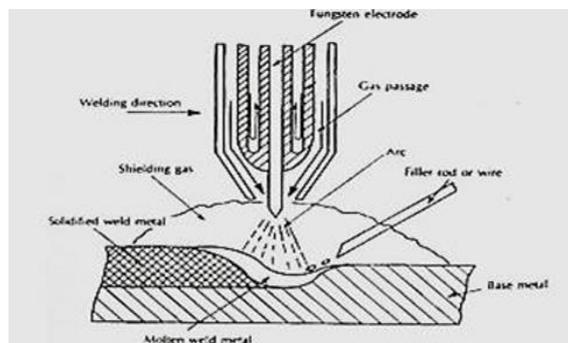
2. Secara Praktis
 - a. Penelitian ini diharapkan bisa menjadi acuan pada saat praktikum pengelasan dan pengujian bahan mengenai nilai kekuatan Tarik,bending pada aluminium dengan GTAW.
 - b. Untuk peneliti, sebagai pengetahuan baru yang penting yang dapat menginspirasi peneliti lain dan mengembangkannya lebih jauh lagi.

BAB 2 DASAR TEORI

2.1. Pengelasan GTAW (Gas Tungsten Arc Welding)

Menurut American Welding Society (AWS) Pengelasan adalah proses penyambungan logam atau non logam yang dilakukan dengan memanaskan material yang akan disambung hingga temperatur las yang dilakukan dengan cara atau tanpa menggunakan tekanan, hanya dengan tekanan, dan logam pengisi.

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 (CO₂) atau campuran dari gas - gas tersebut. Skema pengelasan pada gambar 2.1 berikut.



Gambar 2.1. Skema Pengelasan GTAW (Sonawan, 2006)

Elektroda 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 kedalam 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 (Rirismaranggi, 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. Arus Listrik

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).

2.1.2. Kecepatan pengelasan

Kecepatan pengelasan mempengaruhi lebar dan penetrasi dari las busur tungsten gas. Namun, efek dari kecepatan pengelasan pada lebar las lebih jelas dari pada efek penetrasinya. Dalam beberapa aplikasi, kecepatan pengelasan didefinisikan sebagai tujuan, dengan variabel-variabel lain dipilih untuk mencapai konfigurasi lasan yang diinginkan pada kecepatan itu. Dalam kasus lain, kecepatan pengelasan mungkin mungkin variabel tetap, dipilih untuk mendapatkan kualitas

dan keseragaman las diperlukan dalam kondisi terbaik dengan kombinasi variabel lainnya. Terlepas dari tujuannya, kecepatan pengelasan umumnya diperbaiki di sifat mekanik pengelasan sementara variabel lainnya, Seperti arus atau tegangan, bervariasi untuk mempertahankan lasan (AWS vol 2, 2004).

2.1.3. 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	Chemical Symbol	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 ₂	44,01	1,53	1,978	14,4
Helium	He	4,00	0,1368	0,178	24,4
Hydrogen	H ₂	2,016	0,0695	0,090	13,5
Nitrogen	N ₂	28,01	0,967	1,25	14,5
Oxygen	O ₂	32,00	1,105	1,43	13,2

Karena penurunan tegangan yang lebih besar di busur dengan gas helium dari pada busur argon, maka input daya yang lebih tinggi dan sensitivitas yang lebih besar terhadap variasi panjang busur dapat diperoleh

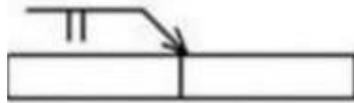
dengan gas helium. Memungkinkan pengelasan logam yang lebih tebal dan penggunaan kecepatan pengelasan yang lebih tinggi. Yang terakhir, di sisi lain, memungkinkan kontrol yang lebih baik dari panjang busur selama pengelasan GTAW yang otomatis (Kou, 2003).

2.1.4. Kampuh Las

Kampuh las merupakan bagian dari logam induk yang akan diisi oleh logam las, kampuh las awalnya adalah berupa kubungan las yang kemudian diisi dengan logam las. Sambungan las dengan menggunakan alur kampuh dikategorikan kedalam sambungan las tumpul. Sambungan las tumpul adalah jenis sambungan paling efisien, berikut ini pemaparan tentang jenis-jenis kampuh las. (Aji 2019)

1. Kampuh I (*Square butt weld*)

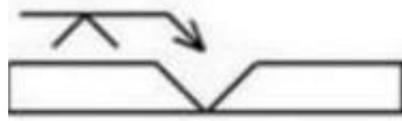
Las I kampuh terbuka, pada kampuh las ini terdapat celah antara plat yang akan dilas. Lebar celah tergantung pada ketebalan plat. Kampuh ini kurang kuat dibandingkan kampuh tertutup. Umumnya desain ini digunakan pada logam tipis seperti yang terlihat pada Gambar 2.2. (Rahman and Imran 2020)



Gambar 2.2 Kampuh I *square butt weld* (Aji,2019)

2. Kampuh V tunggal (*Single V butt weld*)

Kampuh V tunggal, kampuh ini lebih kuat dari pada kampuh 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. Kampuh V tunggal digunakan pada material dengan ketebalan sedang sampai tebal seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2.3.

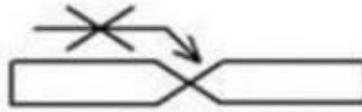


Gambar 2.3 Kampuh V tunggal *Single V butt weld* (Aji,2019)

3. Kampuh V ganda (*Double V butt weld*).

Kampuh ini lebih kuat dari pada kampuh V tunggal, sangat baik untuk kondisi beban statis maupun dinamis serta dapat menjaga perubahan bentuk

kelengkungan sekecil mungkin, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 V ganda *Double V butt weld* (Aji,2019)

4. Kampuh V miring tunggal dan ganda.

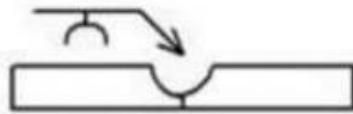
Kampuh ini dipergunakan untuk beban tekan yang besar. Kampuh ini lebih baik dari pada las persegi, tetapi tidak lebih baik dari sambungan V, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Kampuh v miring tunggal dan ganda (Aji,2019)

1. Kampuh U tunggal (*Single U butt weld*).

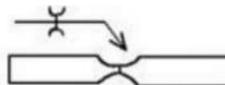
Kampuh U tunggal dapat dibuat tertutup dan terbuka. Kampuh ini lebih kuat menerima beban statis dan diperlukan untuk sambungan berkualitas tinggi, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Kampuh U tunggal (Aji,2019)

2. 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 2.7.



Gambar 2.7 kampuh U ganda (Aji,2019)

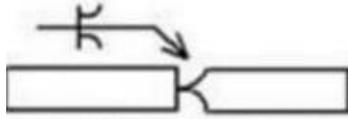
3. Kampuh las alur J tunggal (*Single J butt weld*).

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 2.8.



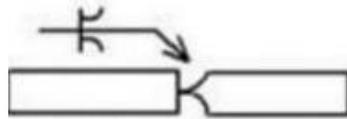
Gambar 2.8 kampuh J tunggal (Aji,2019)

4. 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 2.9.



Gambar 2.9 kampuh J ganda (Aji,2019)

5. 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.



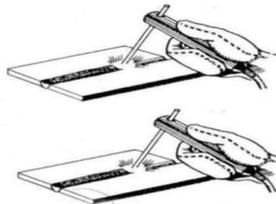
Gambar 2.10 kampuh J ganda (Aji,2019)

2.1.5. 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.

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 2.11. (Tarkono and Sugiyanto 2010).

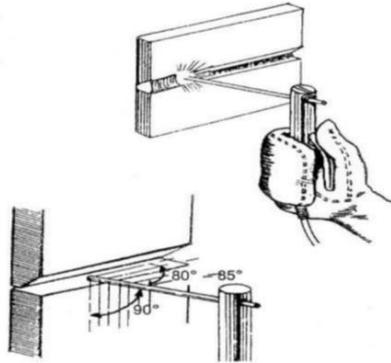


Gambar 2.11 Posisi pengelasan *Flat or downhand* (Tarkono and Sugiyanto 2010)

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

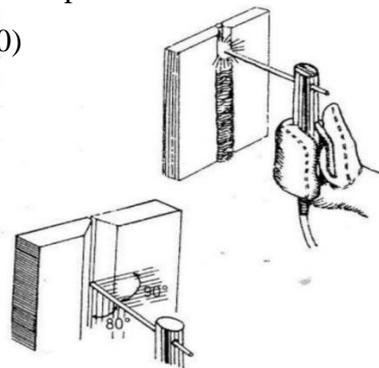
diperhatikan, karena akan sangat mempengaruhi hasil pengelasan. Posisi benda kerja biasanya berdiri tegak atau agak miring sedikit dari arah elektroda las. Pengelasan posisi mendatar sering digunakan untuk pengelasan benda-benda yang berdiri tegak misalnya pengelasan badan kapal laut arah horizontal. seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.12. (Tarkono and Sugiyanto 2010).



Gambar 2.12 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 dengan gerak elektroda las yaitu naik atau turun misalnya pengelasan badan kapal laut arah vertikal. seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.13 dibawah ini. (Tarkono and Sugiyanto 2010)

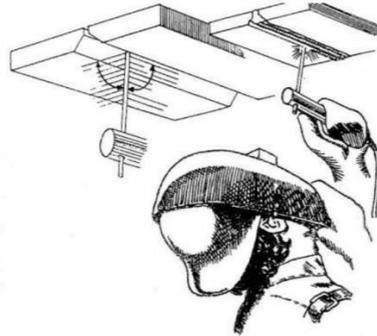


Gambar 2.13 Posisi pengelasan *vertikal-up* (Tarkono and Sugiyanto 2010)

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

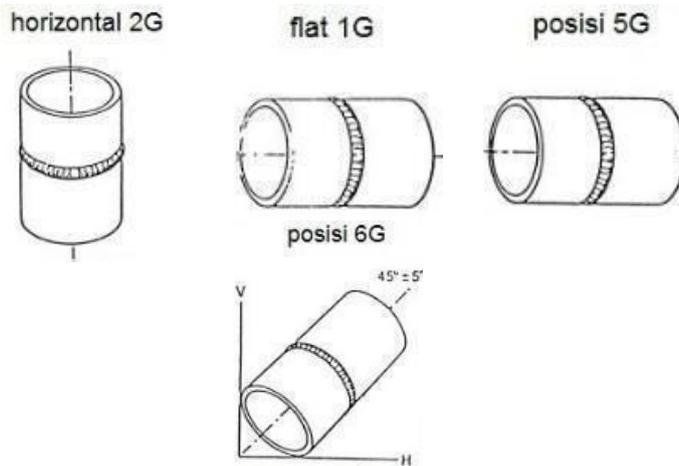
Benda kerja terletak di atas kepala welder, sehingga pengelasan dilakukan di atas kepala operator atau welder. Posisi ini lebih sulit

dibandingkan dengan posisi- posisi pengelasan yang lain. Posisi pengelasan ini dilakukan untuk pengelasan pada permukaan datar atau agak miring tetapi posisinya berada di atas kepala, yaitu letak elektroda berada di bawah benda kerja misalnya pengelasan atap gudang bagian dalam. seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.14 dibawah ini. (Tarkono and Sugiyanto 2010).



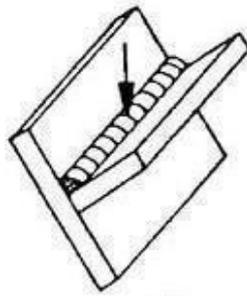
Gambar 2.14 Posisi pengelasan *overhead* (Tarkono and Sugiyanto 2010)

Untuk standar Amerika serikat (AWS) pada pengelasan pipa posisi pengelasan dibagi menjadi 4 yaitu 1G, 2G, 5G dan 6G, seperti Gambar 2.15.

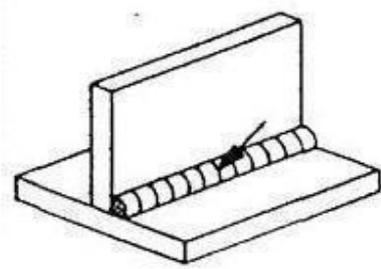


Gambar 2.15 Posisi pengelasan pada pipa (Alif Maulana,2019)

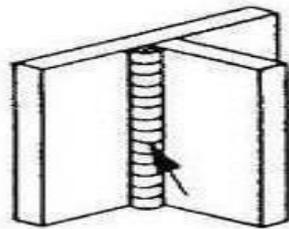
Penempatan benda kerja disesuaikan dengan permintaan, dalam hal ini adalah menyesuaikan posisi pengelasan. Defenisi las *Fillet*, seperti yang diberikan pada EN 287-1. Penunjukan AWS dalam tanda kurung seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.16.



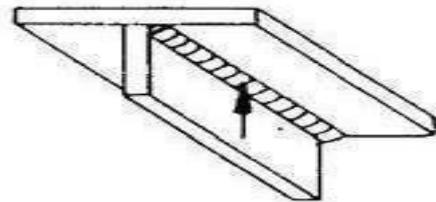
PA (1F) *Flat position*



PB (2F) *Horizontal/Vertical*



PG (3F) *Vertical-down*



PD (4F) *Overhead*

Gambar 2.16 Posisi pengelasan *flat* (Herman pranata,2018).

2.1.6. Filler Metal

Berdasarkan tabel AWS ANSI/ AWS A5.10-92 logam pengisi yang digunakan adalah ER 4043.

Tabel 2.2 komposisi kimia filer ER 4043.(Yudo and Mulyatno 2012)

Si	Mn	Mg	Zn	Cu	Cr	Ti	Fe
2.994	0.163	1.364	0.018	0.100	0.080	0.014	0.431

Sumber : (Yudo and Mulyatno,2012)

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, industri mliter,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 g/cm³ dan modulus elastisitas 10 x 10⁶ psi (Surdia & Saito, 1999)(Askeland & Fulay, 2009). Karena sifatnya yang ringan dan kuat.(Sidik 2019). Tabel 2.3 adalah data mengenai sifat fisik, Tabel 2.4 sifat mekanik dan Tabel 2.5 Komposisi kimia secara umum pada aluminium paduan 6061.

Tabel 2.3. Sifat Fisik *Aluminium Alloys 6061*

Aluminium	Density (g/cm ³)	Coefficien of thermal expansion (μ /m. °C)	Melting range (°C)	Thermal conductivity at 25°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 ²)	Kekuatan Mulur (Kgf/mm ²)	Perpanjangan (%)	Kekerasan <i>Brinell</i>	Batas Lelah (Kgf/mm ²)
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)

2.3. Pengujian Tarik (Tensile Test)

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 (Wirjosumarto, 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 et al, 2014).

Uji tarik 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 2.18. (Rirismarangi S, Syamsuar, and Sumardi 2019)



Gambar 2.17 Mesin uji Tarik (Ludi Hartanto, 2009)

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

1. Kekuatan tarik maksimum (σ)

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:

$$\sigma = \frac{\sigma P}{A^0} \dots\dots\dots 2.1$$

Dimana : σ = Tegangan tarik maksimum (MPa,N/mm²),

P = Beban Maksimum (N) dan

Ao = Luas Penampang Penampang Mula-mula (mm²)

1. Regangan maksimum (e)

Diukur sebagai penambahan panjang ukur setelah perpatahan terhadap panjang awalnya.

Dirumuskan :

$$e = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\% = \frac{L_i - L_0}{L_0} \times 100\% \dots\dots\dots 2.2$$

dimana : Li = Panjang sesudah patah (mm),

Lo = Panjang mula-mula (mm),

e = Regangan (%)

2. Modulus elastisitas (E)

Merupakan ukuran kekakuan suatu material pada grafik tegangan-regangan, modulus kekakuan tersebut dapat dihitung dari slope kemiringan garis elastic yang linier.

$$\text{Rumus : } E = e \frac{\sigma}{s} \dots\dots\dots 2.3$$

dimana :

E = Modulus elastisitas (GPa.KN/mm²),

σ = Tegangan Maksimum (MPa.N/mm²), dan

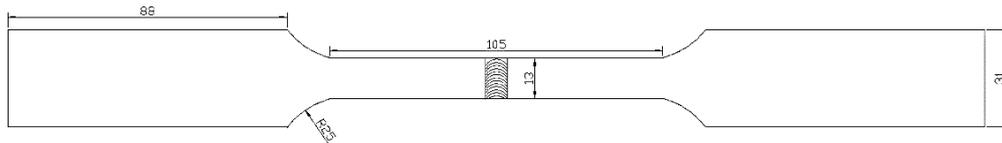
e = Regangan (%)

Keuletan bahan hasil uji Tarik diukur dengan dua cara yaitu :

- Persen pertambahan panjang dari panjang ukur.
- Persen pengukuran luas pada titik patah.

2.3.1. Spesimen Uji Tarik

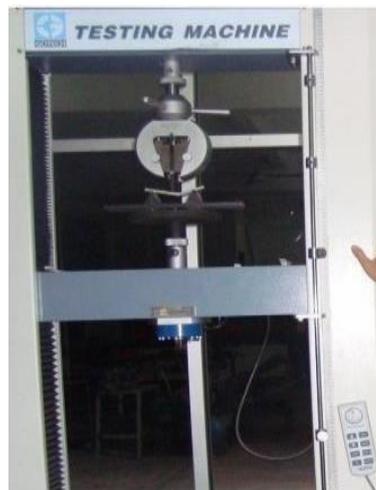
Salah satu sifat mekanik yang sangat penting dan dominan dalam suatu perancangan konstuksi dan proses manufaktur adalah kekuatan tarik. Kekuatan tarik suatu bahan di dapat dari hasil uji tarik tensile test yang dilaksanakan berdasarkan standar pengujian yang telah baku seperti AWS D1.1 dapat ditunjukkan pada Gambar 2.19 berikut.



Gambar 2.18 Spesimen uji tarik

2.3.2. Pengujian lengkung (*Bending*)

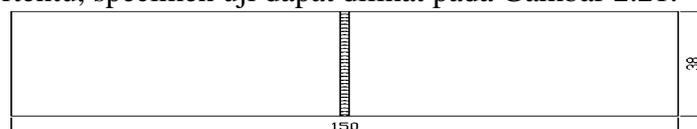
Pengujian tekuk (*bending test*) merupakan salah satu bentuk pengujian untuk menentukan mutu suatu material secara visual. Selain itu uji *bending* digunakan untuk mengukur kekuatan material akibat pembebanan dan kekenyalan hasil sambungan las baik di weld metal maupun HAZ. Dalam pemberian beban dan 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 2.20 berikut. (Kusuma, Jokosisworo, and Budi 2017).



Gambar 2.19 Mesin Uji ending (Ludi Hartanto,2009)

2.3.2.1. Spesimen Uji Bending

Beberapa tingkat keuletan pesimen 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 2.21.



Gambar 2.20. Spesimen uji *bending* standar AWS D1.1 2015

2.3.2.2. Metode Pengujian

Pengujian lengkung atau (*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 dudukan 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 berada diluar lengkungan (*Face in tension*).

b. Root Bend

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

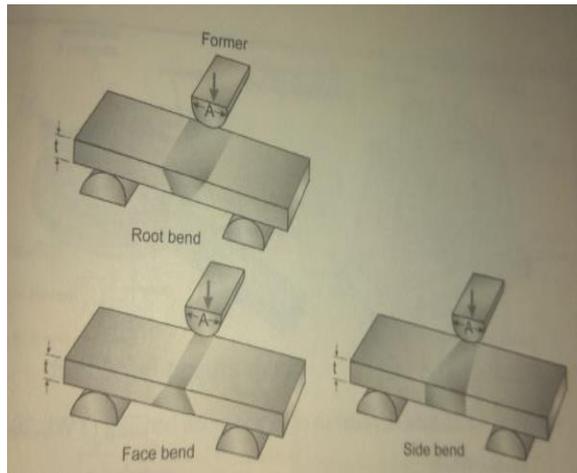
c. Side Bend

Pengujian dilakukan pada irisan melintang dari spesimen uji (10 mm) dari ketebalan penuh lasan *butt weld* > 12 mm dan specimen 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 2.22 di bawah ini menggambarkan tiga jenis pengujian lengkung *bend test*.



Gambar 2.21 tiga jenis pengujian lengkung *bend test* (TWI,2018)

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 vikers seperti terlihat pada Gambar 2.23.

Metode Vickers sebagai pengujian keras ini dilaksanakan dengan cara menekan material atau spesimen uji dengan indenter intan dengan bentuk piramida dengan alas segi empat dan besar sudut dari permukaan yang berhadapan 136 derajat. Penekanan dengan indenter akan menghasilkan suatu jejak atau lekukan pada permukaan material uji (Bashori, 2020).



Gambar 2.22 Alat uji kekerasan Vickers Testing Machine (Lab ATB Polmed)

Angka kekerasan vickers didefinisikan sebagai beban dibagi luas permukaan lekukan. Pada prakteknya. Luas ini dihitung dari pengukuran mikroskopik panjang diagonal jejak. VHN dapat ditentukan dari persamaan berikut :

$$D = \frac{D_1 + D_2}{2}$$

$$HV = \frac{2F \sin(136^\circ/2)}{D^2} = \frac{1,854 F}{D^2} \dots\dots\dots 2.4$$

dimana :

- HV = Nilai kekerasan vickers
- F = Beban (kg)
- D = Panjang diagonal rata-rata (mm)
- D1 = Panjang diagonal 1
- D2 = Panjang diagonal 2

2.3.4. Pengujian Impact

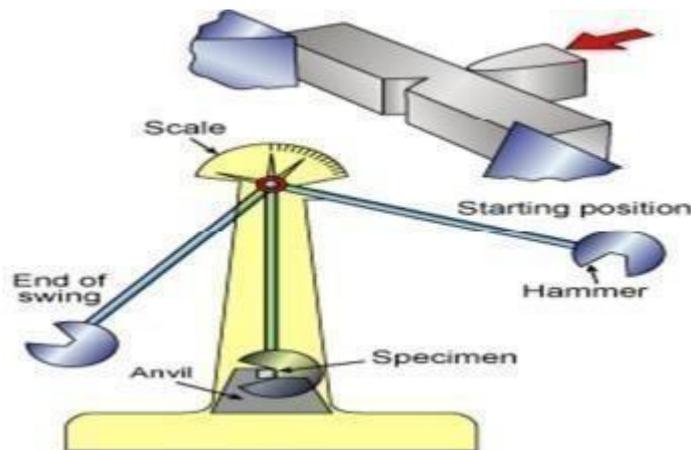
Pengujian impak Charpy (juga dikenal sebagai tes Charpy v-notch) merupakan standar pengujian laju regangan tinggi yang menentukan jumlah energi yang diserap oleh bahan selama terjadi patahan. Energi yang diserap adalah ukuran ketangguhan bahan tertentu dan bertindak sebagai alat untuk belajar bergantung 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 kegetasan 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 kegetasan terhadap benda uji tersebut (Prawira, dkk., 2019).

Percobaan uji impact charpy seperti pada Gambar 2.24 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.



Gambar 2.23 Pengujian Impact (Nugraha, dkk, 2020).

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

1. Usaha yang dilakukan pendulum waktu memukul benda uji atau usaha yang diserap benda uji sampai patah dapat diketahui melalui rumus

sebagai berikut:

$$W1 = G \times h1 \text{ (kg m)}$$

atau dapat juga diselesaikan dengan menggunakan rumus berikut ini :

$$W1 = G \times \lambda(1 - \cos \alpha) \text{ (kg m) 2.5}$$

dimana :

$W1$ = usaha yang dilakukan (kg m)

G = berat pendulum (kg)

$h1$ = jarak awal antara pendulum dengan benda uji (m)

λ = jarak lengan pengayun (m)

$\cos \lambda$ = sudut posisi awal pendulum

2. Sedangkan sisa usaha setelah mematahkan benda uji dapat diketahui melalui rumu sebagai berikut :

$$W2 = G \times h2 \text{ (kg m)}$$

Sehingga dapat diperoleh persamaan sebagai berikut :

$$W2 = G \times \lambda(1 - \cos \beta) \text{ (kg m) 2.6}$$

dimana :

$W2$ = sisa usaha setelah mematahkan benda uji (kg.m)

G = berat pendulum (kg)

$h2$ = jarak akhir antara pendulum dengan benda uji (m)

λ = jarak lengan pengayun (m)

$\cos \beta$ = sudut posisi akhir pendulum

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

$$W = W1 - W2 \text{ (kg m)}$$

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

$$W = G \times \lambda(\cos \beta - \cos \lambda) \text{ (kg m) 2.7}$$

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)
- λ = jarak lengan pengayun (m)
- $\cos \lambda$ = sudut posisi awal pendulum
- $\cos \beta$ = sudut posisi akhir pendulum

4. Nilai impact pada pengujian dapat diketahui dari rumus berikut ini :

$$K = \frac{W}{A_0} \dots\dots\dots 2.8)$$

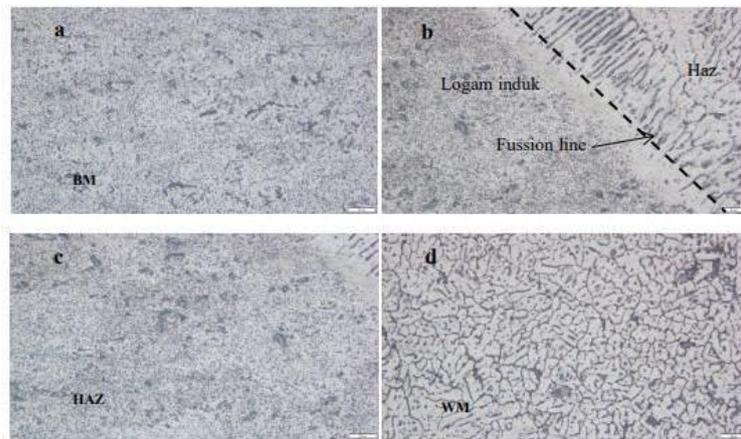
dimana :

- K = nilai impact (kg m/mm²)
- W = usaha yang diperlukan untuk mematahkan benda uji (kg m)
- A₀ = luas penampang di bawah takikan (mm²)

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 larutan pemoles.
- 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 atau paduan tersebut. Berikut beberapa hasil pengujian strktur mikro. Seperti pada Gambar 2.26.



Gambar 2.24. Contoh Hasil Pengujian Mikrostruktur (Irwana, 2008)

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat penelitian

3.1.1. 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

3.1.2. 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 di nyatakan selesai.

Tabel 3.1 Rencana Pelaksanaan Penelitian

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

3.2. Alat dan Bahan

3.2.1. Alat

Adapun alat yang digunakan pada pengelasan specimen aluminium 6061 adalah sebagai berikut:

a. Mesin Las GTAW

Mesin Las GTAW ini digunakan untuk mengelas / menyambung specimen yang akan diuji kekuatannya dengan cara ditarik.



Gambar 3.1. Mesin las GTA

b. Filler Metal

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



Gambar 3.2. Gambar filler metal ER 4043

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

1. 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

2. Cekam Uji Tarik

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



Gambar 3.6. Cekam uji tarik

3. Alat uji impact metode charpy

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



Gambar 3.7. Alat uji impact

4. 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 inches / min, space 400 mm, dimension 800 x 530 x 1600 mm, power 1 phase 220 V 50 / 60 Hz, stroke 700 mm.



Gambar 3.8. Alat uji bending

5. Alat uji kekerasan metode vikers

Alat kekerasan adalah alat uji yang digunakan untuk mengukur nilai kekerasan atau kekakuan material.



Gambar 3.9. Alat uji kekerasan

6. 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 ada pada material dengan menggunakan mikroskop optik atau mikroskop elektron, terdapat 4 lensa dengan perbesaran 10x, 50x, 100x, dan 200x.



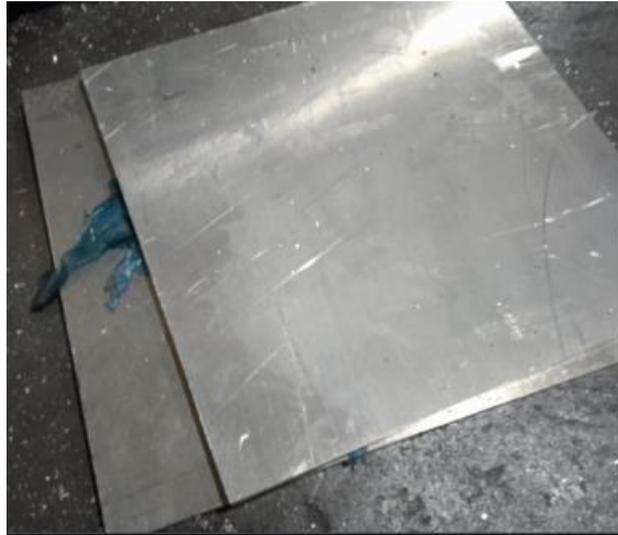
Gambar 3.10. Alat uji mikro

3.2.2. Bahan

a. Aluminium 6061

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah Aluminium Jenis

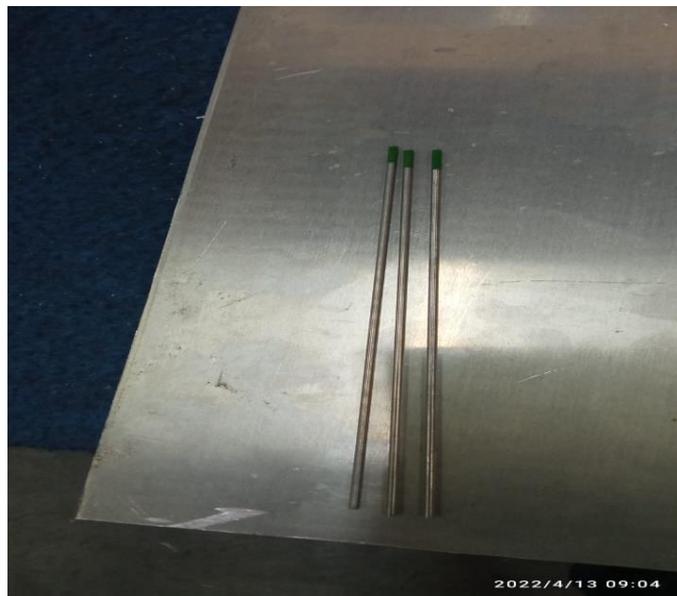
Al 6061.



Gambar 3.11. Aluminium 6061

b. Tugsten

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



Gambar 3.12. Tugsten

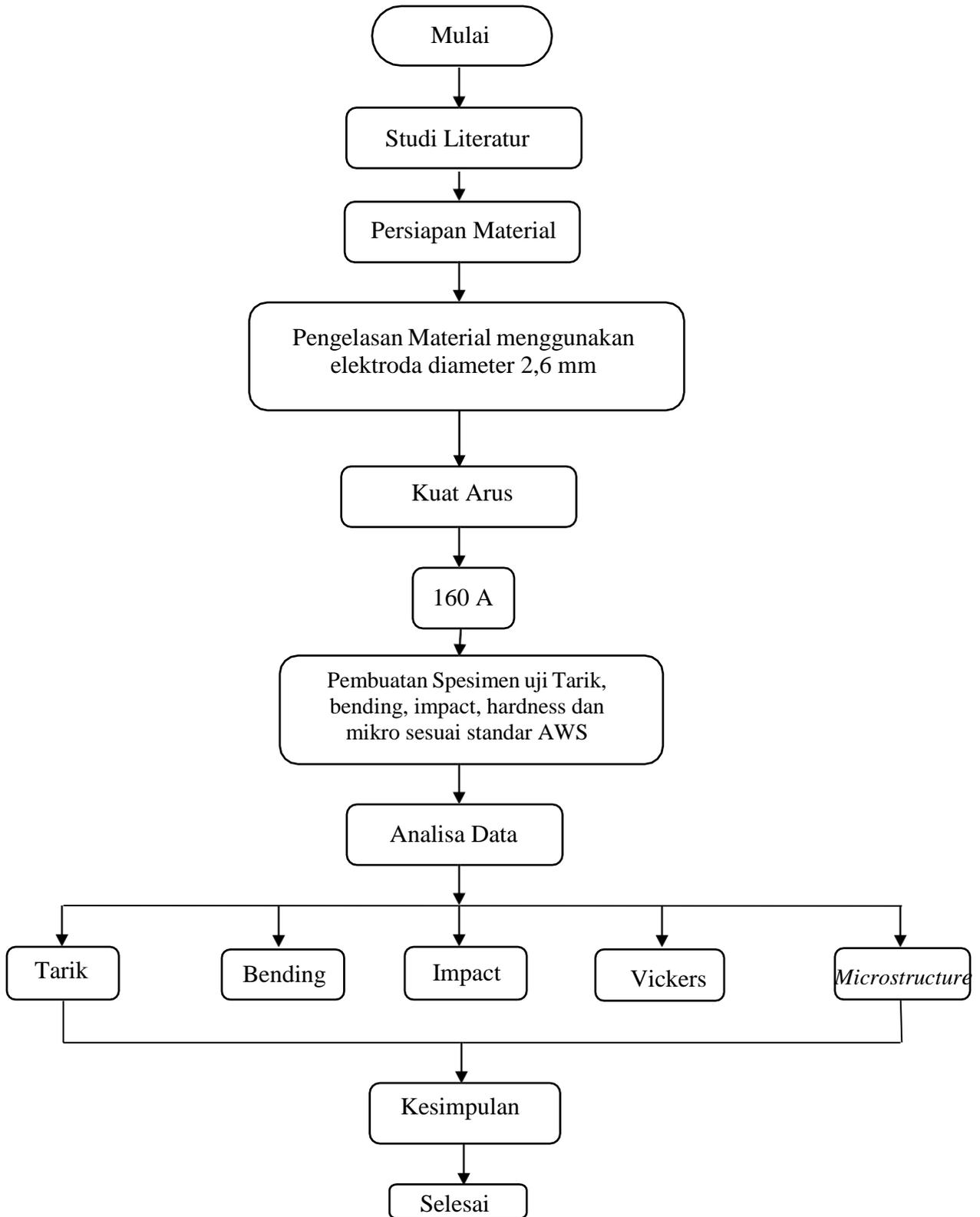
c. Gas argon

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



Gambar 3.13. Gas argon

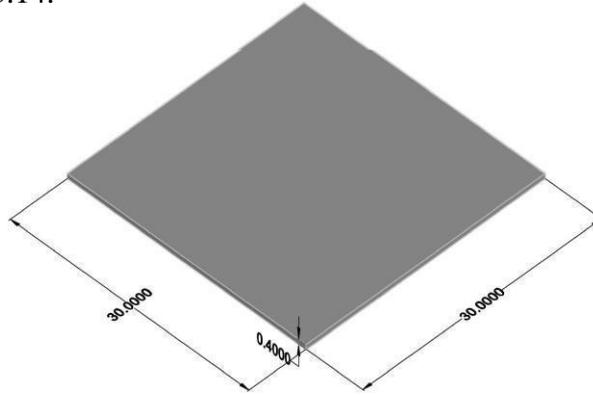
3.3 Diagram Alir Penelitian



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.



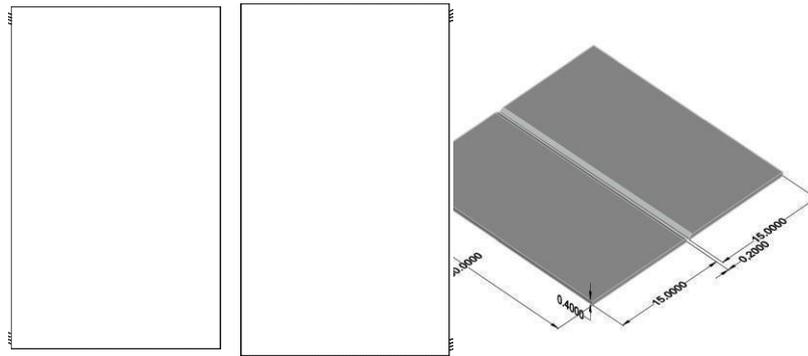
Gambar 3.14 ukuran spesimen uji

Setelah proses pemotongan bahan aluminium langkah selanjutnya melakukan *preheat*. *Preheat* merupakan pemanasan sebelum dilakukan pada suhu dibawah suhu rekristalisasi preheating bisa saja menggunakan gas burner, 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.

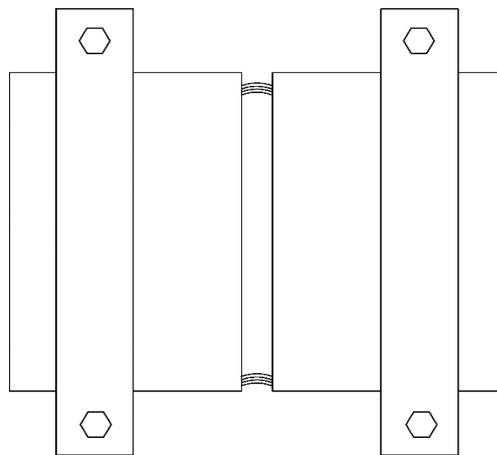
3.4.2. Proses Pengelasan

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 melekatkan tang penjepit las pada benda kerja, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.15.

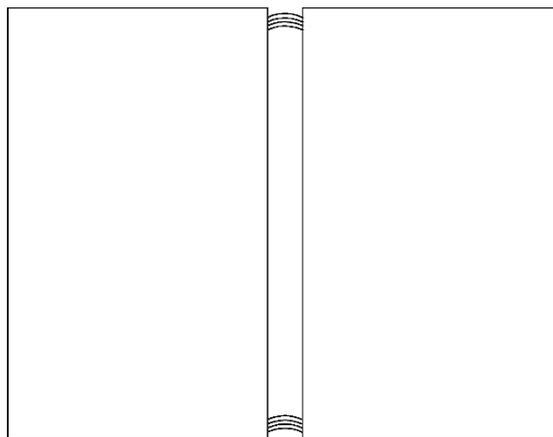


Gambar 3.15 Test coupon dijepit pada tumpuan



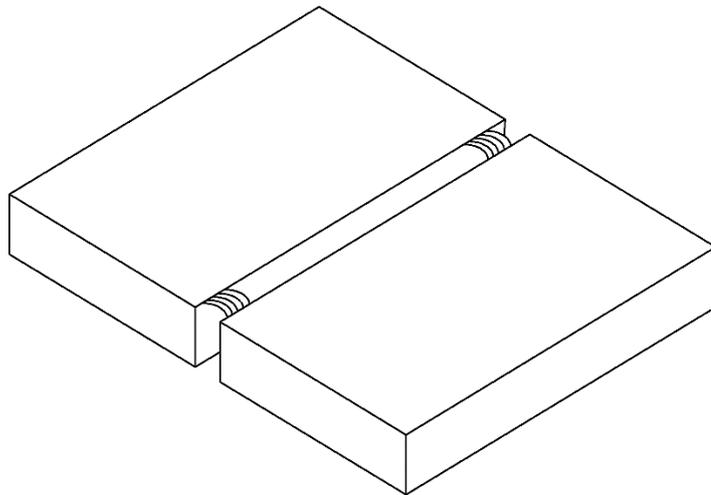
Gambar 3.16 Test coupon setelah di beri titik las

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



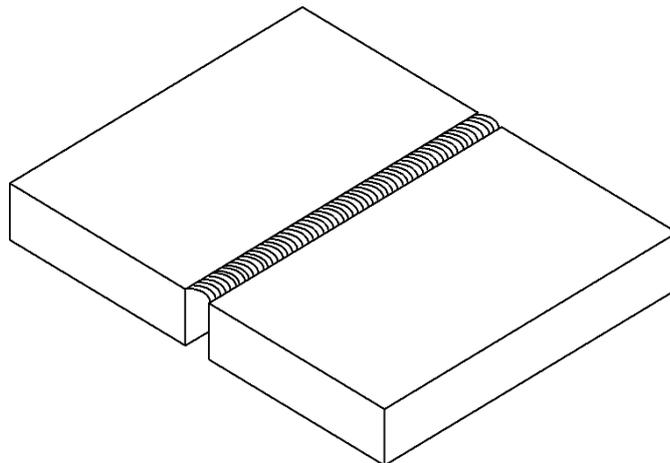
Gambar 3.17 Test coupon setelah dilepas dari penjepit

2. Melakukan pengelasan 2 layer dengan pola lurus posisi pengelasan 1G, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.18.



Gambar 3.18 Test coupon posisi pengelasan 1G

3. 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 specimen 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 tahapannya ini pendinginan dengan media drumos pada saat pengerjaan harus diperhatikan juga, sehingga sampai panas yang dihasilkan tidak berlebihan, sekarena dapat mengubah sifat mekanik material. Pada penelitian ini menggunakan *Welding Procedure Specification* sesuai Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Tabel pengelasan

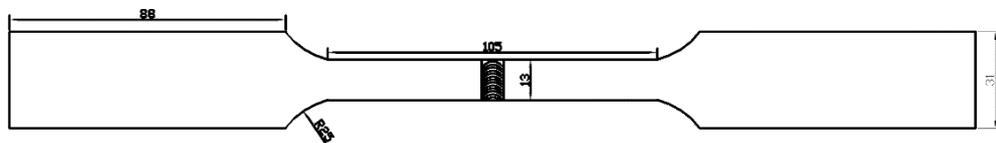
a	Spesifikasi material	Aluminium seri 6061
b	Dimensi	300 mm x 300 mm x 4 mm
c	Tipe sambungan	Butt joint
d	Posisi pengelasan	1 G
e	Filer metal	ER 4043
f	Diameter filer metal	Ø 2,6 mm
g	Arus	DC +
h	Kuat arus	160A
i	Jumlah layer	2 Layer
j	Kecepatan pengelasan	50 mm/s
k	Shielding gas	Argon 99,99%
l	Jumlah keluaran gas	15 liter/min

3.5 Prosedur Pengujian

3.5.1 Pengujian Tarik

Proses pengujian dilakukan dengan langkah-langkah berikut ini :

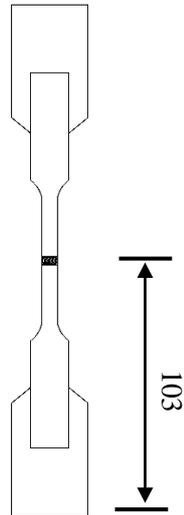
- Spesimen uji yang sudah dipotong sesuai ukuran standar AWS D1.1 2015 seperti ditunjukkan pada Gambar 3.20.



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

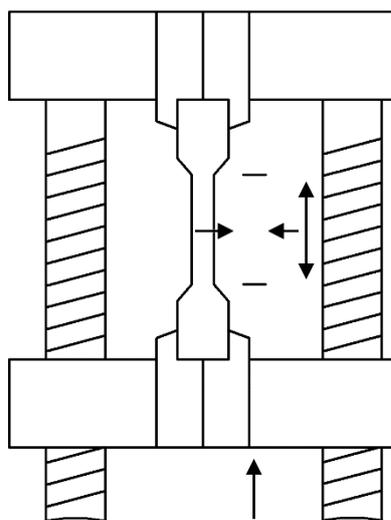
- Spesimen uji diukur sisi lebar 13 mm, sisi tebal 4 mm, sisi panjang 103 mm kemudian ditandai menggunakan spidol untuk mengetahui penambahan panjang saat mengalami penarikan sampai putus;
- Pasang kabel dan kaitkan ke pc, nyalakan mesin uji dan komputer;

- d Kemudian ikat spesimen uji dengan cak atas dan cak bawah pada mesin uji sesuai panjang spesimen uji yaitu 103 mm;
- e Sebelum pengujian pastikan ukuran cak atas dan cak bawah dengan jangka sorong 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 penarikan data dimuali dari nol;
- h Jalankan pengujian dengan mengklik start pada pc, seperti terlihat pada gambar 3.22 berikut;



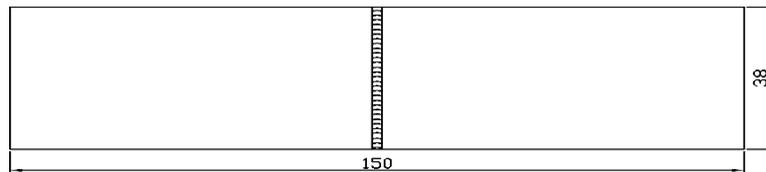
Gambar 3.22 Proses pengujian tarik

- i Catat setiap penambahan dan uji sampai keadaan material putus;
- j Matikan mesin ketika pengujian sudah selesai;
- k Mengolah data dari hasil pengujian, dan membuat grafik dari data yang didapat, print data tersebut;
- l Selanjutnya lepaskan spesimen pada cak, lekan tombol mati jika sudah selesai dan lepaskan sambungan listrik mesin.

3.5.2 Pengujian Bending

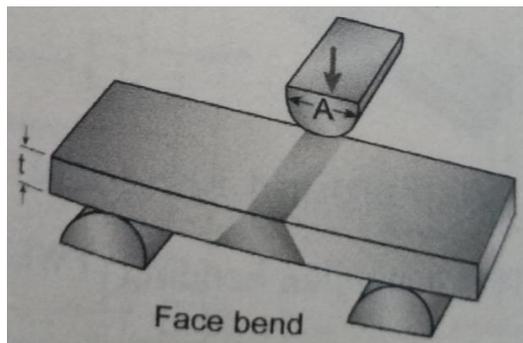
Pengujian bending dilakukan beberapa langkah yaitu :

1. Benda/sepseimen uji dipotong sesuai ukuran standar AWS, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.23;



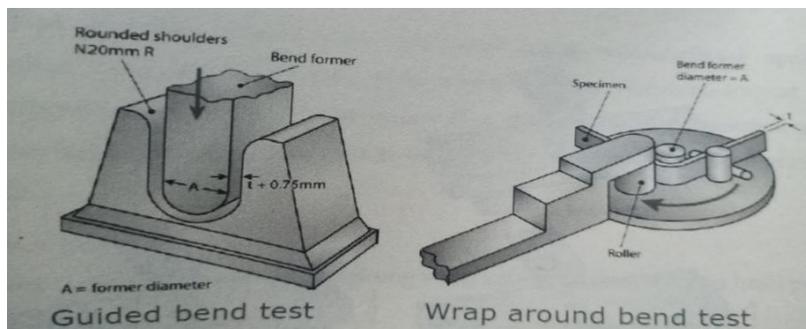
Gambar 3.23 Bentuk spesimen uji bending AWS D1.1 2015

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 cembung;
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;



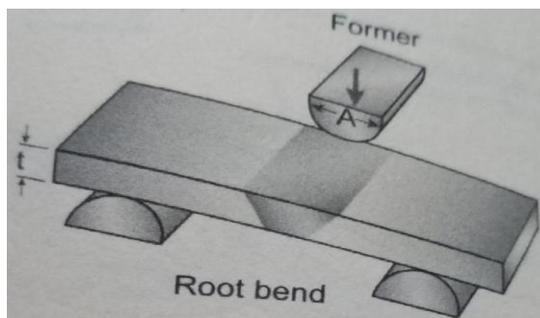
Gambar 3.24 Pengujian *Face bending*

9. Untuk memulainya atur software pada pc jenis pengujian *bending* sesuai dengan standar AWS D1.1;
10. Setelah itu masuk ke panel pengujian atau pengukuran, pada saat penarikan data dimuali 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° , 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;



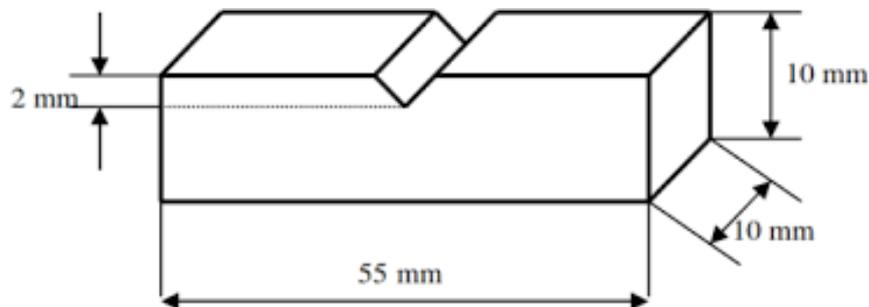
Gambar 3.26 Pengujian *Root bending*

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

Langkah–langkah pengujian impact adalah:

1. Benda/sepseimen uji dipotong sesuai ukuran standar AWS, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.27. Specimen uji diukur sisi lebar 10 mm, sisi panjang 55 mm, tinggi 10 mm



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

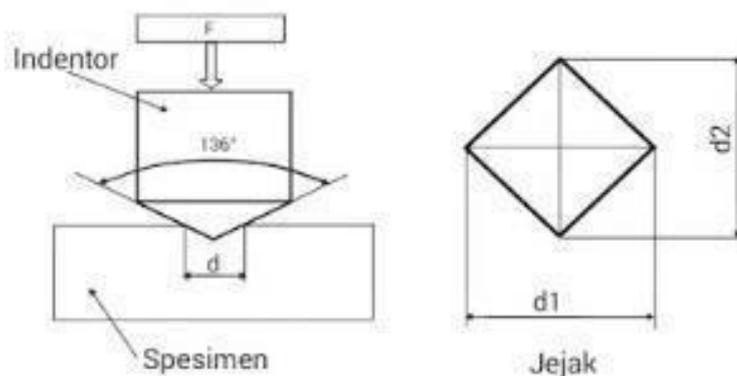
2. Buatlah alur (takik) pada benda kerja, tepat pada bagian tengah dengan ukuran yang sudah ditentukan menggunakan notching machine.dengan kedalaman 2 mm.
3. Bukalah “the safety lock key”.
4. Bukalah “triggers”.
5. Rentangkan “the outer tup” dan “the inner tup”.
6. Selanjutnya pasangkan specimen ke mesin uji impact metode charpy digital
7. Aturilah godam sampai ke atas

8. Tarik “the spring loaded pin” sambil menghentakkan pada knop pelepas pada “triggers”, sampai “outer tup” dan “inner tup” berayun.
9. Bacalah pada layar digital mesin uji impact dengan satuan M/kg

3.5.4 Pengujian kekerasan

Langkah–langkah pengujian hardness vikers adalah:

1. Hasil pengelasan dipotong pada daerah sekitar sambungan las.
2. Hasil potongan di mounting untuk mempermudah proses pengujian.
3. Spesimen 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.



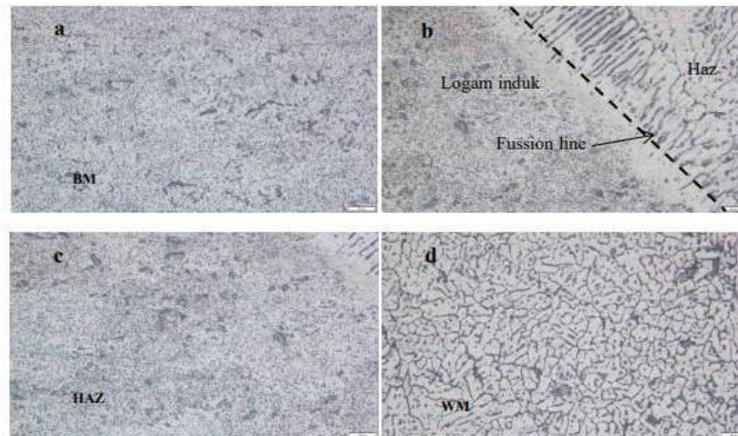
Gambar 3.28. Bentuk spesimen uji kekerasan AWS D1.1:2015

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 menggunakan amplas 1200 sampai 2000
2. Melakukan polishing
3. Melakukan etching menggunakan Larutan HCL 99% dengan 3 tetesan
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 dilakukan pada material Aluminium 6061 dengan komposisi kimia pada Tabel 4.1. Pengelasan dilakukan metode Gas Tungsten Arc Welding (GTAW) dengan material filler ER 4043. Komposisi filler ER 4043 dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Pengelasan dilakukan pada material aluminium 6061 yang dibentuk spesimen permukaan las pada aluminium berbentuk V tunggal seperti Gambar 3.27.

Tabel 4.1. 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)

Tabel 4.2 Komposisi Kimia Filer Er 4043

Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti
2.994	0.431	0.100	0.163	1.364	0.080	0.018	0.014

Sumber : (Yudo and Mulyatno,2012)

Filler Er 4043 yang dalam kondisi benda padat diberikan energi sehingga filler tersebut berpadu dengan material logam aluminium 6061. Sejumlah energi tersebut adalah Heat input. Energi tersebut juga berpengaruh terhadap material Aluminium 6061 dalam setiap luas yang terkena las (*welded*). Namun energi tersebut memiliki faktor koreksi yang dalam proses GTAW bernilai 0,6. Penelitian menggunakan tegangan 17 volt, arus 160 A dan kecepatan las 58,36 detik dalam panjang las 30 cm.

$$\begin{aligned}
 \text{Heat input (HI)} &= \frac{\text{volt} \times \text{ arus}}{\text{Kecepatan las}} \times fk = \frac{17 \times 160 \times 3600 \text{ s}}{\frac{300 \text{ mm}}{58,36 \text{ s}} \times 1000} \times 0,6 \\
 &= 0,317 \text{ kJ/mm}
 \end{aligned}$$

Pada hasil pengelasan akan dilakukan pengujian seperti uji tarik, uji impact, uji bending, 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. Beban yang diberikan pada bahan sebesar 16,64 kN dan 15,91 kN. Sehingga nilai tarik berdasarkan persamaan 2.1 adalah :

$$\text{Spesimen 1 : } \sigma_1 = \frac{P}{l \times t} = \frac{16,64 \text{ kN}}{12,5 \times 4} = 333,29 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Spesimen 2 : } \sigma_1 = \frac{P}{l \times t} = \frac{15,91 \text{ kN}}{12,5 \times 4} = 318,26 \text{ N/mm}^2$$

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

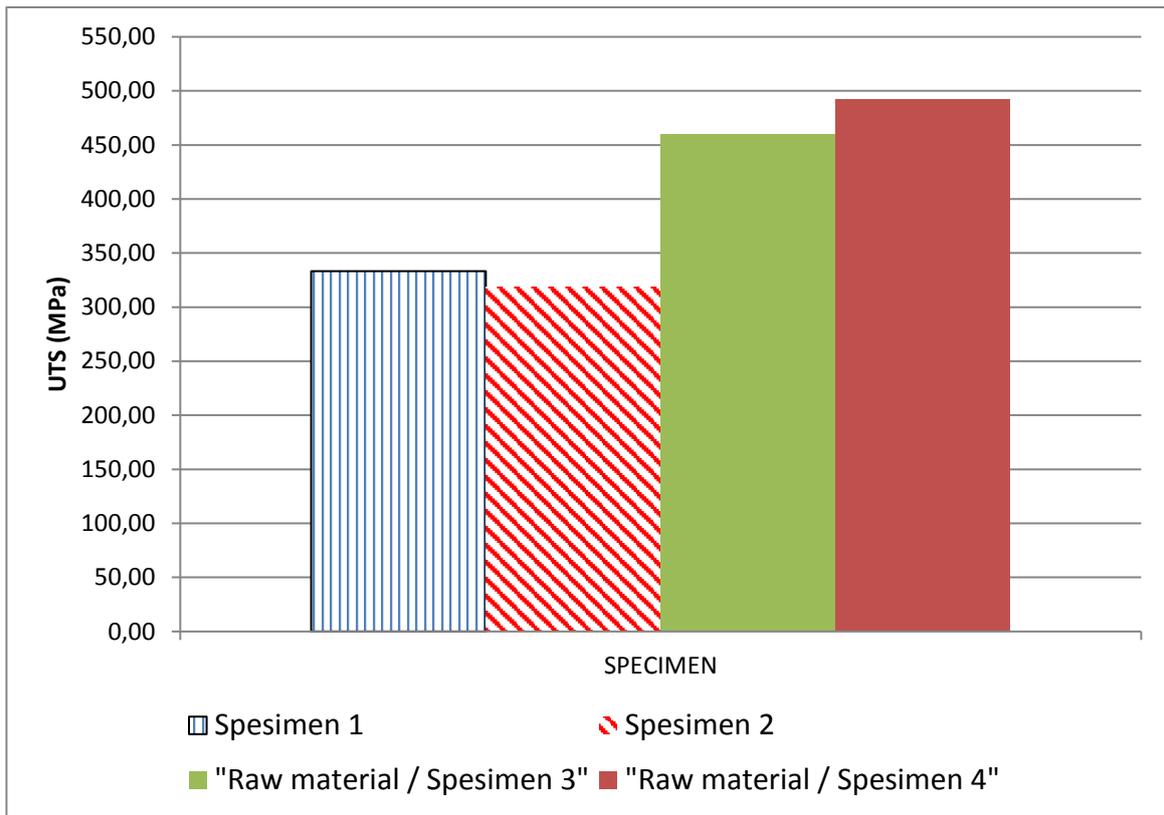
$$\text{Spesimen 3 : } \sigma_3 = \frac{P}{l \times t} = \frac{22,99 \text{ kN}}{12,5 \times 4} = 459,80 \text{ N/mm}^2$$

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

Sehingga dapat dilihat pada Tabel 4.3 dan grafik pengujian tarik pada Gambar 4.1. Hasil pengujian pada spesimen 1 dan 2 dapat dilihat pada Gambar 4.2 dan Gambar 4.3.

Tabel 4.3. Hasil Uji Tarik

Specimen	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Luas (mm ²)	Lo (mm)	Lf (mm)	% ε	Beban (KN)	UTS (KN/mm ²)	Joint Efisiensi
1	12.5	4	50	120	122	1.67	16.6643	333.29	68%
2	12.5	4	50	120	122	1.67	15.9131	318.26	65%
Raw material / spesimen 3	12.5	4	50	120		-100	22.9901	459.80	93%
Raw material / spesimen 4	12.5	4	50	120		-100	24.6186	492.37	100%



Gambar 4.1. Grafik Pengujian Tarik

Hasil pengujian dilakukan pengukuran area patahan pada pengujian tarik. Pada spesimen 1 dan spesimen 2 terdapat patahan dengan jarak 1,2 cm dari tengah area *welded*. Area patahan pada Gambar 4.2 dan Gambar 4.3



Gambar 4.2. Pengujian Tarik Spesimen 1



Gambar 4.3. Pengujian Tarik Spesimen 2

Pada pengujian yang dilakukan untuk menyambung material aluminium 6061 dengan filler ER 4043, kekuatan material yaitu 333,29 N/mm² dan 318,26 N/mm². Rata-rata yang tarik dari hasil pengelasan sebesar 325,77 N/mm² sedangkan rata-rata pada raw material sebesar 476,08 N/mm². Dalam hal ini berkurang sebesar 68,43% kekuatan tarik material setelah dilakukan pengelasan. Hal ini disebabkan penetrasi/peleburan dalam penyambungan material tidak membuat discontinued material aluminium 6061. (Jiajia Shen,dkk,2022)

4.2. 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 2.5, 2.6 dan 2.7. Bahan pengujian pada material hasil pengelasan dengan luas spesimen 1 adalah 0,82 cm² sedangkan spesimen 2 adalah 0,88 yakni :

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

$$= 35 \times 9,81 \times 0,86 \times (\cos 129^0 - \cos 140,2^0) = 41,03 \text{ J}$$

$$K_1 = \frac{W_1}{A} = \frac{41,03 \text{ J}}{0,82 \text{ cm}^2} = 50,29 \text{ J/cm}^2$$

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

$$= 35 \times 9,81 \times 0,86 \times (\cos 127,6^0 - \cos 140,2^0) = 46,70 \text{ J}$$

$$K_2 = \frac{W_2}{A} = \frac{46,70 \text{ J}}{0,88 \text{ cm}^2} = 53,06 \text{ J/cm}^2$$

Pada material aluminium 6061 juga dilakukan pengujian impact dengan luas spesimen 3 dan spesimen 4 adalah 0,49 cm² diperoleh :

$$\text{Spesimen 3 : } W_3 = G \times \lambda (\cos \beta - \cos \alpha) = 35 \times 9,81 \times 0,86 (\cos 125,5^0 - \cos 140,2^0) \\ = 55,39 \text{ J}$$

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

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

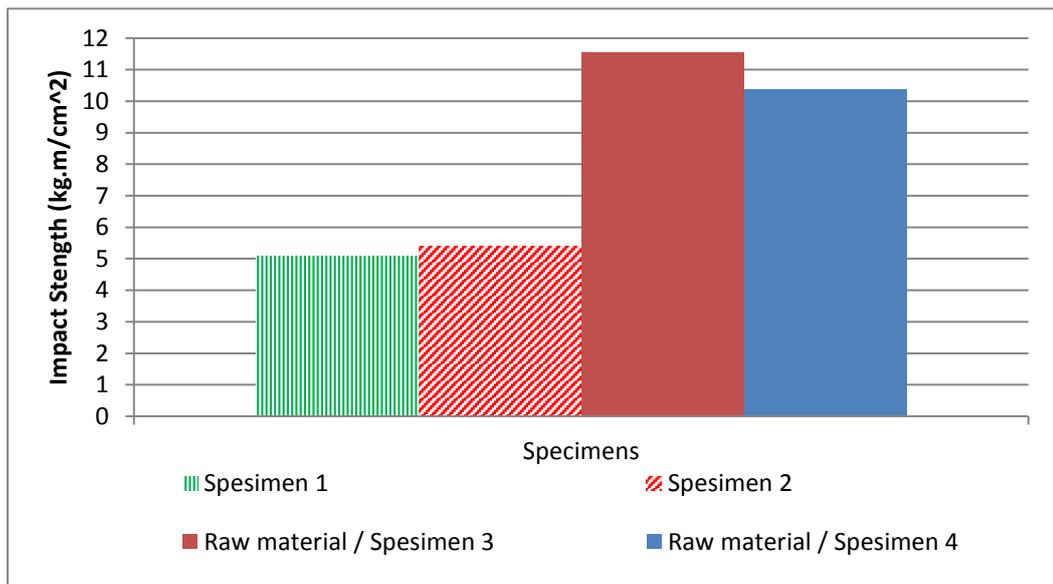
$$= 35 \times 9,81 \times 0,86 \times (\cos 126,8^0 - \cos 140,2^0) = 49,98 \text{ J}$$

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

Pengujian impact pada material sambungan aluminium 6061 dengan filler ER 4043 pada spesimen 1 adalah 50,29 J/cm² dan spesimen 2 menghasilkan 53,06 J/cm² sedangkan pada raw material menghasilkan 112,58 J/cm² dan 101,58 J/cm². Pada Tabel 4.4 dan grafik di Gambar 4.4 menunjukkan perbedaan nilai impact dari setiap spesimen.

Tabel 4.4. Hasil Uji Impact Setiap Spesimen

Spesimen	Lebar (cm)	Tebal (cm)	Luas (cm ²)	Sudut α (o)	Sudut β (o)	Panjang pendulum (m)	Berat Pendulum (kg)	Energi Patah J	Strength (J/cm ²)
1	1.2	0.68	0.82	140.2	129	0.86	35	41.03	50.29
2	1.1	0.80	0.88	140.2	127.6	0.86	35	46.70	53.06
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 4.4 Grafik Pengujian Impact setiap spesimen

Penurunan nilai impact tersebut bahan dasar aluminium dan hasil pengelasan dengan filler ER 4043 sebesar 44,46 % - 52,24 %. Hal ini disebabkan pemanasan yang terjadi untuk menggabungkan material aluminium 6061 dengan filler telah tidak mencukupi untuk meleburkan kedua material menjadi satu. (Jiajia Shen,dkk,2023).

4.3. Pengujian Bending

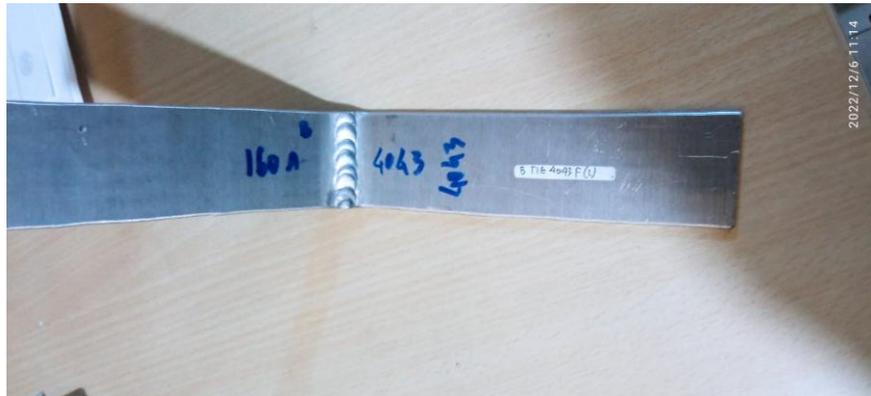
Hasil pengelasan dipersiapkan dalam 2 Spesimen. Spesimen tersebut dilakukan pengujian lengkungan (*bending*). Hasil pengujian bending adalah :

a. Spesimen 1



Gambar 4.5. Bending Material hasil *Welded* Spesimen 1

b. Spesimen 2



Gambar 4.6. Bending Material hasil *Welded* Spesimen 2

Pada spesimen 1 tidak terdapat crack sedangkan pada spesimen 2 terdapat crack dengan jarak 0,8 cm. Gambar 4.9



Gambar 4.7. Crack pada area *welded*

Pengujian bending pada material setelah dilakukap pengujian tarik,

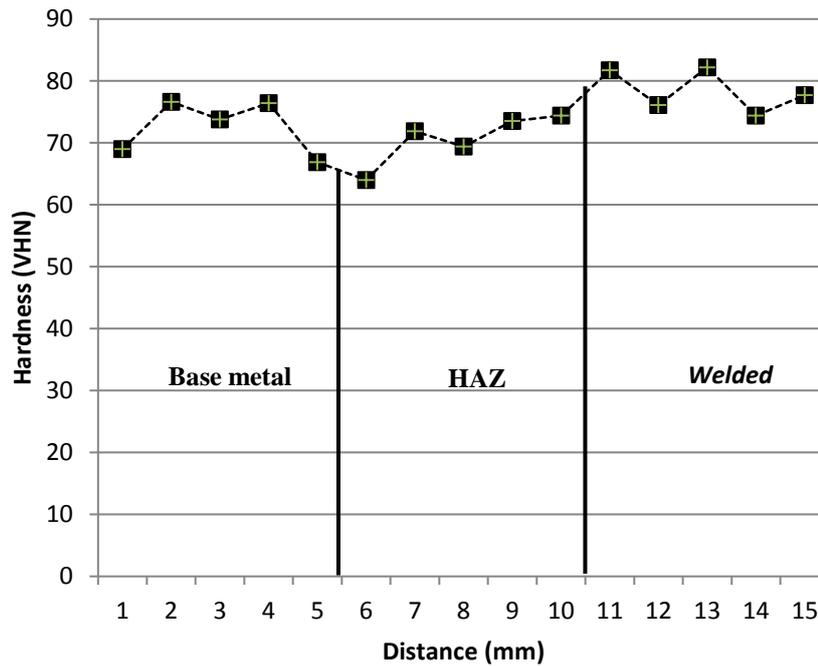
kemampuan untuk berada pada kondisi tanpa ada patahan pada area *welded*. Pada spesimen 1 perubahan sudut (pelengkungan) tidak terjadi retakan sedangkan pada spesimen 2 perubahan sudut mengakibatkan retakan selebar 0,8 cm pada area las. Retakan terjadi dikarenakan kemampuan material untuk mempertahankan kesatuan sudah mencapai beban titik maksimum. (Mengxiong Tang,dkk,2023)

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. Setiap area diambil pengujian 5 titik. Berdasarkan rumus 2.4, hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.5 dan grafik pengujian pada Gambar 4.8.

Tabel 4.5. Pengujian Kekerasan (Vickers)

Sampel	Titik	Diagonal indentasi (μm)		Diagonal indentasi Rata- rata (μm)	Beban Penekanan (gf)	Angka Kekerasan Vickers (VHN)	Rata- rata
		d1	d2				
Base Metal	1	54.29	49.36	51.83	100	69	72.5
	2	47.25	51.17	49.21		76.6	
	3	51.34	48.92	50.13		73.8	
	4	47.9	50.62	49.26		76.4	
	5	57.24	48.04	52.64		66.9	
HAZ	6	52.69	54.93	53.81	100	64	70.6
	7	56.15	45.39	50.77		71.9	
	8	51.44	51.93	51.69		69.4	
	9	49.5	50.94	50.22		73.5	
	10	52.76	47.12	49.94		74.4	
Weld Area	11	47.47	47.81	47.64	100	81.7	78.4
	12	50.62	48.13	49.38		76.1	
	13	48.08	46.91	47.50		82.2	
	14	50.09	49.76	49.93		74.4	
	15	49.74	47.94	48.84		77.7	

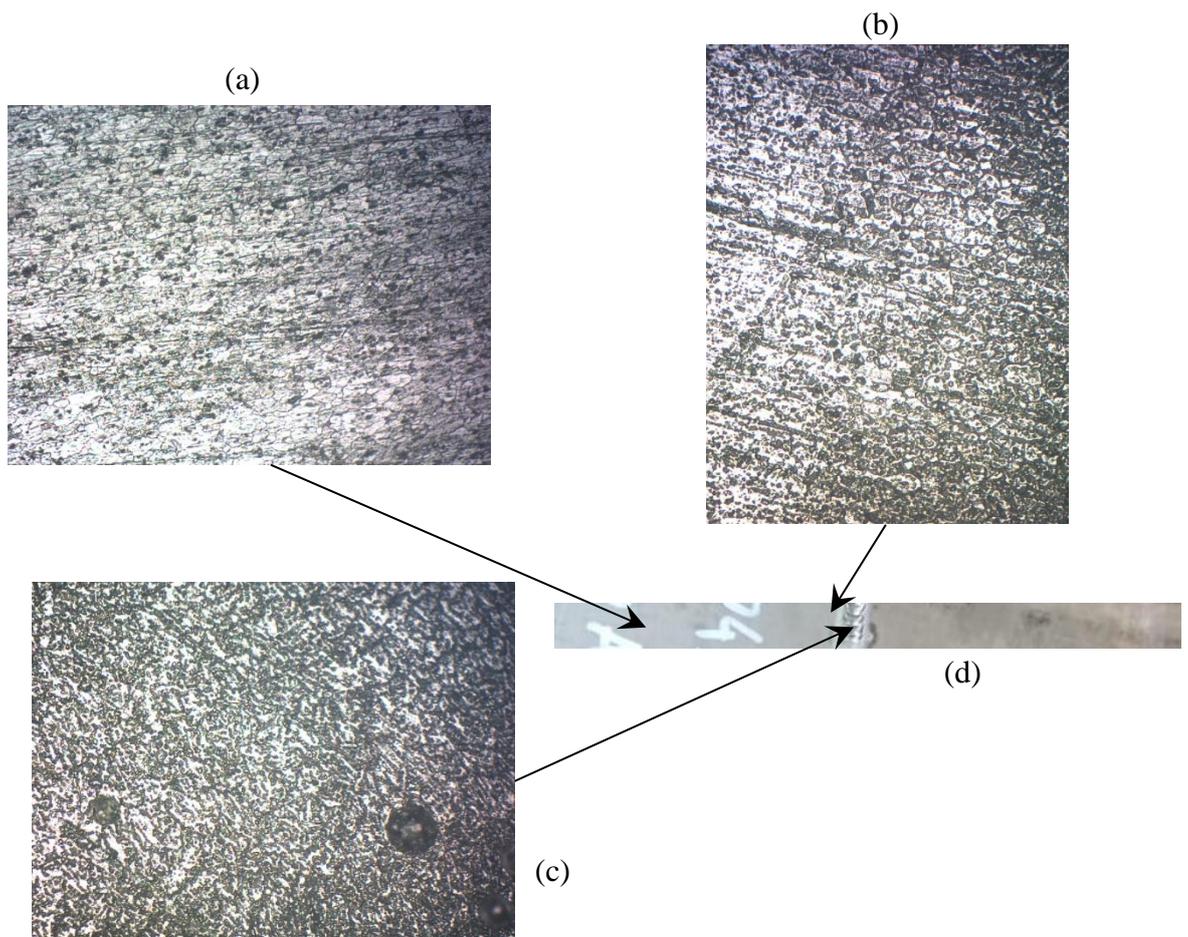


Gambar 4.8. Grafik Pengujian Kekerasan (*Vickers*)

Pengujian kekerasan (*vickers*) dilakukan pada beberapa titik di 3 zona area yaitu zona aluminium 6061 dengan rata-rata 72,5 HV, zona area pertemuan filler 4043 dengan aluminium 6061 dengan rata-rata 70,6 HV dan area pengelasan dengan rata-rata 78,4. Nilai kekerasan pada pertemuan filler 4043 dengan aluminium lebih rendah daripada material aluminium maupun area pengelasan. Hal ini dikarenakan gaya yang diberikan membuat kekuatan ikat/sambungan menjadi lemah.

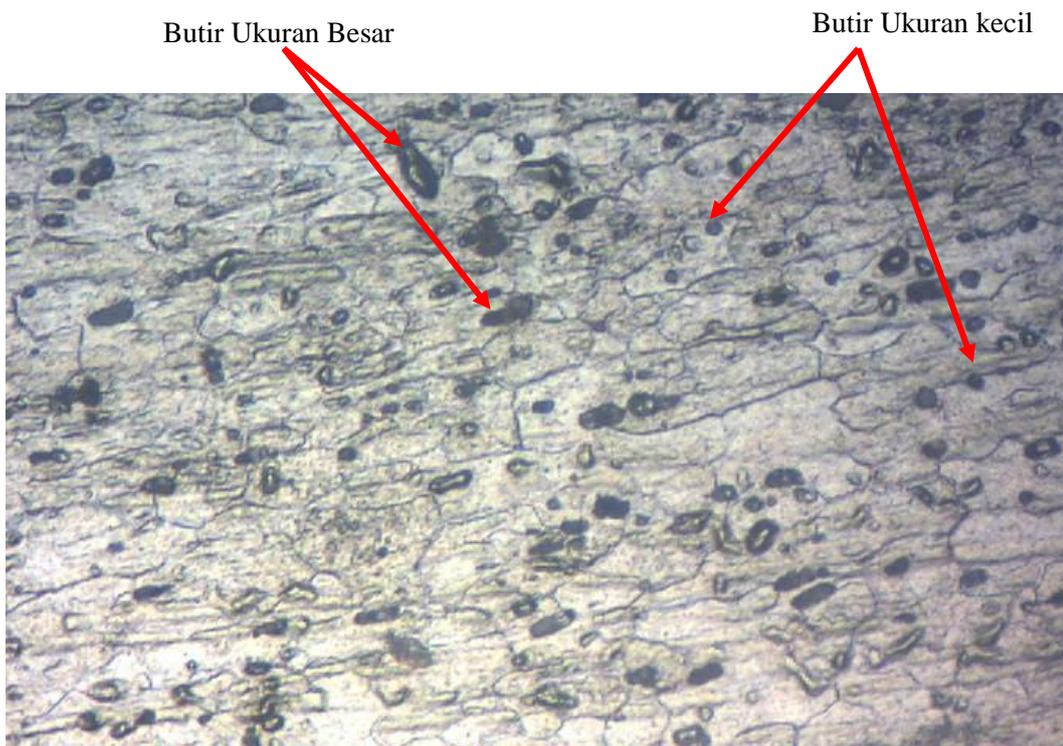
4.5. Pengujian Mikro.

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 4.9. Pengamatan juga dilakukan dengan pembesaran hingga 200 kali pada Gambar 4.10, Gambar 4.11 dan Gambar 4.12.

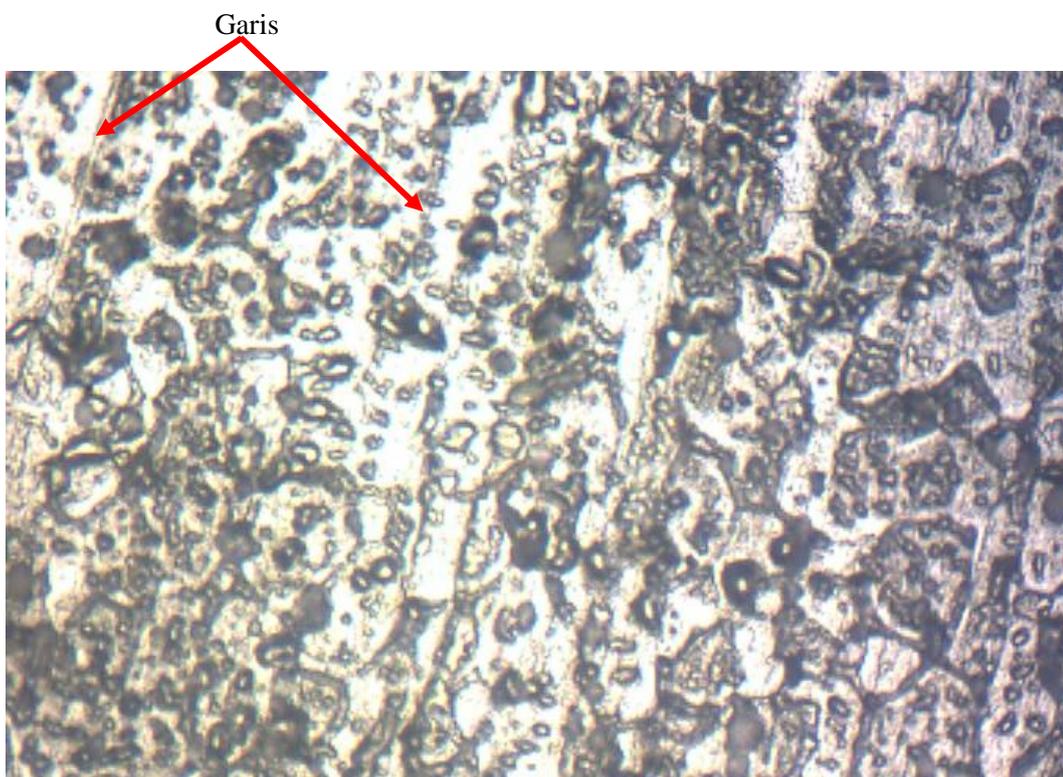


Gambar 4.9. Pengamatan Mikrostruktur. (a) mikrostruktur area *raw material*, (b) mikrostruktur area HAZ, (c) mikrostruktru area *welded* dan (d) Spesimen

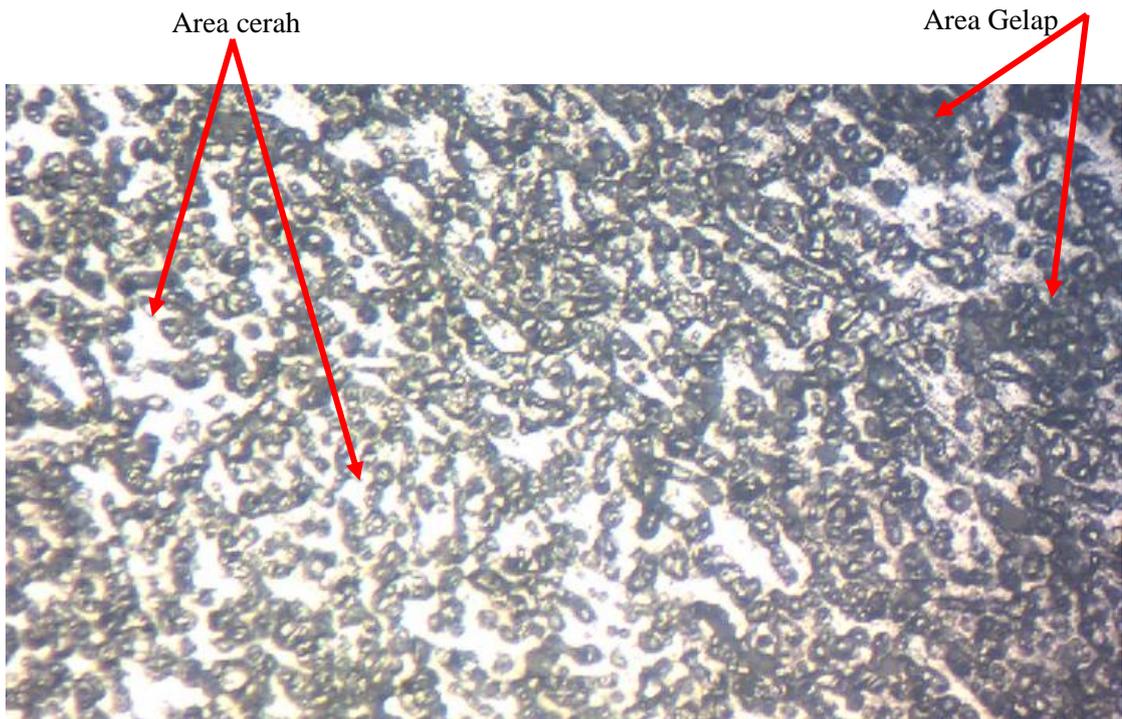
Struktur mikro pada base material terdapat ukuran butir yang kecil namun dalam jumlah yang kecil (Gambar 4.10) dan terdapat tingkat kecerahan pada pengamatan. Pada area HAZ (Gambar 4.11) terdapat butiran yang besar-besar dalam jumlah yang besar dengan keseragaman arah dan juga terdapat garis yang searah dengan keseragaman butiran tersebut. Garis tersebut kemungkinan merupakan arah retakan material. Pada *welded* terdapat butiran-butiran yang dominan berwarna gelap. (Furkan Emin Bugan,dkk, 2022).



Gambar 4.10. Mikrostruktur area *raw material*



Gambar 4.11. Mikrostruktur area HAZ



Gambar 4.12. Mikrostruktur area *welded*

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Penelitian yang dilakukan pada pengelasan material aluminium Al 6061 dengan material filler ER 4043. Dilakukan beberapa pengujian terhadap hasil pengelasan tersebut.

1. Pengujian tarik mengalami penurunan dari raw material. Hal ini disebabkan penetrasi/peleburan dalam penyambungan material tidak membuat discontinued material aluminium 6061.
2. Pengujian Impact pada material sambungan aluminium 6061 dengan filler ER 4043 menghasilkan penurunan nilai impact. Hal ini disebabkan pemanasan yang terjadi untuk menggabungkan material aluminium 6061 dengan filler tidak cukup untuk meleburkan kedua material menjadi satu.
3. Pengujian bending pada material. Pada spesimen 1 perubahan sudut (pelengkungan) tanpa ada retakan sedangkan pada spesimen 2 perubahan sudut mengakibatkan retakan selebar 0,8 cm pada area las.
4. Pengujian kekerasan (vickers) dilakukan pada beberapa titik di 3 zona area. Area pengelasan merupakan area yang keras bila dibandingkan zona HAZ ataupun base material. Area HAZ mengalami nilai kekerasan lebih kecil bila dibandingkan dengan area base material.
5. Struktur micro pada base material terdapat ukuran butir yang kecil namun dalam jumlah yang kecil dan terdapat tingkat kecerahan pada pengamatan. Pada area HAZ terdapat butiran yang besar-besar dalam jumlah yang besar dengan keseragaman arah dan juga terdapat garis yang tegak lurus terhadap keseragaman butiran tersebut. Pada *welded* terdapat butiran-butiran yang dominan berwarna gelap.

5.2. Saran

Penelitian dengan *raw material* 6061 dan pengelasan menggunakan filler ER 4043 telah dilakukan. Adapun saran dalam pengembangan penelitian ini adalah :

1. Penelitian selanjutnya menggunakan variasi arus dalam proses pengelasan.

2. Penelitian selanjutnya pengujian hasil pengelasan pada sambungan metode U tunggal raw material.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, R., Bakar, M.A., Effect of a Post-weld heat treatment on the mechanical and microstructure properties of AA6061 joints welded by the gas metal \arc welding cold metaltransfer method. *J Mater Des* 2011;32:5120-26
- 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.
- American Welding society, 2004, *Welding Hanbook Ninth Edition Volume 2 Welding Processes, Part 1*
- Darsin, M., H. Sutjahjono, and A. Hadi. 2013. *Mechanical Properties and Micro Structure of Aluminum Alloys [Al-Mg-Si] as Results of Variation Time in Friction Welding.*
- Furkan Emin Bagan, Emin Emre Goktepe, Tufan Altiparmak, Erhan Duru. “ Comparison of Mechanical Properties of Welded and Non-Welded Steels Used in Tankers with ADR.” *European Journal of Science and Technology*, 2022.
- 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 $Fe_{42}Mn_{28}Co_{10}Cr_{15}Si_5$ metastable high entropy alloy.” *Universidade NOVA de Lisboa, Portugal.* 2023.
- Kusuma, Rizky Cahya, Sarjito Jokosisworo, and Ari Wibawa Budi. 2017. “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* 5(4): 585–93.
- 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.
- 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.
- Ratnasari, Dian. 2016. "Pengaruh Voltage Pada Gas Metal Arc Welding (GMAW) Terhadap Struktur Mikro Dan Tegangan Lentur (Face and Root) EMS 45 Dengan Sambungan Kampuh V." *Skripsi Jurusan Teknik Mesin UNNES*: 1–52.
- Rirismarangi S, Syamsuar, and Sumardi. 2019. "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* 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.
- Suherman, Ilmi Abdullah. "Teknik Pengelasan – cara menghindari cacat las", p.12-34. Medan , 2020
- Tsamroh, Dewi Izzatus, and Muchammad Riza Fauzy. 2022. "Peningkatan Sifat Mekanik Al6061 Melalui Heat Treatment Natural-Artificial Aging." *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan* 6(1): 8–13.
- TWI, 2018, *Welding Inspector (WI), CSWIP 3.1 Training and Examination Service*, Cambridge, UK

WIRYOSUMARTO, Harsono; OKUMURA, Toshie. Teknologi pengelasan logam, PT. Pradnya Paramita, Jakarta, 2000.

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): 181–90.1

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		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



4

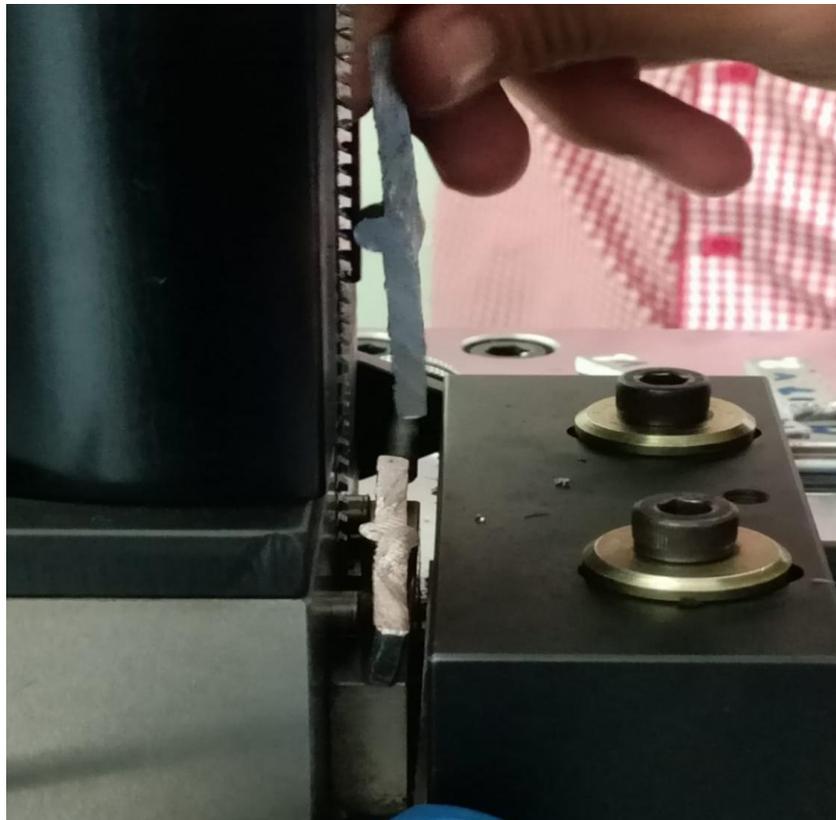
LAMPIRAN 4



LAMPIRAN 5



LAMPIRAN 6



LAMPIRAN 7



LAMPIRAN 8



LAMPIRAN 9



LAMPIRAN 10



LAMPIRAN 11

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Pengelasan GTAW pada aluminium 6061 menggunakan filler metal ER 4043

Nama : Rizki Mumtaz Ali
NPM : 1807230062

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

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1.	1 Juni 2022	Pembertan spesifikasi tugas akhir	✓
2.	10 Juni 2022	Bab I Perbaiki Rumusan masalah dan tujuan	✓
3.	20 Juni 2022	Bab 1 Perbaiki latar belakang	✓
4.	3 Juli 2022	Bab II Perbaiki referensi mengurutkan standart AWS	✓
5.	3 Agustus 2022	Bab II Perbaiki gambar	✓
6.	10 Agustus 2022	Bab II Perbaiki tabel dan Penambahkan katupuh	✓
7.	22 Agustus 2022	Bab II Perbaiki table rumus uji impact dan tarik	✓
8.	10 September 2022	Bab III Lengkapi prosedur penelitian dengan gambar	✓
9.	20 September 2022	Bab III Perbaiki gambar dua dimensi	✓
10.	30 September 2022	Bab III Perbaiki daftar pustaka	✓
11.	25 Oktober 2022	Ace Simpr	✓

LAMPIRAN 1

LAMPIRAN 12

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Pengelasan GTAW pada aluminium 6061 menggunakan filler metal ER 4043

Nama : Rizki Mumtaz Ali
NPM : 1807230062

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	Perambaha reverenci	
5.	4 feb 2023	Perambahakan keterangan tabel	
6.	13 feb 2023	Perbaikikan tabel dan grafik	
7.	21 feb 2023	Perambahakan keterangan gambar	
8.	23 feb 2023	Lengkapikan lampiran	
9.	28 feb 2023	Lengkapikan daftar isi	
10.	9 apr 2023	Sesuaikan dengan format	
11.	10 apr 2023	Acc	

LAMPIRAN 13

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**
UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya
Bila menandatangani surat ini agar dituliskan nomor dan tanggalnya

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

UMSU Terakreditasi A Berdasarkan Keputusan Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi No. 89/SK/BAN-PT/Akred/PT/III/2019
Pusat Administrasi: Jalan Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - 66224567 Fax. (061) 6625474 - 6631003
<http://fatek.umsu.ac.id> fatek@umsu.ac.id [umsumedan](#) [umsumedan](#) [umsumedan](#) [umsumedan](#)

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN
DOSEN PEMBIMBING**

Nomor : 76/II.3AU/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 : RIZKI MUMTAZALI
Npm : 1807230062
Program Studi : TEKNIK MESIN
Semester : VII (TUJUH)
Judul Tugas Akhir : PENGARUH HEAD INPUT PENGELASAN TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN BENDING PADA ALUMINIUM DAN MILD STEEL 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



LAMPIRAN 14

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

Nama : Rizki Mumtaz Ali
NPM : 1807230062
Judul Tugas Akhir : Pengelasan GTAW PAda Alumunium 6061 Menggunakan Filler Metal ER 4043

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 tugas akhir

3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

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

Medan 25 Syawal 1444 H
15 Mei 2023 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T. Mesin



Chandra A Siregar, ST, MT

Dosen Pembanding- II



Chandra A Siregar, ST, MT

LAMPIRAN 15

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

Nama : Rizki Mumtaz Ali
NPM : 1807230062
Judul Tugas Akhir : Pengelasan GTAW Pada Alumunium 6061 Menggunakan Filler Metal ER 4043

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 :

hasil pada draft skripsi, bagian 2 yang harus di revisi

3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

Medan, 25 Syawal 1444 H
15 Mei 2023 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T. Mesin

Chandra A Siregar
Chandra A Siregar, ST, MT

Dosen Pembanding- I

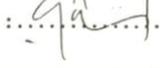
M. Yani
M. Yani, ST, MT

LAMPIRAN 16

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

Peserta seminar

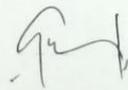
Nama : Rizki Mumtaz Ali
NPM : 1807230062
Judul Tugas Akhir : Pengelasan GTAW Pada Alumunium 6061 Menggunakan Filler Metal ER 4043

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

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1807230158	M ADE SYAPUTRA	
2	20072302008	F. Lintang Darmasani	
3	1907230142	MHD RAFLI YUSUF	
4	1807230063	Rakha Ramzan Aulia	
5	1807230144	SRI BINTANGTA.S	
6			
7			
8			
9			
10			

Medan, 25 Syawal 1444 H
15 Mei 2023 M

Ketua Prodi. T. Mesin


Chandra A Siregar, ST, MT

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



A. DATA PRIBADI

Nama : Rizki Mumtaz Ali
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 : 081362385957
E-mail : Rizkimumtazali1201@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,

Rizki Mumtaz Ali