

TUGAS AKHIR

PENGARUH KUAT ARUS LISTRIK TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN *BENDING* PADA ALUMINIUM 6061 DENGAN GMAW

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

YUSUF LUBIS
1807230142



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

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

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : Yusuf Lubis
NPM : 1807230142
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir : Pengaruh Kuat Arus Listrik Terhadap Kekuatan Tarik dan *Bending* Pada Aluminium 6061 Dengan GMAW
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, April 2023


Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I



H. Muhamif M, S.T., M.Sc

Dosen Penguji II



M. Yani, S.T., M.T

Dosen Pembimbing



Sahernan, 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 : Yusuf Lubis
Tempat /Tanggal Lahir : Sidikalang, 09 Maret 1999
NPM : 1807230142
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul : **“Pengaruh Kuat Arus Listrik Terhadap Kekuatan Tarik Dan Bending Pada Aluminium 6061 Dengan GMAW”**,

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

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

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

Medan, 10 Mei 2023

Saya yang menyatakan,


Yusuf Lubis

ABSTRAK

Aluminium 6061 mempunyai keunggulan seperti kekuatan tarik relatif tinggi, sifat mampu bentuk (*formability*) baik, tahan korosi dan merupakan logam ringan. Kelemahan Aluminium 6061 adalah sifat mampu las (*weldability*) relatif rendah dan sambungan las rentan terhadap kegagalan (*failure*). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh kuat arus dari aluminium 6061 yang nantinya akan dikembangkan dalam pembuatan sepeda lipat berbahan aluminium 6061. Proses pengelasan yang dilakukan menggunakan pengelasan *Gas Metal Arc Welding* (GMAW) yang merupakan proses penyambungan dua buah logam atau lebih yang sejenis dengan menggunakan bahan tambah yang berupa kawat gulungan dan gas pelindung melalui proses pencairan. Pegujian yang dilakukan menggunakan panduan pengujian standar AWS D1.1. Dari hasil pengujian Tarik yang dilakukan, nilai kekuatan Tarik maksimum terbesar pada arus 140 Amp senilai 405.78 Mpa dan nilai tegangan Tarik terkecil pada arus 130 Amp 146.5 Mpa. Untuk hasil pengujian Nilai *Ultimate tensile strength* nilai terbesar pada arus 130 Amp senilai 336.95 N/mm² dan nilai ultimate tensile strength terendah pada arus 140 Amp 289.355 N/mm². Hasil pengamatan visual spesimen pengujian bending terdapat cacat pengelasan inklusi fluks, *Crack*, *Overlap*, *Spetter*, Porositas gas permukaan, Penetrasi kurang, *Underfill*. Berdasarkan standar AWS D1.1 spesimen memiliki kriteria kelulusan pengujian bending karena tidak terdapat patah pada saat pengujian spesimen.

Kata Kunci : Aluminium 6061, Pengelasan GMAW, Kuat Arus, Pengujian Tarik, Pengujian Bending.

ABSTRACT

Aluminum 6061 has an edge like relatively high force of attraction, ability of good form, corrosion tolerance and is a light metal. Aluminum's 6061 vulnerability is a relatively low weldability and the weldability is vulnerable to failure. The purpose of this study is to learn the powerful impact of the 6061 aluminum alloy that will be developed later in the creation of a 6061 cylindrical bicycle. Welding processes used a welding (GMAW) that served as a welding process for two or more of the same kind by using an addition of a roll wire and a protection gas through the melting process. The test performed using standard AWS D1.1 test guide. From the results of the initial testing, the value of the maximum force on 140 amps worth 405.78 Mpa and the lowest drag point on the flow of 130 Amp 146.5 Mpa. For testing the ultimate tensile strength value, the highest value on 130 amps averaged 336.95 N/mm² and the lowest value tensile strength on 140 amps 289,355 N/mm². The visual observations of the bending test specimen contained a blemish of the flux inclusions, crack, overlap, spatter, surface gas porosity, inadequate penetration, underfill. According to AWS standard D1.1 specimens have the criteria for bending graduation because there were no breaks during the testing of the specimen.

Keyword : Aluminum 6061, Welding GMAW, Strong Stream, Testing Drag, Testing Bending.

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Pengaruh Kuat Arus Listrik Terhadap Kekuatan Tarik Dan *Bending* Pada Aluminium 6061 Dengan GMAW” 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 keteknikmesinan kepada penulis.
5. Orang tua penulis: Emlisar Lubis 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: M Ade Syaputra, Rakha Ramzan, Riski Mumtaz, Sri Bintangta Sitorus.

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

Medan, 10 Mei 2023

Yusuf Lubis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	ii
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR NOTASI	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup	3
1.4 Tujuan	3
1.4.1 Tujuan Umum	3
1.4.2 Tujuan Khusus	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Aluminium 6061	5
2.1.1 Sifat Aluminium 6061	5
2.1.2 Penerapan Aluminium 6061	6
2.2 Pengelasan Gmaw (<i>Gas Metal Arc Welding</i>)	7
2.2.1 Arus Listrik	9
2.2.2 Kecepatan Pengumpan Kawat	9
2.2.3 Gas Pelindung	9
2.3 Kampuh Las	10
2.4 Filer Metal	12
2.5 Posisi Pengelasan	13
2.6 Masukan Panas (<i>Heat Input</i>)	15
2.7 Proses Pengelasan	16
2.8 Pengujian Kekuatan Tarik	17
2.8.1 Spesimen Uji Tarik	18
2.8.2 Kriteria Penerimaan	19
2.8.3 Metode Pengujian	20
2.9 Pengujian Lengkung (<i>Bending</i>)	20
2.9.1 Spesimen Uji	21
2.9.2 Kriteria Penerimaan	21
2.9.3 Metode Pengujian	22
BAB 3 METODE PENELITIAN	24
3.1 Tempat Dan Waktu Penelitian	24
3.1.1 Tempat	24
3.1.2 Waktu	24
3.2 Bahan Dan Alat	25

3.2.1	Alat	25
3.2.2	Bahan	27
3.3	Bagan Alir Penelitian	29
3.4	Rancangan Alat Penelitian	30
3.4.1	Proses Pemotongan Bahan	30
3.4.2	Proses Pengelasan	30
3.4.3	Pembentukan Spesimen	33
3.5	Prosedur Penelitian	33
3.5.1	Pengujian Tarik	33
3.5.2	Pengujian Bending	35
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN	37
4.1	Data Hasil Pengujian	37
4.2	Data Masukan Panas (Heat Input)	37
4.3	Hasil Pengujian Tarik	38
4.3.1	Kekuatan Tarik Maksimum	38
4.3.2	Ultimate Tensile Strength (UTS)	40
4.3.3	Hasil Pengamatan Visual Pada Pengujian Tarik	41
4.4	Hasil Pengujian Lengkung (Bending)	43
4.4.1	Hasil Pengamatan Visual Pada Spesimen Dengan Kuat Arus 120 Amp	45
4.4.2	Hasil Pengamatan Visual Pada Spesimen Dengan Kuat Arus 130 Amp	46
4.4.3	Hasil Pengamatan Visual Pada Spesimen Dengan Kuat Arus 140 Amp	48
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	49
5.1	Kesimpulan	49
5.2	Saran	49
	DAFTAR PUSTAKA	50
	LAMPIRAN	52

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Sifat Fisik Aluminium Alloys 6061	5
Tabel 2.2	Sifat Mekanik Aluminium Paduan	6
Tabel 2.3	Komposisi Kimia Aluminium 6061	6
Tabel 2.4	Komposisi Kimia Filer ER 5356	12
Tabel 3.1	Waktu Penelitian	24
Tabel 4.1	Data Tegangan Maksimum	38
Tabel 4.2	Data Rata-Rata Nilai <i>Ultimate Tensile Strength</i>	40
Tabel 4.3	Tipe Cacat Pengelasan Pada Pengujian Lengkung (<i>Bending</i>)	44
Tabel 4.4	Hasil Pengamatan Visual Pengujian <i>Face Dan Root Bend</i> Kuat Arus 120 Amp	45
Tabel 4.5	Hasil Pengamatan Visual Pengujian <i>Face Dan Root Bend</i> Kuat Arus 130 Amp	46
Tabel 4.6	Hasil Pengamatan Visual Pengujian <i>Face Dan Root Bend</i> Kuat Arus 140 Amp	48

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Aluminium 6061 Pada Rangka Sepeda	6
Gambar 2.2	Rangkaian Peralatan Pengelasan GMAW	7
Gambar 2.3	Komponen Utama Pengelasan GMAW	8
Gambar 2.4	Kampuh I <i>Square Butt Weld</i>	10
Gambar 2.5	Kampuh V Tunggal Single V <i>Butt Weld</i>	11
Gambar 2.6	V Ganda Double V <i>Butt Weld</i>	11
Gambar 2.7	Kampuh V Miring Tunggal Dan Ganda	11
Gambar 2.8	Kampuh U Tunggal	11
Gambar 2.9	Kampuh U Ganda	12
Gambar 2.10	Kampuh J Tunggal	12
Gambar 2.11	Kampuh J Ganda	12
Gambar 2.12	Posisi Pengelasan <i>Flat Or Downhand</i>	13
Gambar 2.13	Posisi Pengelasan Horizontal	13
Gambar 2.14	Posisi Pengelasan <i>Vertika-Up</i>	14
Gambar 2.15	Posisi Pengelasan <i>Overhead</i>	14
Gambar 2.16	Posisi Pengelasan Pada Pipa	15
Gambar 2.17	Posisi Pengelasan <i>Flat</i>	15
Gambar 2.18	Proses Pengelasan GMAW	17
Gambar 2.19	Mesin Uji Tarik	18
Gambar 2.20	Spesimen Uji Tarik Standar Aws D1.1	18
Gambar 2.21	Dua Jenis Pengukuran Keuletan Bahan	20
Gambar 2.22	Mesin Uji <i>Bending</i>	21
Gambar 2.23	Spesimen Uji <i>Bending</i> Standar Aws D1.1	21
Gambar 2.24	Tiga Jenis Pengujian Lengkung <i>Bend Test</i>	23
Gambar 3.1	Mesin Las GMAW	25
Gambar 3.2	Kawat Las GMAW Menggunakan Gas	25
Gambar 3.3	Gerinda Tangan	25
Gambar 3.4	Jangka Sorong	26
Gambar 3.5	Mesin Uji Tarik	26
Gambar 3.6	Cekam Uji Tarik	26
Gambar 3.7	Alat Uji <i>Bending</i>	27
Gambar 3.8	Spidol	27
Gambar 3.9	Aluminium 6061	27
Gambar 3.10	<i>Filer Er 5356</i>	28
Gambar 3.11	Tungsten	28
Gambar 3.12	Gas Argon	28
Gambar 3.13	Bagan Alir	29
Gambar 3.14	Ukuran Spesimen Uji	30
Gambar 3.15	<i>Test Coupon</i> Dijepit Pada Tumpuan	31
Gambar 3.16	<i>Test Coupon</i> Setelah Di Beri Titik Las	31
Gambar 3.17	<i>Test Coupon</i> Setelah Dilepas Dari Penjepit	32
Gambar 3.18	<i>Test Coupon</i> Posisi Pengelasan 1g	32
Gambar 3.19	<i>Test Coupon</i> Setelah Selesai Proses Pengelasan	32
Gambar 3.20	Bentuk Spesimen Uji Tarik Aws D1.1	33
Gambar 3.21	Jarak Antara Cak Atas Dan Bawah	34

Gambar 3.22	Proses Pengujian Tarik	34
Gambar 3.23	Bentuk Spesimen Uji <i>Bending</i> Aws D1.1	35
Gambar 3.24	Pengujian <i>Face Bending</i>	35
Gambar 3.25	Bentuk Penekanan Pada Pengujian <i>Bending</i>	36
Gambar 3.26	Pengujian <i>Root Bending</i>	36
Gambar 4.1	Grafik Masukan Panas (<i>Heat Input</i>)	38
Gambar 4.2	Grafik Tegangan Maksimum	39
Gambar 4.3	Diagram Batang Nilai <i>Ultimate Tensile Strength</i>	41
Gambar 4.4	Pengamatan Visual Patahan Uji Tarik Raw Material	41
Gambar 4.5	Pengamatan Visual Patahan Spesimen Uji Tarik Arus 120 Amp	42
Gambar 4.6	Pengamatan Visual Patahan Spesimen Uji Tarik Arus 130 Amp	42
Gambar 4.7	Pengamatan Visual Patahan Spesimen Uji Tarik Arus 140 Amp	42

DAFTAR NOTASI

σ	=	Tegangan Tarik Maksimum	(Mpa)
F	=	Beban Yang Diberikan	(Lb Atau N)
Ao	=	Luas Penampang Penampang Mula-Mula	(Mm ²).
σ_u	=	<i>Ultimate Tensile Strength</i>	(N/Mm ²)
Amp	=	Kuat Arus	A
P	=	Beban Tekan	N
V	=	Arus Listrik	I
T	=	Tinggi Benda Uji	Mm
L	=	Lebar Benda Uji	Mm
HI	=	<i>Heat Input</i>	Kj/ Mm

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Logam merupakan salah satu material yang banyak digunakan dalam bidang industri, infrastruktur dan transportasi. Saat ini, kehidupan manusia mengalami perkembangan yang sangat pesat diikuti oleh kebutuhan material terutama yang berasal dari logam, beberapa jenis logam yang banyak digunakan dalam masyarakat adalah besi, tembaga, baja, seng, nikel, dan aluminium. (Prasmayobi 2016)

Alumunium (Al) merupakan logam yang ringan dengan berat jenis 2,7 gram/cm³ setelah magnesium (Mg), konduktivitas listriknya 60% lebih dari tembaga sehingga dapat digunakan untuk peralatan listrik. Selain itu juga memiliki sifat penghantar panas, sifat pantul sinar yang baik dapat digunakan juga pada komponen mesin, alat penukar panas, cermin pantul dan komponen industri kimia. Namun, di bandingkan dengan baja, Alumunium (Al) mempunyai sifat yang kurang baik dalam hal pengelasan. Sifat las alumunium (Al) kurang baik ini dapat di batasi dengan alat dan teknik las dengan menggunakan las busur. (Wirosumarto dan Okumura, 2008)

Salah satu bahan yang banyak digunakan dalam industry manufaktur adalah aluminium. Jenis aluminium yang sering digunakan dalam industry yaitu aluminium seri 6061. Aluminium 6061 tergolong aluminium seri 6xxx dengan elemen pemuat magnesium dan silicon, paduan jenis ini termasuk dalam jenis yang dapat di heat treatment dan mempunyai sifat mampu potong dan daya tahan korosi yang cukup baik. (Sugianto, H.W. 2016)

Metode penyambungan material dengan teknik pengelasan dapat diaplikasikan secara luas dalam bidang konstruksi yang meliputi perkapalan, jembatan, rangka baja, pipa saluran dan lain sebagainya. Dalam teknik pengelasan harus diperhatikan kesesuaian antara sifat bahan yang dilas dengan metode yang digunakan sehingga menghasilkan lasan yang baik. Aluminium merupakan material yang sensitif terhadap suhu tinggi berkisar antara 200 dan 250° C (392

dan 482° F) dan dimungkinkan panas menyebabkan aluminium kehilangan beberapa sifat-sifat baiknya. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan masukan untuk mendapatkan solusi untuk mengatasi permasalahan tersebut diatas.(Ahmadi 2017)

Uji tarik merupakan salah satu pengujian yang dilakukan pada material untuk mengetahui karakteristik dan sifat mekanik material terutama kekuatan dan ketahanan terhadap beban tarik. Material dapat diseleksi sebelum melakukan kegiatan produksi sehingga dalam pemakaian sudah dapat diketahui material itu layak digunakan atau tidak. Dalam pengujian batang uji tersebut dibebani dengan kenaikan beban sedikit demi sedikit sampai batang uji patah.(Putra, Jokosisworo, and Kiryanto 2016)

Untuk mengetahui kekuatan lentur (bending) suatu material dapat dilakukan dengan pengujian lentur terhadap spesimen tersebut. Kekuatan bending atau kekuatan lengkung adalah tegangan bending terbesar yang dapat diterima akibat pembebanan luar tanpa mengalami deformasi yang besar atau kegagalan. Besar kekuatan bending tergantung pada jenis spesimen dan pembebanan. Akibat pengujian bending, bagian atas specimen mengalami tekanan, sedangkan bagian bawah akan mengalami tegangan Tarik.(Syahrani, Sam, and Chairulnas 2013)

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah aluminium seri 6061 dengan logam pengisi ER 5356, kuat arus 120 Amp, 130 Amp, 140 Amp. Proses pengelasan menggunakan gas Argon *Gas metal arc welding* (GMAW) tegangan dan kecepatan pengelasan dianggap konstan. Tipe sambungan yang dipakai adalah single V-butt joint. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian kekuatan tarik dan pengujian bending yang nantinya akan dikembangkan untuk pembuatan sepeda lipat berbahan aluminium. Berdasarkan Latar Belakang ini, maka peneliti tertarik untuk mengadakan penelitian tugas sarjana dengan judul “Pengaruh Kuat Arus Listrik Terhadap Kekuatan Tarik dan Bending Pada Aluminium 6061 Dengan GMAW”.

1.2 Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana pengaruh kuat arus terhadap tarik pada aluminium 6061 dengan proses pengelasan GMAW.
2. Bagaimanakah pengaruh kuat arus terhadap bending pada aluminium 6061 dengan proses pengelasan GMAW.

1.3 Ruang Lingkup

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

1. Arus listrik yang dimaksud adalah arus pengelasan dalam satuan Ampere (A/amp).
2. Elektroda yang digunakan yakni elektroda ER 5356 dengan diameter 1 mm.
3. Bahan uji yang digunakan menggunakan aluminium 6061 dengan tebal 4 mm dengan proses pengelasan GMAW.
4. Metode pengujian menggunakan standar AWS D1.1.

1.4 Tujuan

1.4.1 Tujuan Umum

Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah ada pengaruh kuat arus terhadap tarik dan bending pada aluminium 6061 menggunakan proses pengelasan GMAW dengan filer metal ER 5356.

1.4.2 Tujuan Khusus

1. Untuk menganalisa pengaruh kuat arus terhadap kekuatan tarik pada aluminium 6061 dengan proses pengelasan GMAW.
2. Untuk mengetahui pengaruh kuat arus terhadap kekuatan bending pada aluminium 6061 dengan proses pengelasan GMAW.

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 GMAW khususnya arus dan pola gerakan elektroda pada pengelasan GMAW, 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 GMAW.
 - b Untuk peneliti, sebagai pengetahuan baru yang penting yang dapat menginspirasi peneliti lain dan mengembangkannya lebih jauh lagi.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Aluminium 6061

Suprpto *et al.* 2019 dalam Tsamroh and Riza Fauzy 2022 aluminium 6061 adalah jenis paduan aluminium yang sebagian besar terdiri dari paduan Al-Si-Mg. 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.

2.1.1 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. Karena sifatnya yang ringan dan kuat (Sidik 2019). Tabel 2.1 adalah data mengenai sifat fisik, Tabel 2,2 sifat mekanik dan Tabel 2.3 Komposisi kimia secara umum pada aluminium paduan 6061.

Tabel 2. 1 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. 2 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. 3 Komposisi Kimia Aluminium 6061

Al	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Lainnya
97,32	0,69	0,5	0,22	0,11	0,86	0,15	0,11	0,05	0,02

Sumber: (Randhiko et.al.2014)

2.1.2 Penerapan Aluminium 6061

Aluminium jenis 6XXX biasanya diaplikasikan pada part otomotif dan alat-alat konstruksi, seperti rangka pada konstruksi stiffener, konstruksi pada bangunan lepas pantai karena memiliki sifat anti korosi, *machinability* yang baik, serta konduktivitas termal dan elektrik yang baik pula. Komposisi pada aluminium 6061 yaitu didominasi oleh Mg dan Si yang lebih besar dibandingkan dengan Al jenis lainnya (1XXX, 2XXX, dll) Pada diagram fasa Al-Si-Mg, dapat diketahui bahwa Al 6061 mempunyai dua fasa dan satu karbida yang terbentuk yaitu β -AlFeSi, α -Al(FeSi) dan Mg₂Si. (Nafi 2016). Gambar 2.1 pengaplikasian aluminium 6061 pada rangka sepeda dan penerapan aluminium 6061 pada rangka konstruksi.



Gambar 2.1 Aluminium 6061 Pada Balok H Rangka Konstruksi (alibaba.com)

Berikut adalah keuntungan dengan menggunakan proses las GMAW, sebagai berikut:

- a Efisiensi tinggi dan proses pengerjaannya cepat.
- b Dapat digunakan untuk semua posisi pengelasan (*welding position*).
- c Tidak menghasilkan slag atau kerak, layaknya yang terjadi pada las SMAW.
- d Memiliki jumlah deposit (*deposition rates*) yang lebih tinggi dibandingkan SMAW.
- e Proses pengelasan GMAW sangat cocok untuk pekerjaan konstruksi.
- f Membutuhkan sedikit pembersihan setelah pengelasan

Sedangkan kelemahan menggunakan pengelasan GMAW seperti ditunjukkan berikut ini :

- a *Wire-feeder* memerlukan pengontrolan yang *continuo*.
- b Sewaktu-waktu dapat terjadi *bumpback*.
- c Cacat las *porosity*/lubang-lubang kecil sering terjadi akibat penggunaan gas pelindung yang kualitasnya tidak baik.

Peralatan utama yang digunakan dalam proses pengelasan GMAW seperti ditunjukkan pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Komponen Utama Pengelasan GMAW
(Acmadi,2020)

- | | |
|-------------------------------------|---|
| 1. <i>External wire feed unit</i> | 6. <i>Transformer / rectifier</i> |
| 2. <i>Internal wire feed system</i> | 7. <i>Power cable & hose assembly</i> |
| 3. <i>Power control panel</i> | 8. <i>Spare contact tips</i> |
| 4. <i>15 kg wire spool</i> | 9. <i>Liner for wire</i> |
| 5. <i>Power return cable</i> | 10. <i>Welding gun assembly</i> |

2.2.1 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)

2.2.2 Kecepatan Pengumpan Kawat

Kecepatan pengelasan tergantung pada jenis elektroda. Diameter inti elektroda. Bahan yang dilas, geometri sambungan, ketelitian sambungan. Kecepatan las tidak ada hubungannya dengan tegangan tetapi berbanding lurus dengan kuat arus, sehingga pengelasan yang cepat membutuhkan arus las yang tinggi untuk mencapai hasil las yang baik. Jika kecepatan las dinaikkan maka masukan panas per satuan panjang akan menjadi kecil sehingga pendinginan akan berjalan cepat. Dengan meningkatkan kecepatan umpan kawat secara otomatis akan meningkatkan arus dikawat. Kawat yang umumnya diproduksi mempunyai diameter 0.6, 0.8, 1, 1.2, 1.4, dan 1.6 mm. (Ratnasari 2016)

2.2.3 Gas Pelindung

Gas yang digunakan pada pengelasan GMAW yaitu gas mulia karena sifatnya stabil dan tidak mudah bereaksi dengan unsur lainnya. Gas Argon dapat digunakan untuk pengelasan aluminium karena adanya oksida pada permukaan untuk menstabilkan busur. Untuk bahan yang peka terhadap oksigen, seperti titanium dan paduan nikel, stabilitas busur mungkin sulit dicapai dengan gas inert

dibeberapa aplikasi. Densitas dari argon kira-kira 1,4 kali lipat dari udara sehingga posisi pengelasan *downhand*, argon yang relative berat sangat efektif untuk dipindahkan. Memberikan perlindungan yang lebih baik tetapi penembusannya dangkal, sehingga untuk memperdalam penembusannya dapat dilakukan dengan peningkatan kecepatan volume alir gas sehingga tekanan yang didapat meningkat. Tingginya penekanan pada manik las dapat memperbaiki penguatan manik dan memperkecil terjadinya rongga-rongga halus pada lasan. Kerugiannya adalah ketika bekerja diruang terbatas ada sedikit resiko dari argon hingga tingkat berbahaya dan membuat sesak napas tukang las. (Ratnasari 2016)

2.3 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*)

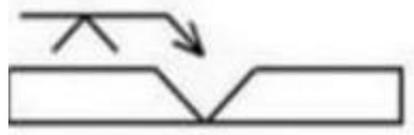
Las I kampuh terbuka, pada kampuh las ini terdapat celah antara plat yang akan dilas. Lebar celah tergantung pada ketebalan plat. Kampuh ini kurang kuat dibandingkan kampuh tertutup. Umumnya desain ini digunakan pada logam tipis seperti yang terlihat pada gambar 2.4 berikut.(Rahman and Imran 2020)



Gambar 2.4 Kampuh I *Square Butt Weld* (Aji, 2019)

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

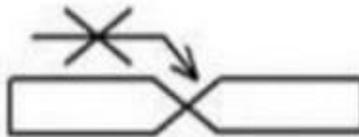
Kampuh V tunggal, kampuh ini lebih kuat dari pada kampuh persegi dan dapat dipakai untuk menerima gaya tekan yang besar, serta lebih tahan terhadap kondisi beban statis. Desain ini dapat menghasilkan kualitas lasan yang sangat baik. Kampuh V tunggal digunakan pada material dengan ketebalan sedang sampai tebal seperti yang dapat dilihat pada gambar 2.5 berikut.



Gambar 2.5 Kampuh V Tunggal Single V *butt weld* (Aji, 2019)

3. Kampuh V Ganda (*Double V Butt Weld*)

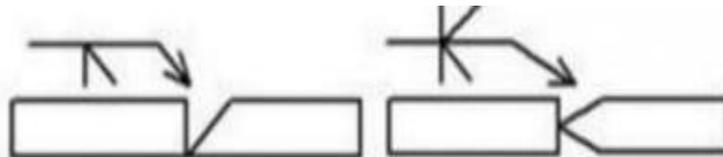
Kampuh ini lebih kuat dari pada kampuh V tunggal, sangat baik untuk kondisi beban statis maupun dinamis serta dapat menjaga perubahan bentuk kelengkungan sekecil mungkin, seperti yang dapat dilihat pada gambar 2.6 berikut.



Gambar 2.6 V ganda double V *Butt Weld* (Aji, 2019)

4. Kampuh V Miring Tunggal Dan Ganda

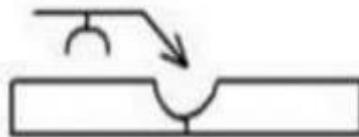
Kampuh ini dipergunakan untuk beban tekan yang besar. Kampuh ini lebih baik dari pada las persegi, tetapi tidak lebih baik dari sambungan V, seperti yang dapat dilihat pada gambar 2.7 berikut



Gambar 2.7 Kampuh V Miring Tunggal Dan Ganda (Aji, 2019)

5. Kampuh U Tunggal (*Single U Butt Weld*)

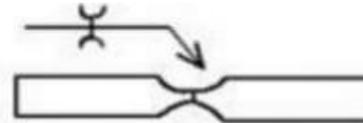
Kampuh U tunggal dapat dibuat tertutup dan terbuka. Kampuh ini lebih kuat menerima beban statis dan diperlukan untuk sambungan berkualitas tinggi, seperti yang dapat dilihat pada gambar 2.8 berikut.



Gambar 2.8 Kampuh U Tunggal (Aji, 2019)

6. Kampuh U Ganda (*Double U butt weld*)

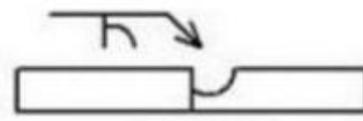
Kampuh U ganda juga dibuat tertutup dan terbuka. Kampuh ini lebih kuat menerima beban statis dan dinamis, seperti yang dapat dilihat pada gambar 2.9 berikut.



Gambar 2.9 Kampuh U Ganda (Aji, 2019)

7. Kampuh Las Alur J Tunggal (*Single J butt weld*)

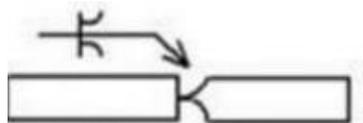
Kampuh ini dipakai untuk beban tekan yang lebih besar dari pada las rusuk, tetapi tidak untuk mengganti sambungan dengan las T dengan alur V miring ganda seperti yang dapat dilihat pada gambar 2.10 berikut.



Gambar 2.10 Kampuh J Tunggal (Aji, 2019)

8. Kampuh Las Dengan Alur J Ganda (*Double J butt weld*)

Dipakai untuk menahan beban kejut dengan ketebalan plat >30 mm, seperti yang dapat dilihat pada gambar 2.11 berikut.



Gambar 2.11 Kampuh J Ganda (Aji, 2019)

2.4 *Filer Metal*

Berdasarkan tabel AWS ANSI/ AWS A5.10-92 logam pengisi yang digunakan adalah ER 5356,

Tabel 2. 4 Komposisi Kimia Filer ER 535.

Si	Mn	Zn	Cu	Cr	Ti	Lainnya
25%	0,05-0,2%	0,10%	0,10%	0,05-0,20%	0,06-0,20%	0,15%

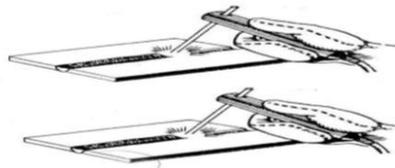
Sumber : (Yudo and Mulyatno,2012)

2.5 Posisi Pengelasan

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

1. Posisi Pengelasan Di Bawah Tangan (*Flat or downhand*)

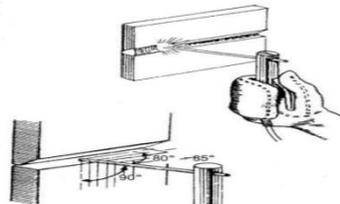
Posisi pengelasan ini adalah posisi yang paling mudah dilakukan. Posisi ini dilakukan untuk pengelasan pada permukaan datar atau permukaan agak miring, yaitu letak elektroda berada di atas benda kerja, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.12 dibawah ini. (Tarkono and Sugiyanto 2010)



Gambar 2.12 Posisi Pengelasan *Flat Or Downhand*
(Tarkono and Sugiyanto 2010)

2. Posisi Pengelasan Mendatar (*Horizontal Position*)

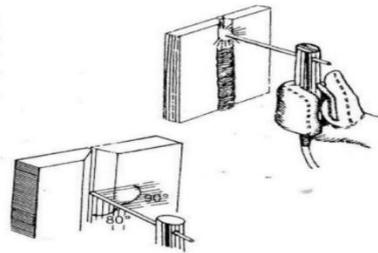
Mengelas dengan posisi mendatar merupakan pengelasan yang arahnya mengikuti arah garis mendatar/horizontal. Pada posisi pengelasan ini kemiringan dan arah ayunan elektroda harus diperhatikan, karena akan sangat mempengaruhi hasil pengelasan. Posisi benda kerja biasanya berdiri tegak atau agak miring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



Gambar 2.13 Posisi Pengelasan Horizontal
(Tarkono and Sugiyanto 2010)

3. Posisi Pengelasan Tegak (*Vertical-Up*)

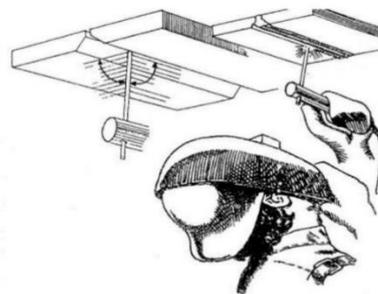
Mengelas dengan posisi tegak merupakan pengelasan yang arahnya mengikuti arah garis tegak/vertikal. Seperti pada horizontal position pada vertical position, posisi benda kerja biasanya berdiri tegak atau agak miring sedikit searah dengan gerak elektroda las yaitu naik atau turun misalnya pengelasan badan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



Gambar 2.14 Posisi Pengelasan *Vertikal-Up*
(Tarkono and Sugiyanto 2010)

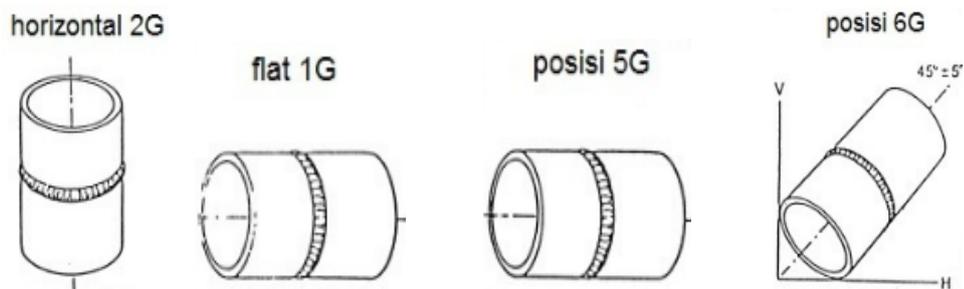
4. Posisi Pengelasan Di Atas Kepala (*Overhead Position*)

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 2.15 dibawah ini. (Tarkono and Sugiyanto 2010)



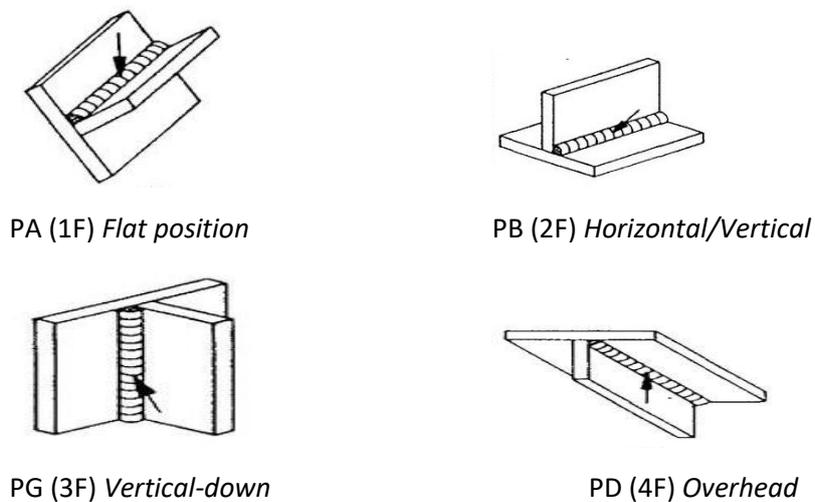
Gambar 2.15 Posisi Pengelasan *Overhead*
(Tarkono and Sugiyanto 2010)

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



Gambar 2.16 Posisi Pengelasan Pada Pipa (Alif Maulana, 2019)

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



Gambar 2.17 Posisi Pengelasan Flat (Herman pranata,2018)

2.6 Masukan Panas (*Heat Input*)

Pada proses pengelasan merupakan salah satu cara yang dilakukan dalam upaya mendapatkan suatu penyambungan logam dengan menggunakan energi panas. Dengan adanya energi panas maka logam pada lokasi penyambungan meleleh atau mencair, terjadi interaksi antara logam yang disambungkan dengan selanjutnya logam yang tersambung.

Kualitas pada hasil pengelasan dan laju deposit kedua nya dipengaruhi oleh variasi parameter yang digunakan. Berikut adalah beberapa parameter pengelasan yang mempengaruhi hasil pengelasan itu sendiri, diantaranya arus, tegangan, kecepatan pengelasan, kecepatan lelehan elektroda, dan diameter elektroda. Dan dari masing – masing parameter diatas memiliki pengaruh pada hasil las, diantaranya pengaruh pada laju deposit, bentuk lasan, kedalaman penetrasi, laju pendinginan dan distorsi induksi las. Karena pemahaman yang sesuai akibat dari parameter pengelasan ini sangat penting maka hasil pengelasan dengan laju deposit metal yang sesuai pada pengelasan, dan minimum terjadinya distorsi sangat diharapkan.

Menurut Agaarwal (1985) pada proses pengelasan SMAW, parameter yang berpengaruh pada kualitas hasil lasan adalah arus dan waktu pengelasan atau kecepatan pengelasan. Besar arus dan waktu pengelasan menentukan heat input pada daerah lasan dengan mengikuti rumus :

$$HI = \frac{V.I}{T.s}$$

Dimana :

I = Arus (A)

V = Voltase (V)

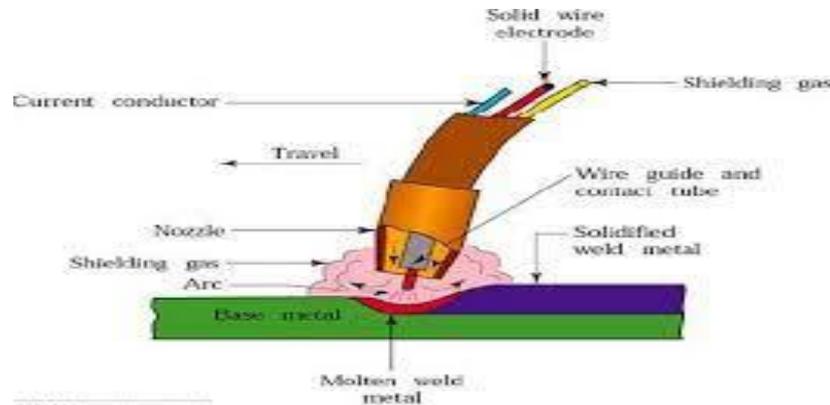
T.s = *Travel Speed* (Kecepatan pengelasan) (mm/sec)

HI = *Heat Input* (KJ/mm)

2.7 Proses Pengelasan

Gas Metal Arc Gas Welding (GMAW), sering disebut bahasa sehari-hari sebagai pengelasan MIG atau pengelasan kawat terumpan, melibatkan penggunaan busur logam dan elektroda sekali pakai dengan gas pelindung yang ditambahkan secara eksternal. Dengan berbagai pilihan mode busur. Proses las GMAW dikerjakan dengan menggunakan elektroda solid atau tubular sesuai dengan komposisi diinginkan yang diumpangkan melalui suatu spool atau gulungan. Elektroda ini diumpangkan secara kontinyu dari sebuah gun atau torch

sambil mempertahankan busur yang terbentuk antara ujung elektroda dengan *base metal*. Gambar 2.18 menunjukkan proses pengelasan GMAW.(Bhirawa et al. 2003)



Gambar 2.18 Proses Pengelasan GMAW (Junaidi,2017)

Pemilihan gas pelindung tergantung pada material yang akan dilas dan aplikasinya. Kawat diumpankan dari gulungan yang digerakkan dengan *drive motor* dan tukang las atau mesin menggerakkan *gun* las atau *torch* di sepanjang garis lintasan sambungan las. Proses pengelasan ini menawarkan produktivitas tinggi dan sangat ekonomis karena dapat pengumpanan kawat secara terus menerus. (TWI, 2018).

2.8 Pengujian Kekuatan Tarik

Uji tarik adalah pemberian gaya atau tegangan tarik kepada material dengan maksud untuk mengetahui atau mendeteksi kekuatan dari suatu material. Tegangan tarik yang digunakan adalah tegangan actual eksternal atau perpanjangan sumbu benda uji. Uji tarik dilakukan dengan cara penarikan uji dengan gaya tarik secara terus menerus, sehingga bahan (perpajangannya) terus menerus meningkat dan teratur sampai putus, dengan tujuan menentukan nilai tarik. Untuk mengetahui kekuatan tarik suatu bahan dalam pembebanan tarik, garis gaya harus berhimpit dengan garis sumbu bahan sehingga pembebanan terjadi beban tarik lurus. Tetapi jika gaya tarik sudut berhimpit maka yang terjadi adalah gaya lentur.(Salindeho, Soukota, and Poeng 2018)

Pengujian uji tarik digunakan untuk mengukur ketahanan suatu material terhadap gaya statis yang secara lambat. Salah satu cara untuk mengetahui besaran sifat mekanik dari logam adalah dengan uji tarik. Sifat mekanik yang dapat diketahui adalah kekuatan dan elastisitas dari logam tersebut.

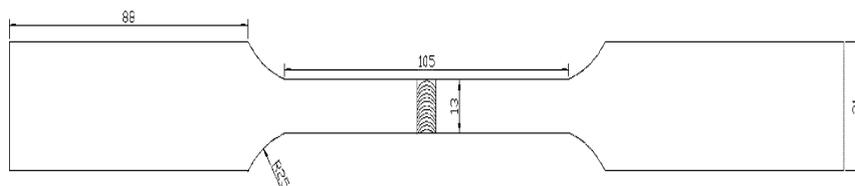
Uji tarik banyak dilakukan untuk melengkapi informasi rancangan dasar kekuatan suatu bahan dan sebagai data pendukung bagi spesifikasi bahan. pada pengujian tarik dalam penelitian ini di tetapkan kekuatan tarik dan regangan patah, mesin uji tarik dapat dilihat pada gambar 2.19 berikut.(Rirismaranggi S, Syamsuar, and Sumardi 2019)



Gambar 2.19 Mesin Uji Tarik (Ludi Hartanto, 2009)

2.8.1 Spesimen Uji Tarik

Salah satu sifat mekanik yang sangat penting dan dominan dalam suatu perancangan konstruksi dan proses manufaktur adalah kekuatan tarik. Kekuatan tarik suatu bahan di dapat dari hasil uji tarik tensile test yang dilaksanakan berdasarkan standar pengujian yang telah baku seperti AWS D1.1 dapat ditunjukkan pada gambar 2.20 berikut.



Gambar 2.20 Spesimen Uji Tarik Standar AWS D1.1

2.8.2 Kriteria Penerimaan

Jika benda uji putus pada logam lasan, dapat diterima apabila kekuatan dihitung tidak kurang dari kekuatan Tarik minimum yang ditentukan, yang biasanya minimum yang ditentukan untuk tingkat bahan logam dasar. Pengujian tarik dapat menunjukkan beberapa fenomena perpatahan ulet dan getas, perpatahan ini dapat dilihat dengan mata telanjang. Perpatahan getas memiliki ciri-ciri yang berbeda dengan patah ulet, yaitu tidak ada atau sedikit sekali terjadi deformasi plastis pada material. Patahannya merambat sepanjang bidang. (Pasalbessy 2015)

Kriteria kelulusan uji Tarik (AWS D1.1) kuat tarik harus tidak boleh kurang dari spesifikasi kuat tarik minimum dari logam dasar yang digunakan. Berikut adalah sifat-sifat yang dihasilkan oleh pengujian tarik:

1. Tegangan 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). Tegangan Maksimum dirumuskan sebagai berikut :

$$\sigma = \frac{P}{A_0}$$

Dimana, σ = Tegangan tarik maksimum (MPa)

P = Beban yang diberikan (lb atau N)

A₀ = Luas Penampang Penampang Mula-mula (mm²).

2. *Ultimate Tensile Strength* (UTS)

Kekuatan tarik (tensile strength, ultimate tensile strength) adalah besarnya tegangan yang diperoleh dari hasil perbandingan gaya maksimum terhadap luas penampang mula-mula.

Dirumuskan :

$$\sigma_u = \frac{F}{A_0}$$

Dimana, σ_u = Ultimate tensile strength (N/mm²)

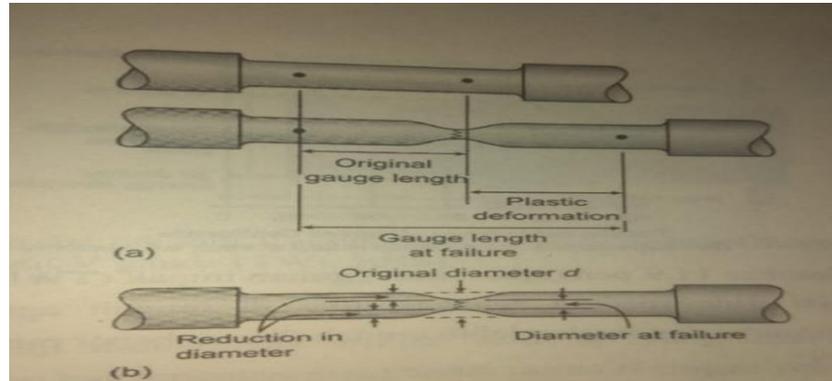
F = Beban yang diberikan (lb atau N)

A₀ = Luas Penampang Penampang Mula-mula (mm²).

Keuletan bahan hasil uji Tarik diukur dengan dua cara yaitu:

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

Gambar 2.21 di bawah ini menggambarkan dua jenis pengukuran keuletan bahan.



Gambar 2.21 Dua Jenis Pengukuran Keuletan Bahan (TWI, 2018)

2.8.3 Metode Pengujian

Spesimen uji diukur secara akurat sebelum dilakukan pengujian, kemudian dipasang ke rahang mesin uji tarik dan mengalami gaya tarik yang terus meningkat beban Tarik diberi hingga specimen uji patah. 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 mengakibatkan melemahnya gaya elektromagnetik setiap atom logam hingga terlepas ikatan tersebut oleh penarikan gaya maksimum. Pada pengujian tarik beban diberikan secara kontinu dan pelan-pelan bertambah besar, selama proses penarikan berlangsung dilakukan pengamatan mengenai kejadian-kejadian yang berlangsung dan proses perpanjangan yang dialami benda uji dan dihasilkan kurva tegangan- regangan. (Fajar Banjarnahor et al. 2019)

2.9 Pengujian Lengkung (*Bending*)

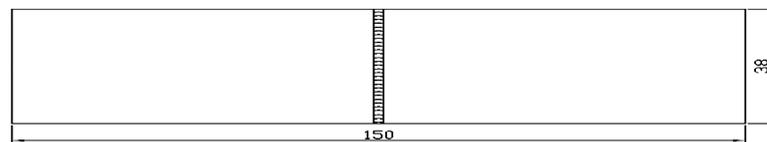
Pengujian tekuk (*bending test*) merupakan salah satu bentuk pengujian untuk menentukan mutu suatu material secara visual. Selain itu uji *bending* digunakan untuk mengukur kekuatan material akibat pembebanan dan kekenyalan hasil sambungan las baik di weld metal maupun HAZ. Dalam pemberian beban dan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



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

2.9.1 Spesimen Uji

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 2.23 berikut ini.



Gambar 2.23 Spesimen Uji *Bending* Standar AWS D1.1

2.9.2 Kriteria Penerimaan

Permukaan cembung dari spesimen uji *bending* harus diuji visual dari adanya diskontinuitas permukaan. Untuk kelulusan maka permukaan spesimen tidak boleh ada diskontinuitas yang melebihi:

- 3 mm diukur dari segala arah pada permukaan.
- 10 mm maksimal Jumlah dimensi terbesar diskontinuitas yang ukurannya $>1 \text{ sd} \leq 3 \text{ mm}$.
- 6 mm maksimal dari retakan di pojok spesimen yang tidak disebabkan oleh slag dan IF.

2.9.3 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*

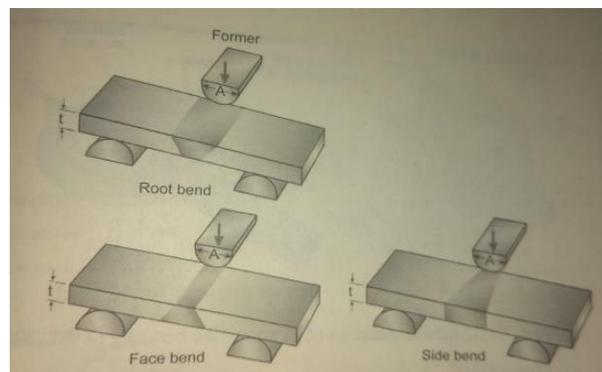
Pengujian dilakukan pada sumbu melintang pada lasan *butt weld* dengan tebal hingga 12 mm dan specimen uji menjadi bengkok sehingga akar lasan berada diluar dari lengkungan (*Root in tension*).

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 diuji Tarik. Gambar 2.24 di bawah ini menggambarkan tiga jenis pengujian lengkung *bend test*.



Gambar 2.24 Tiga Jenis Pengujian Lengkung *Bend Test* (TWI,2018)

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

3.1.1 Tempat

Tempat dilakukannya pengujian Pengaruh Kuat Arus Listrik Terhadap Kekuatan Tarik dan *Bending* Pada Aluminium 6061 Dengan GMAW yaitu di Laboratorium Progam Studi Teknik Mesin Politeknik Negeri Medan dan Universitas Sumatera Utara.

3.1.2 Waktu

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, dapat dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Waktu Penelitian

No	Kegiatan	Bulan									
		6	7	8	9	10	11	1	2		
1	Pengajuan judul										
2	studi literatur										
3	Penyediaan alat dan bahan										
4	Pengelasan dan pembentukan bahan uji										
6	Pengujian tarik dan <i>bending</i> pada spesimen										
8	Penulisan proposal										
9	Seminar proposal										
10	Analisis data										
11	Penulisan laporan akhir										
12	Seminar hasil dan sidang sarjana										

3.2 Bahan dan Alat

3.2.1 Alat

Adapun bahan yang digunakan pada perancangan sepeda lipat menggunakan simulasi solidwork berbahan mild steel ini adalah sebagai berikut:

1. Mesin Las Listrik

Mesin las listrik ini digunakan untuk mengelas / menyambung spesimen yang akan diuji kekuatannya dengan cara ditarik, seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.1 berikut.



Gambar 3.1 Mesin Las GMAW

2. Kawat Las (*Filer Metal*)

Kawat Las digunakan sebagai material logam pengisi pada proses pengelasan spesimen uji dengan spesifikasi diameter 1 mm, dengan spesifikasi seperti yang terlihat pada gambar 3.2 berikut.



Gambar 3.2 Kawat Las GMAW Menggunakan Gas

3. Mesin Gerinda Tangan

Mesin gerinda ini digunakan sebagai alat untuk memotong *test coupon* yang akan di las seperti yang terlihat pada gambar 3.3 berikut.



Gambar 3.3 Gerinda Tangan

4. Jangka Sorong

Jangka sorong pada penelitian ini digunakan sebagai alat ukur untuk mengukur dimensi dari benda kerja hasil pembubutan seperti yang terlihat pada gambar 3.4 berikut.



Gambar 3.4 Jangka Sorong

5. 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, seperti yang terlihat pada gambar 3.5.



Gambar 3.5 Mesin Uji Tarik (Ludi Hartanto, 2009)

6. Cekam Uji Tarik

Cekam uji tarik digunakan sebagai alat untuk memegang spesimen pada saat proses pengujian tarik dilaksanakan, seperti yang terlihat pada gambar 3.6 dibawah.



Gambar 3.6 Cekam Uji Tarik

7. Mesin Uji *Bending* (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, seperti yang terlihat pada gambar 3.7.



Gambar 3.7 Alat Uji Bending (Ludi Hartanto, 2009)

8. Spidol

Spidol yang digunakan untuk mengecat spesimen sebelum di uji, seperti ditunjukkan pada gambar 3.8 dibawah.



Gambar 3.8 Spidol

3.2.2 Bahan

Adapun bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah

1. Aluminium Jenis Al 6061 yang digunakan sebagai media dalam pengujian, seperti ditunjukkan pada gambar 3.9 dibawah.



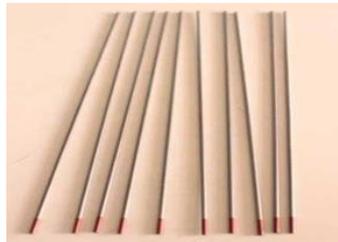
Gambar 3.9 Aluminium 6061

2. *Filer metal* ER 5356 digunakan untuk mengelas plat aluminium, seperti ditunjukkan pada gambar 3.10 dibawah.



Gambar 3.10 *Filer metal* ER 5356

3. Tungsten digunakan untuk penghasil busur listrik dengan benda kerja, seperti ditunjukkan pada gambar 3.11 berikut.



Gambar 3.11 Tungsten

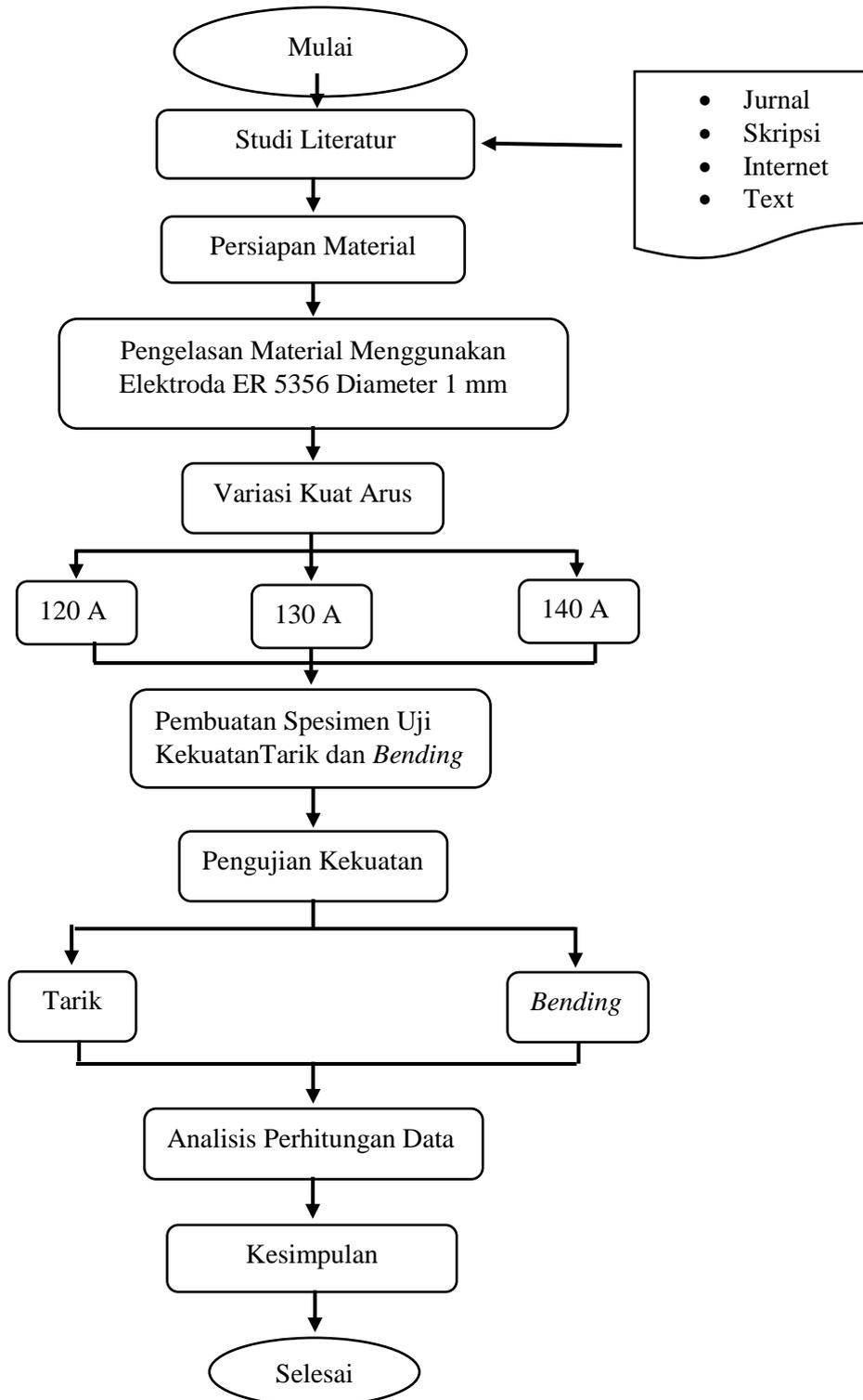
4. Gas Argon digunakan untuk pengelasan, seperti ditunjukkan pada gambar 3.12 berikut.



Gambar 3.12 Gas Argon

3.3 Bagan Alir Penelitian

Bagan alir pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar dibawah ini :

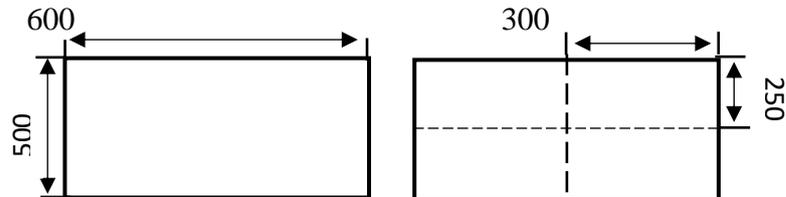


Gambar 3.13 Bagan Alir

3.4 Rancangan Alat Penelitian

3.4.1 Proses Pemotongan Bahan

Spesimen bahan uji dipotong menggunakan gerinda dengan ukuran panjang 500 mm, lebar 600 mm dan tebal 4 mm, sebanyak 4 buah. Seperti ditunjukkan pada gambar 3.14 berikut.



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. Alasan utama dilakukan preheat adalah memperlambat laju pada pendinginan logam las dan logam dasar, memungkinkan hidrogen dapat terdifusi keluar sehingga mengurangi potensi retak, dan meningkatkan ketangguhan logam. Pada penelitian aluminium ini proses preheat yang dilakukan menggunakan pemanas *furnace* dengan suhu 100 °C.

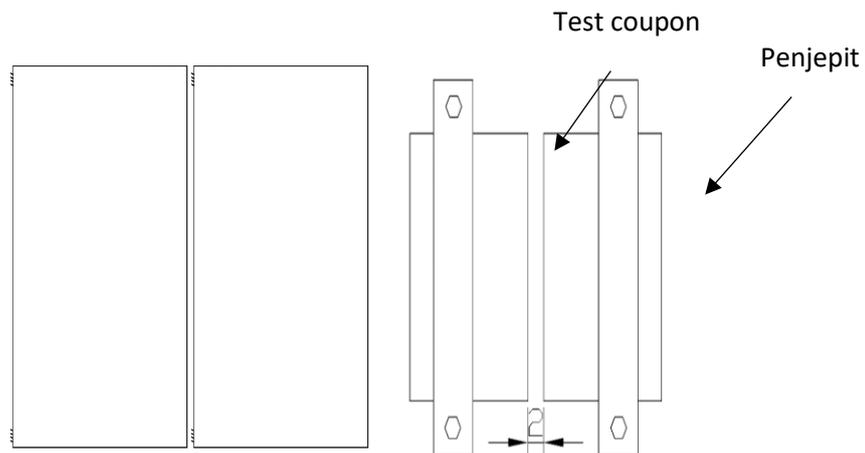
3.4.2 Proses Pengelasan

Pada penelitian ini menggunakan *Welding Procedure Specification* sebagai berikut :

a	Spesifikasi material	: Aluminium seri 6061
b	Dimensi	: 600 mm x 500 mm x 4 mm
c	Tipe sambungan	: Butt joint
d	Posisi pengelasan	: 1 G
e	Filer metal	: ER 5356
f	Diameter filer metal	: Ø 1 mm
g	Arus	: DC +
h	Kuat arus	: 120A,130A,140A
i	Jumlah layer	: 1 Layer
j	Kecepatan pengelasan	: 50 mm/s
k	Shielding gas	: Argon 99,99%
l	Jumlah keluaran gas	: 15 liter/min

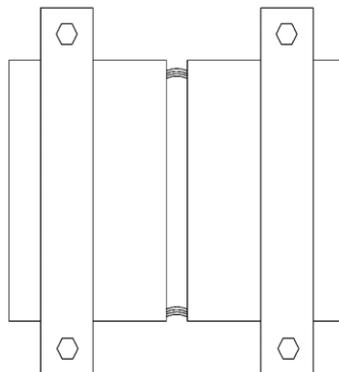
Selanjutnya langkah dalam proses pengelasan yaitu sebagai berikut :

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 berikut;



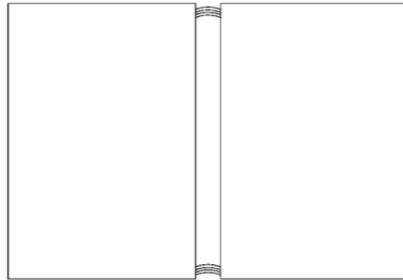
Gambar 3.15 *Test Coupon* Dijepit Pada Tumpuan

2. Mesin las GMAW dinyalakan, setel dengan besaran arus 120 Amp, 130 Amp, 140 Amp secara bergantian kemudian mengatur keluaran gas argon 15 liter/min.
3. Kecepatan umpan kawat secara otomatis dengan diameter kawat las 1mm;
4. Kawat las didekatkan dengan benda kerja kemudian dilanjutkan dengan proses pengelasan dengan memberi titik pada alur yang akan dilas bertujuan agar celah atau jarak tidak berubah saat melakukan alur pola pengelasan, seperti ditunjukkan pada gambar 3.16 berikut;



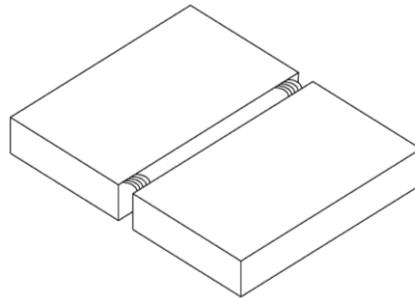
Gambar 3.16 *Test Coupon* Setelah Di Beri Titik Las

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



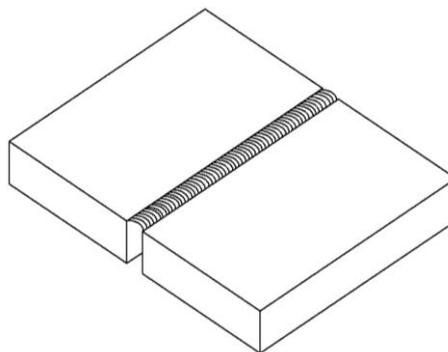
Gambar 3.17 *Test Coupon* Setelah Dilepas Dari Penjepit

6. Melakukan pengelasan 1 layer dengan pola lurus posisi pengelasan 1G, seperti ditunjukkan pada gambar 3.18 berikut;



Gambar 3.18 *Test Coupon* Posisi Pengelasan 1G

7. 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 berikut;



Gambar 3.19 *Test Coupon* Setelah Selesai Proses Pengelasan

3.4.3 Pembentukan Spesimen

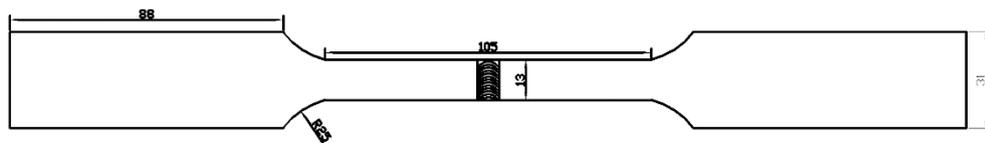
Setelah tahapan pengelasan dilanjutkan dengan proses pembentukan spesimen uji menggunakan acuan standar AWS D1.1 2015 proses pembentukan menggunakan alat grinda tangan dengan jumlah spesimen uji yang akan dipotong pada penelitian ini ada 9 spesimen uji terdiri dari 3 spesimen uji tarik dan 6 spesimen uji *bending*, kemudian membentuk takik dengan mesin frais dengan kedalaman 2 mm.

3.5 Prosedur Penelitian

3.5.1 Pengujian Tarik

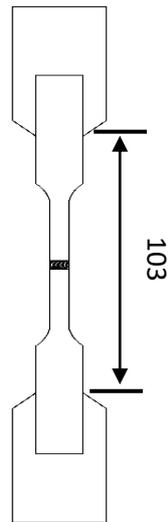
Proses pengujian dilakukan dengan langkah-langkah berikut ini :

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



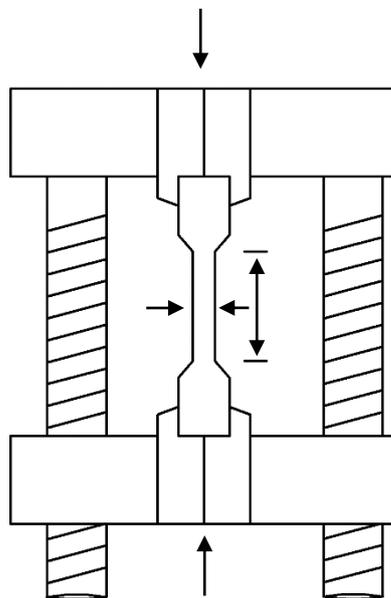
Gambar 3.20 Bentuk Spesimen Uji Tarik AWS D1.1

- b Spesimen uji diukur sisi lebar 13 mm, sisi tebal 4 mm, sisi panjang 103 mm kemudian ditandai menggunakan spidol untuk mengetahui penambahan panjang saat mengalami penarikan sampai putus;
- c Pasang kabel dan kaitkan ke pc, nyalakan mesin uji dan komputer;
- d Kemudian ikat spesimen uji dengan cak atas dan cak bawah pada mesin 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 berikut;



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;

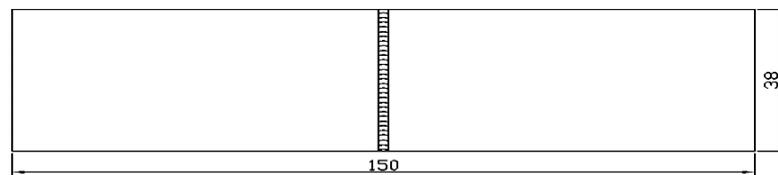


Gambar 3.22 Proses Pengujian Tarik

- 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.

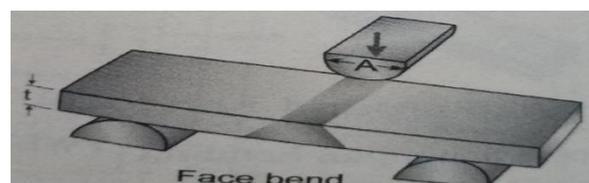
3.5.2 Pengujian Bending

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



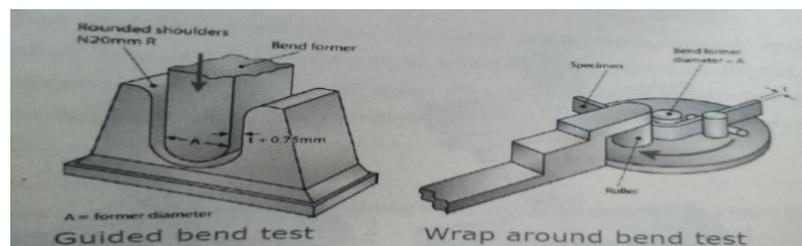
Gambar 3.23 Bentuk Spesimen Uji *Bending* AWS D1.1

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. Aturlah 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 berikut;



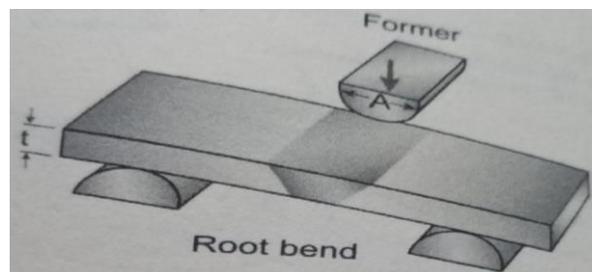
Gambar 3.24 Pengujian *Face Bending* (TWI, 2018)

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 dibawah;



Gambar 3.25 Bentuk Penekanan Pada Pengujian *Bending* (TWI, 2018)

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



Gambar 3.26 Pengujian *Root Bending* (TWI, 2018)

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;

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Pengujian

Pengujian tarik dan *bending* dilakukan menggunakan standar uji AWS D1.1 pada tanggal 18 Juni 2022. Hasil yang didapatkan dari pengujian tarik adalah nilai tegangan tarik, regangan tarik, modulus elastisitas, dan hasil dari pengujian *bending* adalah evaluasi visual pada permukaan cembung pada material yang menjadi acuan mengetahui kekuatan Tarik dan *bending* dari material aluminium paduan 6061 setelah dilakukan pengelasan menggunakan metode las GMAW (Gas Metal Arc Welding) dengan filer ER 5653 berdiameter 1 mm. Untuk melihat hasil pengujian yang diperoleh dapat dilihat pada data dibawah ini.

4.2 Data Masukan Panas (*Heat Input*)

Hasil Pengelasan dan Masukan Panas (*Heat Input*) Metode pengelasan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu MIG dengan mempertimbangkan jenis elektroda, diameter elektroda, sudut kampuh, volatage, dan ampere yang bertujuan agar masukan panas (*heat input*) dan penetrasi sambungan las dapat maksimal. Jenis elektroda yang dipakai ER 5356 dengan diameter 1 mm untuk pengelasan MIG dengan kuat arus 120,130,140 Ampere dan voltase 17 V dengan kecepatan pengelasan MIG sebesar 30 cm/menit. Dari data tersebut sehingga nilai heat input dapat dihitung seperti ditunjukkan pada perhitungan dibawah ini.

$f_i = \text{Weld Heat Efficiency}$ (untuk las MIG = 0,8)

$$\text{Arc energy (kj/mm)} = \frac{17 \times 120}{5} = \frac{2,040}{5} = 408 \text{ kj/mm}$$

$$\text{Heat Input} = 408 \times 0,8 = 326,4 \text{ kj/mm}$$

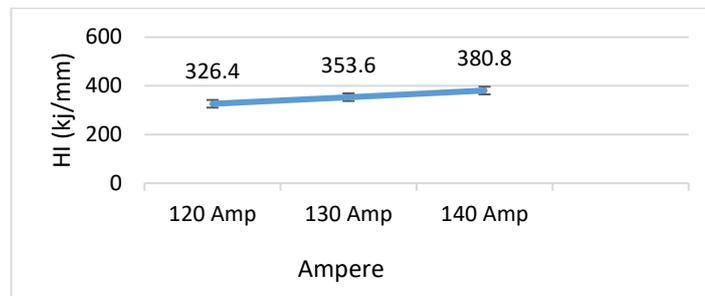
$$\text{Arc energy (kj/mm)} = \frac{17 \times 130}{5} = \frac{2,210}{5} = 442 \text{ kj/mm}$$

$$\text{Heat Input} = 442 \times 0,8 = 353,6 \text{ kj/mm}$$

$$\text{Arc energy (kj/mm)} = \frac{17 \times 140}{5} = \frac{2,380}{5} = 476 \text{ kj/mm}$$

$$\text{Heat Input} = 476 \times 0,8 = 380,8 \text{ kj/mm}$$

Hasil perhitungan masukan panas pengelasan selanjutnya dapat dilihat garafik garis seperti ditunjukkan gambar berikut ini.



Gambar 4.1 Grafik Masukan Panas (*Heat Input*)

Dari perhitungan masukan panas (*heat Input*) dilihat dengan diagram diatas nilai masukan panas dengan kuat arus 140 A memiliki masukan panas yang lebih besar dengan nilai 0.3808 KJ/mm dibandingkan dengan kuat arus pengelasan 120 A dan 130A. Arus pengelasan 120 A memiliki nilai masukan panas yang terkecil dengan nilai 0.34544 KJ/mm.

4.3 Hasil Pengujian Tarik

Data-data hasil pengujian tarik pada kelompok raw material dan kelompok variasi arus pengelasan yang sudah diperoleh kemudian dimasukkan kedalam persamaan yang ada.

4.3.1 Kekuatan Tarik Maksimum

Hasil pengujian kekuatan tarik maksimum dapat ditunjukkan pada tabel berikut ini.

Tabel 4. 1 Data Tegangan Maksimum

Spesimen	Kuat Arus (Amp)	A ₀ (mm ²)	P Max (KN)	Tegangan (σ)	Tegangan rata-rata
A	120	52	9.336	179.53	162.165
B	120	52	7.53	144.8	
C	130	52	7.813	150.25	146.5
D	130	52	7.423	142.75	
E	140	52	11.929	229.40	405.78
F	140	52	9.172	176.38	
G	Raw	52	22.505	432.78	437.34
H	Raw	52	22.98	441.9	

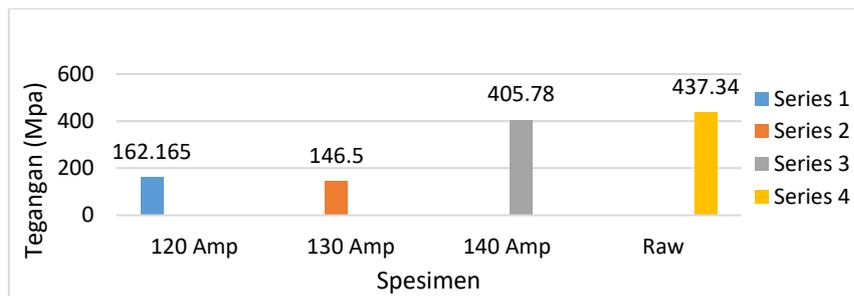
Berikut salah satu contoh perhitungan untuk mencari nilai Tegangan Maksimum.

Diketahui : $P_{max} = 9.336 \text{ KN}$

$$A_0 = 52 \text{ mm}^2 \quad (A_0 = t \times l) \quad (A_0 = 4 \times 13 = 52)$$

$$\sigma = \frac{P_{max}}{A_0} \quad \sigma = \frac{9.336}{52} \quad \sigma = 179.53 \text{ Mpa}$$

Dari data pengujian menunjukkan bahwa arus 140 Amp mencapai angka tegangan tarik rata-rata terbesar yaitu 405.78 Mpa, dan nilai tegangan tarik rata-rata terkecil bukan pada arus 120 Amp melainkan 130 Amp dengan nilai 146.5 Mpa. Hal ini disebabkan oleh faktor kecepatan dan kuat arus mempengaruhi penetrasi dan pencairan logam induk pada saat proses pengelasan hal ini dapat mempengaruhi hasil dari pengujian tarik. Beban Tarik maksimum adalah beban tarik terbesar yang terjadi setelah melewati batas elastisitas, ilustrasi diagram dapat ditunjukkan pada gambar 4.2 berikut ini.



Gambar 4.2 Grafik Tegangan Maksimum

Hasil pengujian nilai rata-rata tegangan tarik yang telah dilakukan didapatkan hasil bahwa *raw material* memiliki nilai rata-rata kekuatan tarik tertinggi senilai 437.34 Mpa dan kuat arus 140 Amp menghasilkan kekuatan tarik rata-rata sebesar 405.78 Mpa. Kuat arus 120 Amp dengan nilai tegangan rata-rata sebesar 162.165 Mpa dan nilai rata-rata tegangan tarik terkecil pada kuat arus 130 Amp senilai 146.5 Mpa.

Dari hasil pengujian nilai rata-rata kekuatan tarik *raw material* memiliki nilai tegangan tertinggi dari kuat arus 120 Amp, 130 Amp, 140 Amp, peredaan tersebut disebabkan karena pada hasil las komposisi kimianya tercampur dengan inti elektroda (*filer*) yang mencair.

4.3.2 Ultimate Tensile Strength (UTS)

Hasil pengujian regangan dapat ditunjukkan pada tabel berikut ini.

Tabel 4.2 Data Rata-Rata Nilai *Ultimate Tensile Strength*.

Spesimen	Kuat Arus (Amp)	A ₀ (mm ²)	F (KN)	UTS (N/mm ²)	UTS Rata-rata
A	120	52	17.09	328.6	330.55
B	120	52	17.29	332.5	
C	130	52	17.33	333.2	336.95
D	130	52	17.72	340.7	
E	140	52	17.041	327.71	289.355
F	140	52	13.1	251	
G	Raw	52	22.9901	442.117	457.7755
H	Raw	52	24.6186	473.434	

Berikut salah satu contoh perhitungan untuk mencari nilai *Ultimate Tensile Strength* (UTS).

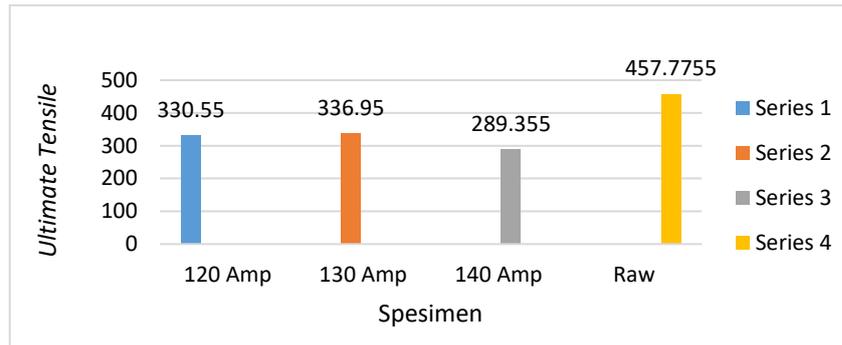
Diketahui : F = 17.09 KN

$$A_0 = 52 \text{ mm}^2 \quad (A_0 = t \times l) \quad (A_0 = 4 \times 13 = 52)$$

$$\sigma_u = \frac{F}{A_0} \quad \sigma_u = \frac{17.09}{52}$$

$$\sigma_u = 0.3286 \text{ KN/mm}^2$$

Berdasarkan hasil pengujian pada tabel 4.2 nilai *Ultimate Tensile Strength* (UTS) dari data yang diperoleh didapatkan nilai rata-rata UTS tertinggi pada kuat arus 130 Amp senilai 336.95 N/mm² dan nilai rata-rata UTS terkecil pada kuat arus 140 Amp dengan nilai 289.355 N/mm². Dari data hasil pengujian diatas, menunjukkan terjadi perbedaan kekuatan dan perubahan sifat-sifat mekanis mekanis masing-masing benda uji hal ini disebabkan kuat arus yang lebih besar lebih baik nilai *Ultimate tensile strength* nya dibandingkan dengan kuat arus yang lebih rendah. Diagram batang nilai rata-rata *Ultimate tensile strength* (UTS) dapat ditunjukkan pada gambar 4.3 berikut ini.



Gambar 4.3 Diagram Batang Nilai *Ultimate Tensile Strength*

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa faktor kuat arus sangat mempengaruhi hasil kekuatan lasan (kekuatan tarik), terlihat dari grafik variasi arus dan kecepatan las tersebut memiliki kesamaan dalam naik atau turunnya nilai diagram. Pada arus 130 Amp memiliki nilai rata-rata *Ultimate tensile strength* tertinggi sebesar 336.95 N/mm^2 dan nilai *Ultimate tensile strength* terkecil pada arus 140 Amp dengan nilai 289.355 N/mm^2 .

4.3.3 Hasil Pengamatan Visual Pada Pengujian Tarik

Pengecekan secara visual adalah melakukan pemeriksaan hasil sambungan las dengan mengamati cacat-cacat las pada permukaan sambungan las menggunakan kemampuan penglihatan mata sehingga hanya cacat las bagian luar saja yang dapat diidentifikasi.



Gambar 4.4 Pengamatan Visual Patahan Uji Tarik RAW Material

Pengujian raw material dilakukan untuk membandingkan hasil dari variasi pengelasan yang ada dengan bahan dasar untuk melihat berapa efisiensi yang didapatkan dari hasil pengelasan. Pada Gambar 4.4 terlihat patahan pada benda uji. Hal ini menandakan bahwa patahan yang terjadi pada bahan dasar bersifat ulet dan tidak getas.



Gambar 4.5 Pengamatan Visual Patahan Spesimen Uji Tarik Arus 120 Amp



Gambar 4.6 Pengamatan Visual Patahan Spesimen Uji Tarik Arus 130 Amp



Gambar 4.7 Pengamatan Visual Patahan Spesimen Uji Tarik Arus 140 Amp

Hasil pengamatan visual yang ditunjukkan pada gambar 4.5, 4.6, dan 4.7, menunjukkan patahan spesimen uji tarik. Mengacu pada gambar tersebut dapat dikatakan bahwa sambungan las aluminium 6061 yang dilas dengan variasi arus 120 Amp, 130 Amp, dan 140 Amp termasuk dalam patahan ulet dikarenakan terjadi reduksi penampang yang cukup besar serta ujung patahannya memiliki permukaan tidak rata/berserabut.

Berdasarkan letak dari patahannya, spesimen aluminium 6061 yang dilas dengan variasi arus 120 Amp, 130 Amp, dan 140 Amp letak patahnya berada diluar bagian logam las/sambungan. Perbandingan nilai kekuatan tarik juga didapatkan nilai kelompok variasi arus 120 Amp, 130 Amp, dan 140 Amp memiliki kekuatan tarik yang lebih tinggi dibandingkan kekuatan tarik raw material.

Hal ini menandakan bahwa arus 120 Amp, 130 Amp, dan 140 Amp sudah cukup untuk menghasilkan sambungan yang kuat dan melebihi kekuatan raw materialnya. Hal tersebut sesuai dengan pendapat Aditia dkk (2019:3) yang menyatakan bahwa penyetelan kuat arus pengelasan yang tepat akan mempengaruhi kekuatan hasil las. Kekuatan tarik dimaksudkan yaitu apakah kekuatan las mempunyai nilai yang sama, lebih rendah atau lebih tinggi dari kelompok raw material.

Berdasarkan penelitian tersebut, alasan yang menyebabkan hasilnya demikian yaitu karena arus yang rendah akan menyebabkan penyalaan busur las yang kurang stabil. Arus rendah akan menghasilkan masukan panas yang tidak cukup untuk melelehkan elektroda dan raw material serta penembusan yang kurang dalam saat proses pengelasan berlangsung. Kondisi tersebut yang menyebabkan kekuatan tariknya menjadi rendah apabila menggunakan arus yang rendah demikian sebaliknya.

4.4 Hasil Pengujian Lengkung (*Bending*)

Definisi uji tekuk (*bending test*) merupakan salah satu cara pengujian untuk mengukur kualitas suatu bahan dengan pengamatan secara visual. Proses pemberian beban menggunakan mandrel penekan yang ukurannya telah ditentukan dalam rangka untuk mendesak bagian pusat material uji atau spesimen tertekuk diantara dua penyangga yang dipisahkan oleh jarak yang telah ditentukan.

Kemudian material mengalami perubahan bentuk dengan dua buah gaya yang berlawanan arah yang bekerja pada saat bersamaan. Setelah menekuk, bidang rata specimen yang berbentuk cembung harus diinvestigasi dari kemungkinan adanya *crack* atau defect permukaan yang lain.

Bilamana spesimen uji menjumpai patah (*fracture*) setelah ditekuk, maka spesimen dinyatakan gagal uji (*rejected*). Namun jika tidak patah maka kriteria keberterimaan misalnya jumlah retak, dimensi retak atau cacat permukaan lain yang terlihat pada permukaan harus dicocokkan dengan standar yang diacu. Pada keadaan yang bersamaan gaya yang terbaca pada display pengujian diamati untuk menentukan batas maksimum gaya yang dapat diteima oleh spesimen. Pengujian bending diambil dari sample hasil pengujian yang hasilnya berupa evaluasi kriteria penerimaan yang ditunjukkan pada specimen uji saat menekuk dapat dilihat pada tabel berikut.

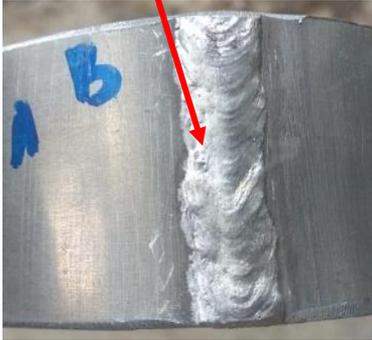
Tabel 4.3 Tipe Cacat Pengelasan Pada Pengujian Lengkung (*Bending*)

Tipe cacat pengelasan	Catatan	Panduan Standar AWS	Catatan
Inklusi Fluks (<i>Flux Inclusions</i>)	Oksida terjebak selama pengelasan yang merupakan bentuk tidak teratur sehingga berbeda dalam penampilan pori gas	Lasan harus menunjukkan peleburan sempurna pada akar dan logam dasar dengan uji makroetch	Tidak diperbolehkan
Crack	Retakan melintang, membujur, bintang atau kawah	Baik permukaan muka maupun permukaan akar harus bebas dari retakan	Tidak diperbolehkan
<i>Overlap</i> dikenal juga dengan nama <i>cold lap</i>	Pengelasan logam pengisi (<i>filer</i> atau elektroda) tidak melebur sempurna pada logam	Penetrasi sama dengan atau lebih besar dari ukuran las yang ditentukan untuk las alur.	Tidak diperbolehkan
<i>Spatter</i> ,	Percikan logam las atau logam pengisi yang keluar dari kampuh las	Ujung-ujung las harus menyatu dengan halus dengan logam tidak mulia.	Tidak diperbolehkan
Porositas gas permukaan	Cacat pengelasan yang terkontaminasinya logam las dalam bentuk gas yang terperangkap sehingga di dalam logam las terdapat rongga-rongga	Semua lubang harus diisi sampai penampang las penuh.	Tidak diperbolehkan
Penetrasi kurang	Karena kurangnya pengisian logam las pada jalur pengelasan	Semua lubang harus diisi sampai penampang las penuh.	Tidak diperbolehkan
<i>Underfill</i> (UF)	Kurangnya pengisian logam las pada jalur lasan.	Semua lubang harus diisi sampai penampang las penuh.	Tidak diperbolehkan

4.4.1 Hasil Pengamatan Visual Pada Spesimen Dengan Kuat Arus 120 Amp

Dari hasil pengujian bending dengan kuat arus 120 Amp diambil dari spesimen dan hasil pengujiannya dianalisa yang menunjukkan kerusakan saat menekuk, dari tiap variable pengujian terdapat empat sampel spesimen. Berikut ini merupakan tabel hasil yang didapat pada pengamatan visual saat pengujian *face dan root bend* dengan kuat arus 120 Amp.

Tabel 4.4 Hasil Pengamatan Visual Pengujian *Face Dan Root Bend* Arus 120Amp

Parameter 120 Amp	<i>Face bend</i>	<i>Root bend</i>
Spesimen 1	<p>Inklusi flux</p>  <p>(a)</p>	 <p>(b)</p>
Spesimen 2	<p>Inklusi flux</p>  <p>(c)</p>	<p>Retakan</p>  <p>(d)</p>

Hasil pengujian dari tabel 4.4 pengujian *face dan root* pada arus 120 Amp didapatkan hasil pada specimen (a, b, c) memenuhi kriteria penerimaan uji bending karena pada permukaan cembung spesimen tidak terdapat diskontinuitas yang melebihi standar AWS D1.1. Sedangkan spesimen (d) memiliki retakan pada daerah HAZ atau di *fusion line* (garis perbatasan WM dan HAZ) akan tetapi spesimen uji memiliki kriteria penerimaan dikarenakan batas diskontinuitas spesimen tidak lebih dari 6 mm maksimal dari retakan pojok spesimen yang tidak disebabkan oleh slag dan IF.

Analisa pengamatan visual dari hasil pengelasan berdasarkan tabel 4.4 pada pengujian bending arus 120 Amp didapatkan hasil bahwa spesimen (a dan c) pengujian *face bend* terdapat cacat pengelasan Inklusi Fluks (*Flux Inclusions*) seperti ditunjukkan pada panah berwarna merah pada tabel 4.4, cacat ini dikarenakan oksida terjebak selama pengelasan yang merupakan bentuk tidak teratur sehingga berbeda dalam penampilan pori gas. Dari hasil peangamatan pengelasan pengujian *root* didapatkan hasil pada spesimen (b) menunjukkan bahwa tidak ditemukan cacat pengelasan pada daerah *weld metal*, sedangkan pada spesimen (d) meunjukkan crack terjadi pada sambungan las ditandai dengan daerah berwarna merah pada tabel 4.4, hal ini disebabkan oleh beberapa faktor kerusakan lokal dalam keadaan padat, yang mungkin timbul dari efek pendinginan atau tekanan.

4.4.2 Hasil Pengamatan Visual Pada Spesimen Dengan Kuat Arus 130 Amp

Dari hasil pengujian bending dengan kuat arus 130 Amp diambil dari spesimen dan hasil pengujiannya dianalisa yang menunjukkan kerusakan saat menekuk, dari tiap variable pengujian terdapat empat sampel spesimen. Berikut ini merupakan tabel hasil yang didapat pada pengamatan visual yang diperoleh saat pengujian *face* dan *root bend* dengan kuat arus 130 Amp.

Tabel 4.5 Hasil Pengamatan Visual Pengujian *Face* Dan *Root Bend* Arus 130Amp

Parameter 130 Amp	<i>Face bend</i>	<i>Root bend</i>
Spesimen 1	<p>Overlap</p>  <p>(a)</p>	 <p>Crack</p> <p>(b)</p>
Spesimen 2	<p>Overlap</p>  <p>(c)</p>	<p>Penetrasi kurang dan retak</p>  <p>(d)</p>

Hasil pengujian dari tabel 4.5 pengujian *face* dan *root* pada arus 130 Amp didapatkan hasil pada specimen (a, b dan c) memenuhi kriteria penerimaan uji bending meskipun pada specimen (d) pengujian *root bend* terdapat retak akan tetapi spesimen uji memiliki kriteria penerimaan dikarenakan batas diskontinuitas specimen pada permukaan cembung specimen tidak lebih dari 6 mm maksimal dari retakan pojok specimen yang tidak disebabkan oleh slag dan IF. Sedangkan specimen (d) pada pengujian *root bend* terdapat retakan pada daerah HAZ atau di *fusion line* (garis perbatasan WM dan HAZ) melebihi batas diskontinuitas sehingga specimen (d) tidak memenuhi kriteria kelulusan uji bending berdasarkan standar AWS D1.1.

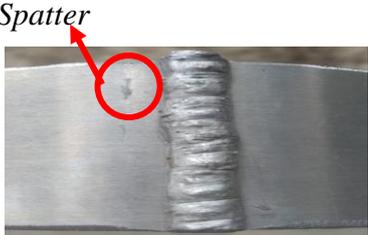
Analisa pengamatan visual dari hasil pengelasan berdasarkan tabel 4.5 pada pengujian bending arus 130 Amp didapatkan hasil bahwa specimen (a dan c) pengujian *face bend* terdapat cacat pengelasan *overlap* dikenal juga dengan nama *cold lap* seperti ditunjukkan pada panah berwarna merah pada tabel 4.5. Kondisi ketika didalam pengelasan logam pengisi (*filler* atau elektroda) tidak melebur sempurna pada logam, proses terjadinya dimana busur listrik tidak mampu melelehkan logam dasar (*base material*) sehingga menyebabkan cairan menggenang diatas logam dasar tanpa ikatan (tidak fusi). Cacat ini disebabkan karena ampere rendah sedangkan suhu metal dalam keadaan dingin.

Dari hasil pengamatan pengujian *root* didapatkan hasil specimen (b) terdapat crack pada sambungan las seperti ditunjukkan pada tabel 4.5 hal ini disebabkan oleh beberapa factor kerusakan lokal dalam keadaan padat, yang mungkin timbul dari efek pendinginan atau tekanan. Dan untuk specimen (d) seperti ditunjukkan pada tabel 4.5 terdapat keretakan pada daerah weld metal sepanjang lintasan *fusion line* yang disebabkan oleh beberapa faktor seperti pemadatan atau pembekuan (*solidification cracks*) hal ini dikatakan suherman dan ilmi Abdullah dalam buku Teknik Pengelasan Cara menghindari cacat las.

4.4.3 Hasil Pengamatan Visual Pada Spesimen Dengan Kuat Arus 140 Amp

Berikut ini tabel hasil pengamatan visual yang di peroleh dari pengujian *Face* dan *Root Band* menggunakan kuat arus 140 Amp.

Tabel 4.6 Hasil Pengamatan Visual Pengujian *Face* Dan *Root Bend* Arus 140Amp

Parameter 140 Amp	<i>Face bend</i>	<i>Root bend</i>
Spesimen 1	 <p><i>Underfill</i> (UF)</p> <p>(a)</p>	 <p><i>Spatter</i></p> <p>(b)</p>
Spesimen 2	 <p>(c)</p>	 <p><i>Spatter</i></p> <p>(d)</p>

Hasil pengujian tabel 4.6 pengujian *face* dan *root* arus 140 Amp didapatkan hasil spesimen (a, b, c dan d) menunjukkan tidak terdapat cacat maupun retak saat pengujian dilakukan hal ini dapat dikatakan bahwa spesimen kuat arus 140 Amp memiliki kriteria penerimaan uji bending sesuai standar AWS D1.1.

Analisa pengamatan visual dari hasil pengelasan berdasarkan tabel 4.6 pada pengujian bending arus 140 Amp didapatkan hasil bahwa specimen (a) pengujian *face bend* terdapat cacat pengelasan *underfill* (UF) seperti ditunjukkan pada panah berwarna merah pada tabel 4.6. *Underfill* merupakan jenis cacat pengelasan karena kurangnya pengisian logam las pada jalur pengelasan, penyebab dari *underfill* terjadi karena ampere terlalu rendah dibarengi dengan *travel speed* terlalu tinggi dan *wide bead* tidak sesuai sehingga jalur lasan belum cukup terisi. Dari hasil peangamatan pengelasan pengujian *root* didapatkan hasil pada spesimen (b dan d) menunjukkan bahwa adanya cacat pengelasan *spatter* percikan dari logam las atau logam pengisi keluar dari kampuh las selama pengelasan mengikuti permukaan logam induk atau logam las yang dipadatkan.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukannya penelitian maka didapat kesimpulan sebagai berikut :

1. Besar kuat arus listrik mempengaruhi tegangan tarik dari setiap spesimen. Hal ini disebabkan bila arus listrik yang diberikan semakin besar, maka masukan panas (*Heat Input*) yang diberikan pada spesimen akan semakin besar.
2. Hasil pengujian kekuatan tarik aluminium 6061 dengan pengelasan GMAW variasi kuat arus 120 Amp, 130 Amp, 140 Amp dengan kecepatan pengelasan 50 mm/s menghasilkan nilai rata-rata kekuatan tarik maksimum terbesar senilai 211.01 Mpa pada arus 140 Amp, sedangkan untuk nilai rata-rata *Ultimate Tensile Strength* (UTS) terbesar senilai 350,5 KN/mm dengan kuat arus 130 Amp.
3. Hasil pengujian bending Al 6061 setelah dilakukan pengamatan visual menunjukkan specimen memenuhi kriteria penerimaan uji bending standar AWS D1.1 untuk pengamatan hasil pengelasannya terdapat beberapa cacat seperti *overlap*, *crack*, penetrasi kurang, Retak, *Underfill* (UF), porositas gas permukaan, *spatter*.

5.2 Saran

Adapun beberapa saran yang perlu disampaikan oleh penulis, yaitu:

1. Perlu dilakukan pengembangan lebih lanjut untuk penelitian yang lebih sempurna terutama pada proses pengelasan agar hasil pengujian yang didapat menjadi maksimal.
2. Proses pengelasan harus diperhatikan benar dalam perlakuan pengelasan, pemilihan jenis las yang akan di gunakan, keterampilan operator las karena sangat berpengaruh terhadap hasil percobaan karena pada penelitian ini ada kekuarangan pada hasil pengelasan yang masih banyak kesalahan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmadi, Nurfi. 2017. "Pengaruh Suhu Preheat Dan Variasi Arus Pada Hasil Las Tig Aluminium Paduan Terhadap Kekuatan Tarik Dan Kekerasan." *Angkasa: Jurnal Ilmiah Bidang Teknologi* 8(1): 159.
- 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.
- Anwar, Badaruddin. 2018. "Analisis Kekuatan Tarik Hasil Pengelasan Tungsten Inert Gas (Tig) Kampuh V Ganda Pada Baja Karbon Rendah St 37." *Teknologi* 17(3): 33–38.
<https://ojs.unm.ac.id/teknologi/article/download/7477/4348>.
- Bhirawa, W T, Program Studi, Teknik Industri, and Universitas Suryadarma. 2003. "Proses Pengelasan Menggunakan Electric Welding Machine." *Jurnal Pengelasan: 72–83*.
- Eko Purkuncoro, Aladin. 2019. "Analisis Pengaruh Variasi Arus Listrik 90 a, 10 a, 130 a Terhadap Sifatmekanis Dan Strukturmikrohasil Pengelasan Gasmetal Arcwelding (Gmaw) Pada Baja Karbon Jiss50C." *Industri Inovatif: Jurnal Teknik Industri* 9(1): 1–8.
- Fajar Banjarnahor et al. 2019. "Studi Pengelasan Tungsten Inert Gas Terhadap Kekuatan Sambungan Dan Sifat Mekanik Pada Baja Aisi 1045." *Dinamis* 7(2): 13.
- 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.
- Nafi, Maula. 2016. "Mekanika - Jurnal Teknik Mesin Analisis Kekerasan Al-6061 Hasil Cor Dengan." *Jurnal Tenik Mesin* 2(June).
- Pasalbessy, Valentino. 2015. "Pengaruh Besar Arus Listrik Dan Kecepatan Las Terhadap Kekuatan Tarik Aluminium 5083 Pengelasan Tig (Tungsten Inert Gas)." *Jurnal Teknik Perkapalan* 3(4): 336–45.
- Prasmayobi, Urif. 2016. "Studi Kekuatan Bending Dan Kekerasan Pada Pengelasan Aluminium Dengan Menggunakan Las Smaw (Shielded Metal Arc Weling)." *Skripsi: JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS H*.
- Putra, Rizky Perdana, Sarjito Jokosisworo, and Kiryanto. 2016. "Pengaruh Arus Listrik Dan Temperatur Terhadap Kekuatan Tarik Dan Impact Alumunium 5083 Pengelasan Gmaw (Gas Metal Arc Welding)." *Jurnal Teknik Perkapalan* 4(1): 152–61.
- 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.
<http://e-jurnal.pnl.ac.id/index.php/polimesin/article/view/1057>.
- 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.
- Salindeho, Robert Denti, Jan Soukota, and Rudy Poeng. 2018. “Pemodelan Pengujian Tarik Untuk Menganalisis Sifat Mekanik Material.” *Jurnal J-Ensitem* 3(1): 1–11.
- Sidik, Jaelani. 2019. “Pengaruh Variasi Temperatur Perlakuan Panas Aging Terhadap Sifat Mekanik Aluminium Aa 6061.” *T R a K Si* 19(1): 1.
- Suherman, Ilmi Abdullah 2020. "Teknik Pengelasan (Cara Menghindari Cacat Pengelasan)". Medan. UMSU Press.
- Sugianto, Hendry, Wicaksana. 2016. “Digital Digital Repository Repository Universitas Universitas Jember Jember 6061 PADA PROSES FRICTION WELDING Digital Digital Repository Repository Universitas Universitas Jember Jember.” *Skripsi Jurusan Teknik Mesin Universitas Jember*.
- Syahrani, Awal, Alimuddin Sam, and Chairulnas. 2013. “Variasi Arus Terhadap Kekuatan Tarik Dan Bending Pada Hasil Pengelasan SM490.” *Jurnal Mekanika* 4(2): 393402.
- Tarkono, and Andriyanto Sugiyanto. 2010. “Studi Kekuatan Sambungan Las Baja AISI 1045 Dengan Berbagai Metode Posisi Pengelasan.” *Jurnal Mechanical* 1(1): 43–53.
- Tsamroh, Dewi Izzatus, and Muchammad Riza Fauzy. 2022. “Peningkatan Sifat Mekanik Al6061 Melalui Heat Treatment Natural-Artificial Aging.” *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan* 6(1): 8–13.
- 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.

Lampiran



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	-

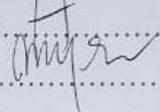
Structure Property and others

Sample Temper	Tensile strength Rm/Mpa	Yield strength Rp0.2/Mpa	Elongation after fracture A/%
T6	315-328	266-285	>10%
Hardness,HB	<div style="border: 2px solid red; padding: 5px; display: inline-block;">河南锦源铝业有限公司</div>		
HB>95			
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.

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

Peserta seminar
 Nama : Yusuf Lubis
 NPM : 1807230142
 Judul Tugas Akhir : Pengaruh Kuat Arus Listrik Terhadap Kekuatan Tarik Dan Bending Pada Aluminium 6061 Dengan GMAW

DAFTAR HADIR	TANDA TANGAN
Pembimbing - : Suherman, ST, MT	: 
Pemanding - I : H. Muharnif, ST, M.Sc	: 
Pemanding - II : M. Yani, ST, MT	:

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1807230110	Lekhanu Chandra Tunihuan	
2	1707230062	Agung Nugroho	
3	18072301241	Muhammad Asri	
4	1907230012	Dicky Klawudelin	
5	1907230019	Halqa Andri Panaribu	
6			
7			
8			
9			
10			

Medan, 09 Ramadhan 1444 H
31 Maret 2023 M

Ketua Prodi. T. Mesin



Chandra A Siregar, ST, MT

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

Nama : Yusuf Lubis
NPM : 1807230142
Judul Tugas Akhir : Pengaruh Kuat Arus Listrik Terhadap Kekuatan Tarik Dan Bending Pada Alumunium 6061 Dengan GMAW

Dosen Pembanding – I : H. Muharnif, ST, M.Sc
Dosen Pembanding – II : M. Yani, 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 referensi.....
.....
.....
3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :
.....
.....
.....

Medan, 09 Ramadhan 1444 H
31 Maret 2023 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T. Mesin

Dosen Pembanding- I



Chandra A Siregar, ST, MT

H. Muharnif, ST, M.Sc

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

Nama : Yusuf Lubis
NPM : 1807230142
Judul Tugas Akhir : Pengaruh Kuat Arus Listrik Terhadap Kekuatan Tarik Dan Bending Pada Aluminium 6061 Dengan GMAW

Dosen Pembanding – I : H. Muharnif, ST, M.Sc
Dosen Pembanding – II : M. Yani, ST, MT
Dosen Pembimbing – I : Suhernan, ST, MT

KEPUTUSAN

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

Perbaikan !!
libat pada draft skripsi

3. Harus mengikuti seminar kembali
- Perbaikan :

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


Medan 09 Ramadhan 1444 H
31 Maret 2023 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T. Mesin



Chandra A Siregar, ST, MT

Dosen Pembanding- II



M. Yani, ST, MT



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

Unggul | Cerdas | Terpercaya

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

FAKULTAS TEKNIK

UMSU Akreditasi Unggul Berdasarkan Keputusan Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi No. 1913/SK/BAN-PT/IAK/KP/PT/2022

Pusat Administrasi: Jalan Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - 66224567 Fax. (061) 6625474 - 6631003

<https://fatek.umsu.ac.id>

fatek@umsu.ac.id

[umsu.medan](#)

[umsu.medan](#)

[umsu.medan](#)

[umsu.medan](#)

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN
DOSEN PEMBIMBING**

Nomor: 499/IL.3AU/UMSU-07/F/2023

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Mesin Pada Tanggal 01 April 2023 dengan ini Menetapkan :

Nama : YUSUF LUBIS
Npm : 1807230142
Program Studi : TEKNIK Mesin
Semester : VIII (Delapan)
Judul Tugas Akhir : PENGARUH KUAT ARUS LISTRIK TERHADAP KEKUATAN
TARIK DAN BENDING PADA ALUMINIUM 6061 DENGAN GMAW.

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 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 10 Ramadhan 1444 H

10 April 2023 M

Dekan



Munawar Alfansury Siregar, ST., MT

NIDN: 0101017202



LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Pengaruh Kuat Arus Terhadap Tarik Dan Bending Pada Aluminium 6061 Dengan GMAW

Nama : Yusuf Lubis
NPM : 1807230142

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

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1	1 Juni 2022	Pemberian spesifikasi tugas akhir	
2	22 Juni 2022	Bab I, Perbaikan latar belakang, Rumusan masalah dan tujuan	
3	23 Juni 2022	Bab II, Perbaikan dasar teori	
4	6 Juli 2022	Bab II, perbaikan referensi mengenai pada standar AWS	
5	4 Agustus 2022	Bab III, Perbaikan Flowchart Penelitian	
6	22 Agustus 2022	Bab III, lengkapi prosedur penelitian dengan gambar	
7	31 Agustus 2022	Perbaikan daftar pustaka	
8	5 September 2022	Acc - Simpro	

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Pengaruh Kuat Arus Listrik Terhadap Kekuatan Tarik Dan Bending
Pada Aluminium 6061 Dengan GMAW

Nama : Yusuf Lubis
NPM : 1807230142

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

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1	7 Nov 2022	Perbaiki Judul TA	
2	13 Des 2022	Sesuaikan data dengan hasil pengujian	
3	19 Des 2022	Perbaiki rumus	
4	25 Jan 2023	Penambahan referensi Bab IV	
5	27 Jan 2023	perbaiki hasil gambar Bab IV	
6	28 Jan 2023	penambahan keterangan gambar	
7	4 feb 2023	Perbaiki kesimpulan dan saran	
8	13 feb 2023	Lengkapi semua lampiran di daftar isi	
9	14 feb 2023	Susun sesuai format penulisan TA	
10	24 feb 2023	Ace Semhal	

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



A. DATA PRIBADI

Nama : Yusuf Lubis
Tempat/Tanggal Lahir : Sidikalang, 09 Maret 1999
Jenis Kelamin : Laki-laki
Status : Belum Menikah
Agama : Islam
Alamat : Jl. Terminal Kec. Sitingo Kab.Dairi
No.Hp/WA : 085262413148
E-mail : yusuflubis0399@gmail.com

Nama Orang Tua
Ayah : Emlisar Lubis
Ibu : Nikmat Anak Ampun
Alamat : Jl. Terminal Kec. Sitingo Kab.Dairi

B. DATA PENDIDIKAN

1.	SD 030290	(2005 - 2011)
2.	SMP N 1 SITINJO	(2011 – 2014)
3.	SMK N 1 SITINJO	(2014 – 2017)
4.	UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA	(2018 – 2023)

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

Medan, 10 Mei 2023

Hormat saya,

Yusuf Lubis