

**ANALISIS KEKUATAN LENTUR HASIL PENGELASAN SMAW PADA
PROSES *TAILOR WELDED BLANK* (TWB) MENGGUNAKAN BAHAN
LOGAM YANG BERBEDA KETEBALAN**

SKRIPSI

OLEH

**DICKY ZULKARNAEN NDRURU
NIM. 218130078**



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

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

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

Document Accepted 15/4/26

Access From (repositori.uma.ac.id)15/4/26

ANALISIS KEKUATAN LENTUR HASIL PENGELASAN SMAW PADA PROSES *TAILOR WELDED BLANK* (TWB) MENGGUNAKAN BAHAN LOGAM YANG BERBEDA KETEBALAN

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
Gelar Sarjana di Fakultas Teknik
Universitas Medan Area



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

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Judul skripsi : Analisis kekuatan lentur hasil pengelasan
SMAW pada proses *Tailor Welded Blank*
(TWB) menggunakan bahan logam yang
berbeda ketebalan

Nama Mahasiswa : Dicky Zulkarnaen Ndruru

NIM : 218130078

Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh

Komisi Pembimbing

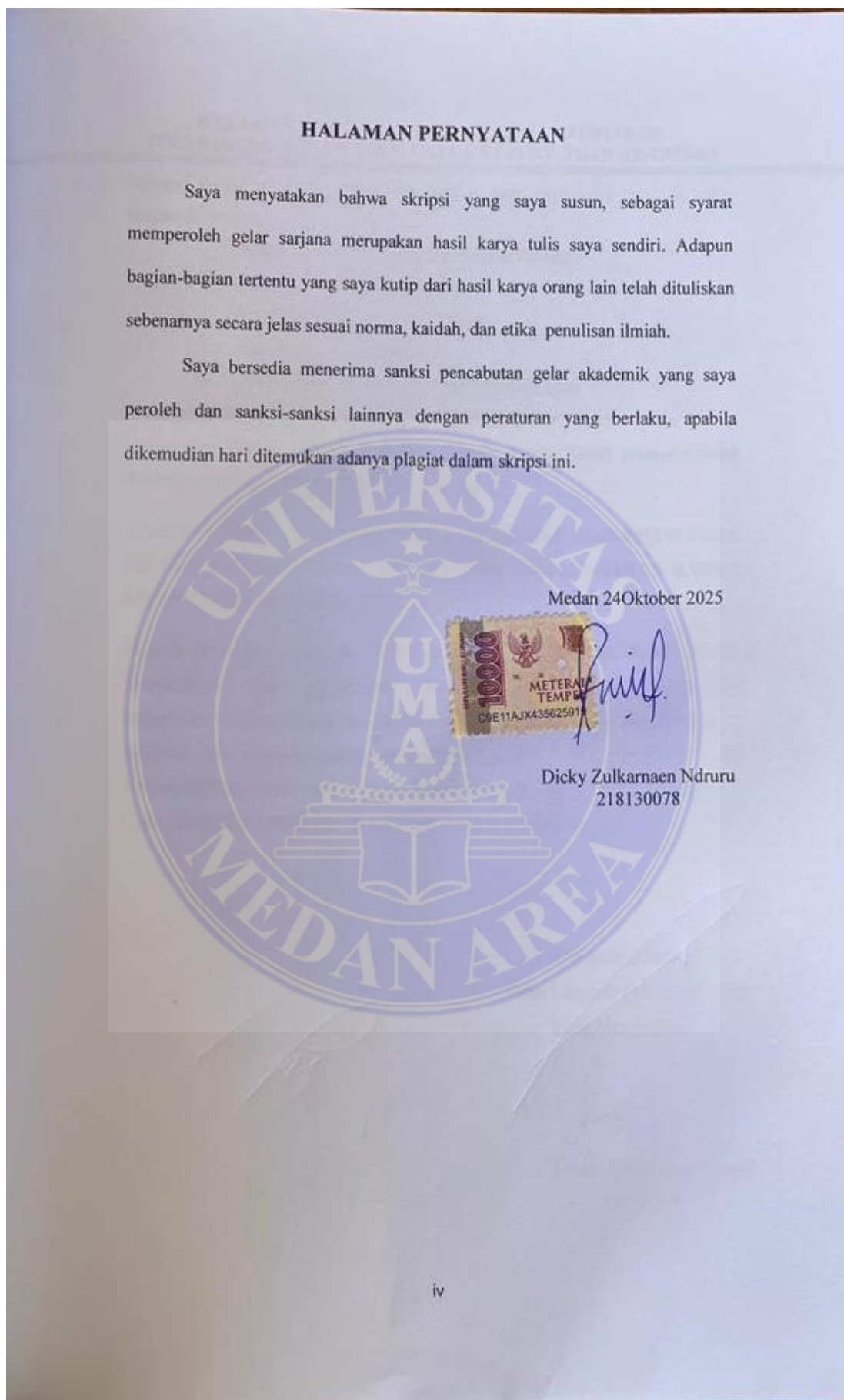
(M. Yusuf Rahmansyah, Siahaan, ST., MT.)

Pembimbing I


D. E. Supriatno, ST., MT.)
Dekan


D. Iswandi, ST., MT.)
Ka. Prodi/ WD I

Tanggal Lulus: 06 OKTOBER 2025



**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGASAKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tanda tangan dibawah ini:

Nama : Dicky Zulkarnaen Ndruru
Npm : 218130078
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Tugas Akhir/ Skripsi/ Tesis

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-Exclutive Royalt free right)**, atas karya ilmiah yang berjudul:

ANALISIS KEKUATAN LENTUR HASSIL PENGELASAN SMAW PADA PROSES TAILOR WELDED BLANK (TWB) MENGGUNAKAN BAHAN LOGAM YANG BERBEDA KETEBALAN.

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan tugas Akhir/ skripsi/ Tesis saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian penyertaan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di: Medan

Pada Tanggal: 24 Oktober 2025

Yang Menyatakan



Dicky Zulkarnaen Ndruru

218130078

v

ABSTRAK

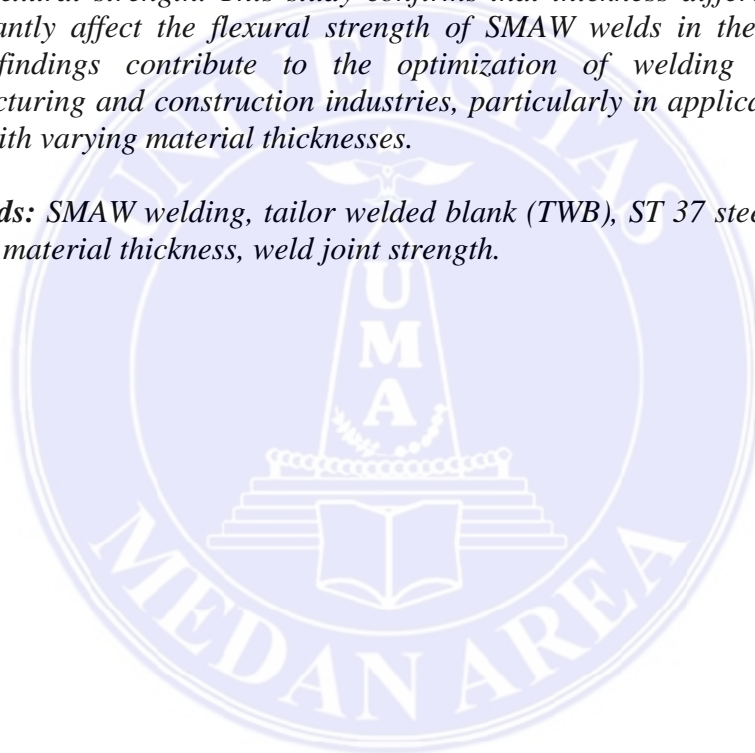
Di era globalisasi saat ini, kemajuan teknologi berkembang dengan sangat cepat, memicu meningkatnya intensitas persaingan di dunia usaha dan industri dalam upaya menguasai pasar. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kekuatan lentur hasil pengelasan metode Shielded Metal Arc Welding (SMAW) pada proses *Tailor Welded Blank* (TWB) dengan menggunakan bahan logam baja karbon ST 37 yang memiliki perbedaan ketebalan. Proses pengelasan dilakukan dengan menggunakan elektroda E6013 dan arus sebesar 80 Ampere. Variasi ketebalan yang digunakan dalam pengujian adalah 6 mm disambung dengan 4 mm, 3 mm, dan 2 mm. Spesimen diuji menggunakan metode uji lentur tiga titik (*three-point bending test*) sesuai standar ASTM E-290 untuk mengetahui pengaruh ketebalan terhadap kekuatan sambungan las. Hasil pengujian menunjukkan bahwa spesimen dengan kombinasi ketebalan 6-4 mm memiliki nilai rata-rata beban dan tegangan lentur tertinggi, masing-masing sebesar 2575,1 N dan 800 MPa. Semakin kecil ketebalan bahan, maka spesimen cenderung mengalami deformasi plastis yang lebih besar dan menunjukkan kekuatan lentur yang lebih rendah. Penelitian ini membuktikan bahwa perbedaan ketebalan logam berpengaruh signifikan terhadap kekuatan lentur hasil pengelasan SMAW pada TWB. Hasil ini memberikan kontribusi terhadap optimalisasi parameter pengelasan dalam industri manufaktur dan konstruksi, khususnya yang melibatkan sambungan logam dengan ketebalan yang bervariasi.

Kata kunci: pengelasan SMAW, pada proses tailor welded (TWB), menggunakan baja ST 37, uji lentur, ketebalan logam yang berbeda, kekuatan sambungan.

ABSTRACT

In this era of globalization, rapid technological advancements have intensified competition in the business and industrial sectors to dominate the market. This study aims to analyze the flexural strength of welds using the Shielded Metal Arc Welding (SMAW) method in the Tailor Welded Blank (TWB) process with ST 37 low-carbon steel materials of varying thicknesses. The welding process was carried out using E6013 electrodes with a current of 80 Amperes. The thickness variations tested were 6 mm joined with 4 mm, 3 mm, and 2 mm. Specimens were tested using the three-point bending method in accordance with ASTM E-290 standards to determine the effect of thickness on weld joint strength. The results show that the 6–4 mm thickness combination yielded the highest average load and bending stress, reaching 2575, 1 N and 800 MPa, respectively. Thinner materials tend to undergo greater plastic deformation and demonstrate lower flexural strength. This study confirms that thickness differences in metals significantly affect the flexural strength of SMAW welds in the TWB process. These findings contribute to the optimization of welding parameters in manufacturing and construction industries, particularly in applications involving joints with varying material thicknesses.

Keywords: SMAW welding, tailor welded blank (TWB), ST 37 steel, bending test, varying material thickness, weld joint strength.



RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama Dicky Zulkarnaen Ndruru 21 tahun, dilahirkan di Sifahilu pada tanggal 24 Desember 2003. Penulis beragama Kristen Protestan anak ke empat dari empat bersaudara dari pasangan Bapak Tehewanolo Ndruru dan Ibu Rutina Giawa. Pendidikan formal dimulai dari SD Negeri 07518 Susua Tahun 2008-2014, sekolah menengah pertama di SMP Negeri 2 Uulusua Tahun 2014-2017, sekolah menengah atas Di Sma Negeri 1 Uulusua 2017-2020 selanjutnya pada tahun 2021 penulis melanjutkan pendidikan di program Studi S1 Teknik Mesin di Universitas Medan Area.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis haturkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan berkat dan kasih-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal skripsi ini dengan baik dan tepat waktu, yang berjudul. **“ANALISIS KEKUATAN LENTUR HASIL PENGELASAN SMAW PADA PROSES TAILOR WELDED BLANK (TWB) MENGGUNAKAN BAHAN LOGAM BERBEDA KETEBALAN”**.

Proposal skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana di Fakultas Teknik Universitas Medan Area. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan ini masih terdapat berbagai kekurangan, baik dalam penyusunan maupun isi skripsi. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari para pembaca demi perbaikan di masa mendatang.

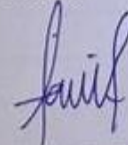
Penulis juga menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dan mendukung dalam penyusunan proposal skripsi ini.

1. Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng, M.Sc, selaku Rektor Universitas Medan Area.
2. Dr. Eng Supriatno, ST., MT. selaku Dekan Fakultas Teknik Mesin Universitas Medan Area.
3. Dr. Iswandi ST., MT. Selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area.
4. M. Yusuf Siahaan, ST., MT sebagai dosen pembimbing yang banyak membantu dalam memberikan arahan dan saran serta ilmunya.

5. Teristimewa penulis mengucapkan Kepada Kedua Orang Tua Tehewanolo Ndruru Dan Rutina Giawa dan keluarga tercinta yang selalu mendukung dalam Doa, Materi, dan Nasehat yang dapat membangun semangat penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
6. Penulis Juga Mengucapkan Kepada Kakak Saya Astri Juliartaniman Ndruru yang selalu memberikan masukan dan saran selama pengerjaan skripsi dan juga membantu dalam materi. Dan juga tidak lupa berterimakasih kepada Abg Saya Edi Chandra Ndruru yang selalu support dalam materi.
7. Seluruh rekan-rekan mahasiswa teristimewa satu angkatan saya Stambuk-21, yang telah senantiasa memberikan dukungan dan motivasi, Semoga kita semua menjaadi orang sukses.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penyusunan proposal skripsi ini masih banyak kesalahan sehingga masih jauh dari kata sempurna. Karena terbatasnya pengalaman dan pengetahuan yang dimiliki penulis. Oleh karena itu penulis mengharapkan segala bentuk saran serta masukan dan kritik yang dapat membangun dari pihak pembaca diharapkan untuk perbaikan dan penyempurnaan proposal skripsi ini kedepannya. Semoga proposal skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca untuk membangun ilmu pengetahuan pada khususnya Teknik Mesin.

Penulis,



Dicky Zulkarnaen Ndruru

Npm : 218130078

x

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	
TUGASAKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
RIWAYAT HIDUP.....	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
DAFTAR NOTASI.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Bahan Logam	5
2.1.1 Material Baja ST 37	5
2.1.2 Baja karbon	6
2.2 Pengelasan	7
2.2.1 Jenis – jenis pengelasan	8
2.2.2 Las MiG	10
2.2.3 Las TIG	12
2.2.4 Pengelasan SMAW	15
2.2.5 Posisi pengelasan	18
2.2.6 Jenis – jenis sambungan pengelasan	20
2.3 Prinsip dasar pengelasan SMAW	22
2.4 Tailor Welded Blank	23
2.5 Sifat Mekanik Material.....	25
2.5.1 Tegangan (<i>strength</i>)	25
2.5.2 Regangan (<i>Strain</i>)	26
2.5.3 Modulus elastis	26
2.5.4 Keuletan (<i>Ductility</i>).....	27
2.5.6 Ketahanan (<i>durability</i>)	28
2.5.7 Ketangguhan (<i>resilienci</i>).....	28
2.6 Uji lentur.....	28

BAB III METODOLOGI PENELITIAN	30
3.1 Waktu dan Tempat	30
3.1.1 Waktu	30
3.1.2 Tempat.....	30
3.2 Bahan dan Alat	31
3.2.1 Bahan.....	31
3.2.2 Alat.....	32
3.3 Metode Penelitian.....	34
3.4 Populasi Dan Sampel.....	37
3.5 Prosedur Kerja	37
3.5.1 Prosedur pembuatan spesimen	38
3.5.2 Prosedur pengujian.....	38
3.6 Diagram Alir Penelitian.....	39
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	40
4.1 Hasil.....	40
4.1.1 Hasil Pembuatan spesimen.....	41
4.1.2 Hasil Pengujian Lentur.....	42
4.2 Pembahasan	47
4.2.1 Pembuatan spesimen	47
4.2.2 Hasil pengujian.....	48
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	50
5.1 Simpulan.....	50
5.2 Saran	50
DAFTAR PUSTAKA	52
LAMPIRAN	53

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. klasifikasi baja karbon berdasarkan kandungan karbon	6
Tabel 3.1. Jadwal Tugas Akhir.	29
Tabel 3.2. Spesifikasi Bahan Baja ST 37.	31
Tabel 3.3. Hasil Pengujian Logam.	37
Tabel 4.1. Hasil pengujian beban spesimen uji lentur.	42
Tabel 4.2. Hasil tegangan terhadap pengujian spesimen	43



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. baja Karbon rendah ST 37.....	5
Gambar 2.2. Las Listrik.	9
Gambar 2.3. Las Gas.....	10
Gambar 2.4. Las MIG.	12
Gambar 2.5. Las TIG.	14
Gambar 2.6. Las SMAW.....	16
Gambar 2.7. Posisi Pengelasan.	19
Gambar 2.8. sambungan Butt Joint.....	21
Gambar 2.9. Sambungan T fillet joint.....	21
Gambar 2.10. Sambungan conner joint.....	22
Gambar 3.1. Plat Baja ST37.....	31
Gambar 3.2. Elektroda.	32
Gambar 3.3. Mesin uji Lentur.	33
Gambar 3.4. Mesin Las SMAW.....	33
Gambar 3.5. Sikat Kawat.	34
Gambar 3.6. Palu.....	34
Gambar 3.7. Dimensi Spesimen Uji Lentur.	36
Gambar 3.8. Diagram Alir prosedur Pembuatan.....	38
Gambar 3.9. Diagram Alir prosedur pengujian.....	38
Gambar 3.10. Diagram Alir	39
Gambar 4.1. Baja ST 37 yang berbeda ketebalan.	40
Gambar 4.2. Spesimen baja karbon ST37 dengan 3 variasi.....	41
Gambar 4.3. Grafik beban hasil uji lentur.....	43
Gambar 4. 4. Grafik hasil tegangan Uji lentur.....	45
Gambar 4.5. Hasil pengujian lentur terhadap spesimen.....	45
Gambar 4. 6. jarak lendutan max dan titik penetrasi pada setiap spesimen.....	46

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Spesimen pengelasan miring sebelum melakukan pengujian.....	53
Lampiran 2. spesimen pengelasan lurus sebelum melakukan pengujian	53
Lampiran 3. Gambar Universal Testing Mesin (UTM)	54
Lampiran 4. Gambar spesimen setelah melakukan pengujian	54
Lampiran 5. Gambar AutoCAD spesimen.....	55
Lampiran 6. Gambar pembuatan Spesimen	55
Lampiran 7. Data Hasil Pengujian Lentur Las Miring.....	56
Lampiran 8. Data Hasil Pengujian Lentur Pengelasan Lurus	57



DAFTAR NOTASI

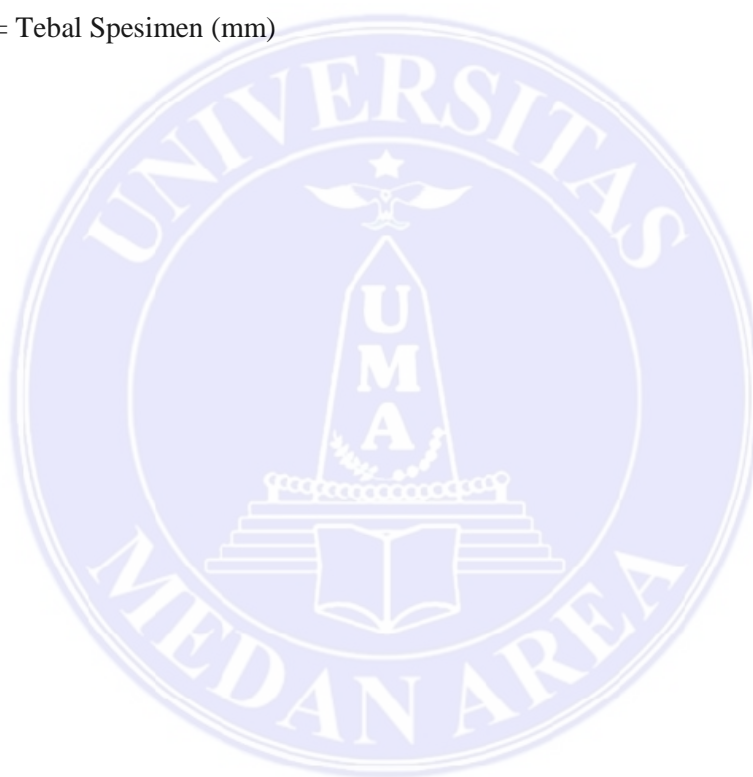
σ = Tegangan Lentur (MPa)

F = Beban (KN)

L = Panjang Spesimen (mm)

b = Lebar Spesimen (mm)

h = Tebal Spesimen (mm)



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pengelasan memiliki peran yang sangat penting dalam perkembangan teknologi industri manufaktur, khususnya pada bidang perancangan, rekayasa, dan perbaikan logam. Berbagai komponen dan produk industri, seperti pada sektor transportasi, bejana tekan, rangka baja, pipa saluran, jembatan, perkapalan, hingga alat berat, memerlukan proses penyambungan logam melalui teknik pengelasan.

Proses pengelasan menuntut keterampilan tinggi agar menghasilkan sambungan yang kuat, berkualitas, dan sesuai dengan standar yang berlaku. Secara umum pengelasan terbagi menjadi dua kategori utama, yaitu pengelasan dengan las gas dan pengelasan dengan las listrik.

Salah satu metode las listrik yang paling banyak digunakan adalah SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*). Metode ini populer karena biayanya relatif rendah, mudah dioperasikan, dan praktis. Berdasarkan standar AWS (*American Welding Society*), prinsip kerja SMAW adalah memanfaatkan panas dari busur listrik untuk mencairkan logam dasar dan ujung elektroda habis pakai (*consumable electrode*) yang dilapisi fluks. Tegangan yang digunakan berkisar antara 23– 45 volt, sedangkan arus listrik yang diperlukan untuk proses pencairan dapat mencapai 500 ampere, dengan kisaran umum penggunaan antara 80–200 ampere. (Riandi Prayoga & Dwi Haripriadi, 2024).

Tailor welded blank (TWB) menawarkan cara yang sangat baik untuk memenuhi tuntutan yang bersaing dan tampaknya kontraktif. Pengelasan laser telah menjadi proses yang paling sering digunakan untuk menghasilkan TWB dikarenakan biaya yang lebih rendah dan dan fleksibilitas yang lebih besar dibandingkan dengan pengelasan *electron beam*. (Dimiyati et al., 2021)

Pengelasan merupakan salah satu metode penyambungan permanen pada bagian logam sehingga menjadi satu kesatuan utuh. Berdasarkan definisi *American Welding Society* (AWS) dan *Deutche Industrie Normen* (DIN), pengelasan adalah proses penyambungan dua atau lebih bagian logam dengan memanfaatkan panas. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa hasil pengelasan dapat dikatakan sempurna apabila logam pengisi dapat bercampur secara merata dengan logam induk.

Di era globalisasi, perkembangan teknologi yang pesat mendorong meningkatnya persaingan di dunia usaha dan industri dalam upaya menguasai pasar. Salah satu sektor strategis yang mengalami perkembangan signifikan adalah industri maritim, yang mengintegrasikan berbagai teknologi. Dalam industri maritim, khususnya perkapalan, lebih dari 90% bahan baku yang digunakan berupa pelat baja, dengan konstruksi sambungan yang umumnya menggunakan metode pengelasan.

Selama proses pengelasan, bahan fluks yang membungkus elektroda akan mencair dan membentuk terak yang menutupi logam cair pada sambungan, berfungsi mencegah terjadinya oksidasi. Sebagian bahan fluks tidak terbakar, tetapi berubah menjadi gas yang juga berperan melindungi logam cair dari oksidasi sekaligus menstabilkan busur listrik.

melakukan pengujian bending benda kerja uji akan mengalami fenomena *springback*, Apa yang dimaksud dengan fenomena *springback* merupakan gaya balik yang ditimbulkan akibat pengaruh elastisitas bahan plat yang mengalami proses pembentukan. Pengelasan bukan tujuan utama dari konstruksi, tetapi hanya merupakan sarana untuk mencapai ekonomi pembuatan yang lebih baik, karena itu rancangan las dan cara pengelasannya harus betul-betul diperhatikan kesesuaian sifat-sifat mekanisnya dan keadaan disekitarnya serta efisiensinya.

Pada prosedur pengelasan saat ini sepertinya sangat sederhana, tetapi fakta didalamnya banyak masalah yang harus harus diatasi yang pemecahannya memerlukan bermacam-macam bidang pengetahuan, karena itu dalam pengelasan pengetahuan teknologi harus turut serta mendampingi aplikasi dilapangan. Untuk dapat mengetahui secara terperinci dapat dikatakan bahwa dalam perancangan kontruksi dengan menggunakan metode sambungan las, harus direncanakan juga bagaimana metode pengelasan, bahan dasar dan jenis elektroda yang akan dipergunakan berdasarkan fungsi dari bagian-bagian kontruksi yang akan dirancang. Pemilihan metode proses pengelasan yang tepat diharapkan industri maritime agar dapat berproduksi lebih cepat dan efisien sehingga mampu bersaing di pasar global (Hadi, n.d.).

Jadi pada perkembangan teknologi pengelasan saat ini juga sangat pesat yang awalnya dilandaskan pada tantangan aplikasi, yang dimana pemikiran pengelasan yang didasarkan pada prinsip-prinsip teknik saja, saat ini telah lebih ditunjukkan pada produktifitas dan efisiensi yaitu penggunaan sumber daya sekecil mungkin, kecepatan proses setinggi mungkin dan penurunan kegagalan akibat faktor operator sehingga dapat meningkatkan profit perusahaan.(Hadi, n.d.)

1.2 Perumusan Masalah

Bagaimana cara menganalisis masalah kekuatan spesimen pengelasan SMAW pada proses *tailor welded Blank* (TWB) Menggunakan Bahan logam yang berbeda ketebalan hasil pengujian lentur statis.

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan uraian pada latar belakang dan rumusan masalah diatas maka yang menjadi tujuan penelitian ini adalah:

1. Pembuatan specimen uji lentur hasil pengelasan SMAW pada proses *tailor welded blank* (TWB) menggunakan bahan logam yang berbeda ketebalan
2. Pengujian specimen uji lentur hasil pengelasan SMAW pada proses *tailor welded blank* (TWB) menggunakan bahan logam yang berbeda ketebalan
3. Analisis kekuatan spesimen pengelasan SMAW pada proses *tailor welded blank* (TWB) menggunakan bahan logam yang berbeda ketebalan hasil pengujian lentur statis.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil dari pelaksanaan penelitian ini akan memberikan manfaat yang berarti, seperti berikut:

1. Optimasi proses pengelasan memberikan pengaruh tentang ketebalan logam terhadap kekuatan sambungan, membantu praktisi dalam memilih parameter pengelasan yang optimal.
2. Meningkatkan kualitas produk dan pemahaman tentang kualitas sambungan las yang penting untuk aplikasi struktural dan keamanan dalam industri.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bahan Logam

2.1.1 Material Baja ST 37

Baja ST 37 yang digunakan dalam penelitian ini merupakan baja karbon rendah yang banyak dimanfaatkan di industri manufaktur, antara lain untuk panel bodi otomotif, *tin plate*, dan konstruksi jembatan. Penyambungan baja ST 37 dilakukan menggunakan metode pengelasan SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*), yang banyak diaplikasikan di berbagai sektor industri. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi arus pengelasan dan jenis kampuh terhadap kualitas sambungan baja ST 37 melalui pengujian *bending*. dapat dilihat pada Gambar 2.1 berikut ini. (Fauzi et al., 2022)



Gambar 2.1. baja Karbon rendah ST 37.

2.1.2 Baja karbon

Baja karbon merupakan paduan besi dan karbon, di mana kadar karbon sangat memengaruhi sifat-sifatnya, sedangkan unsur paduan lainnya biasanya muncul sebagai akibat dari proses pembuatannya. Karakteristik baja karbon umumnya ditentukan oleh persentase kandungan karbon serta struktur mikronya. Berdasarkan jumlah kandungan karbon, baja karbon dibagi menjadi tiga kategori, yaitu baja karbon rendah (*mild steel*), baja karbon sedang, dan baja karbon tinggi.

1. Baja karbon rendah jenis ini memiliki kandungan karbon kurang dari 0,3%. Sifatnya tangguh dan ulet, namun memiliki kekerasan serta ketahanan aus yang relatif rendah. Baja karbon rendah umumnya digunakan sebagai bahan baku pembuatan komponen struktural bangunan, pipa, jembatan, bodi mobil, dan berbagai konstruksi lainnya. Baja karbon sedang memiliki kadar karbon berkisar antara 0,3% C hingga 0,59% C. Dibandingkan baja karbon rendah, jenis ini memiliki kekuatan dan ketahanan aus yang lebih baik.
2. Baja karbon sedang ini juga dapat dikeraskan sebagian melalui proses perlakuan panas (*heat treatment*) yang sesuai, sehingga banyak digunakan untuk komponen mesin dan bagian konstruksi yang memerlukan kekuatan lebih tinggi. memiliki sifat mekanis yang lebih kuat dengan tingkat kekerasan yang lebih tinggi dari pada baja karbon rendah.
3. Baja karbon tinggi merupakan jenis baja yang memiliki kandungan karbon antara 0,6% C hingga 1,4% C. Baja ini memiliki ketahanan panas, kekerasan, dan kekuatan tarik yang sangat tinggi, namun tingkat keuletannya rendah sehingga cenderung bersifat getas. Proses

perlakuan panas untuk meningkatkan kekerasan baja karbon tinggi relatif sulit dilakukan karena kadar martensitnya yang tinggi. Kondisi ini menyebabkan proses pengerasan permukaan tidak memberikan hasil yang optimal.

Tabel 2. 1. Klasifikasi baja karbon berdasarkan kandungan karbon

No	Jenis Baja Karbon	Kadar karbon (% C)
1	Baja Karbon Rendah	0,05-0,25 %C
2	Baja Karbon Sedang	0,25% C – 0,60% C
3	Baja Karbon Tinggi	0,60% C – 1,00% C

Sumber: (Amanto & Daryanto 1999).

2.2 Pengelasan

Menurut DIN (*Deutsche Industrie Normen*), pengelasan adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilakukan dalam kondisi lumer atau cair. Dengan kata lain, pengelasan merupakan proses penyambungan lokal dari beberapa batang logam menggunakan energi panas. Menurut Alip (1989), mengelas adalah kegiatan menyatukan dua atau lebih bagian benda dengan cara memanaskan, menekan, atau mengombinasikan keduanya sehingga menjadi satu kesatuan utuh. Proses ini dapat dilakukan dengan atau tanpa penambahan bahan pengisi (*filler metal*), yang bisa memiliki titik lebur (Syahrani & Sam, n.d.).

Proses pengelasan bukan sekadar memanaskan dua bagian logam hingga mencair lalu membiarkannya membeku kembali, tetapi juga membentuk sambungan yang utuh dengan menambahkan bahan pengisi atau elektroda selama pemanasan, sehingga diperoleh kekuatan sambungan sesuai yang diinginkan. Kualitas sambungan las dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain prosedur pengelasan, jenis bahan, elektroda, dan tipe kampuh yang digunakan. Selama proses pengelasan, logam pengisi dari elektroda akan mencair bersama logam induk pada area kampuh, sehingga logam cair tersebut mengisi seluruh celah kampuh (Syahrani & Sam, n.d.).

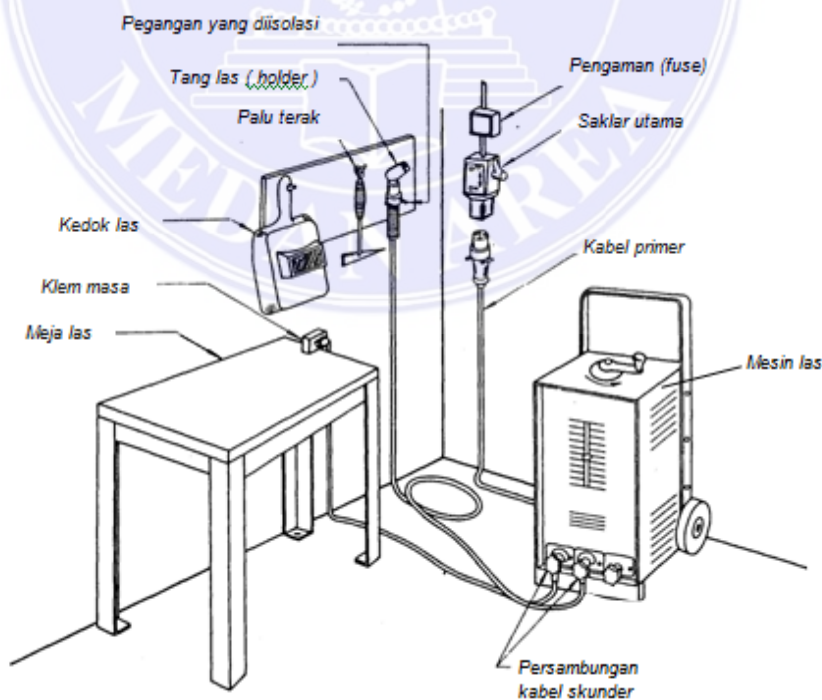
Sementara itu, Anggono dkk. (2014) melakukan penelitian mengenai fenomena *springback* pada lembaran logam dengan menggunakan analisis perangkat lunak eksplisit dinamis untuk menguji kekuatan lenturnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan pengaturan parameter yang optimal, hasil simulasi memiliki tingkat kesesuaian yang baik jika dibandingkan dengan hasil eksperimen. Oleh karena itu, perangkat lunak ini dapat dianggap sebagai alat yang efektif untuk memprediksi *springback* dalam proses pembentukan logam.

2.2.1 Jenis – jenis pengelasan

Terdapat berbagai jenis pengelasan yang digunakan dalam proses menyambungkan logam secara permanen dengan memanaskan logam hingga mencapai titik cair. Dengan demikian ada beberapa literature berikut ini dijelaskan beberapa metode pengelasan yang dikenal sebagai berikut.

1. Las Listrik

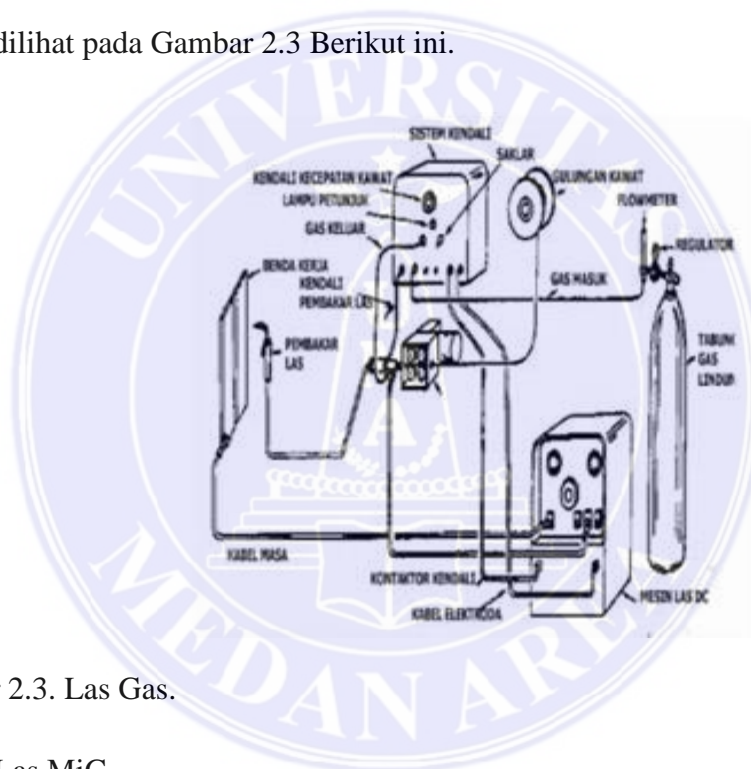
Las listrik atau las busur merupakan metode pengelasan yang memanfaatkan busur listrik antara ujung elektroda dan logam dasar. Panas dari busur listrik ini mencairkan ujung elektroda serta sebagian logam dasar, sehingga keduanya menyatu dan membentuk sambungan permanen. Pada proses las listrik, panas yang dihasilkan untuk mencairkan logam diperoleh dari perbedaan tegangan antara ujung pemegang elektroda dan permukaan benda kerja. Ketika ujung elektroda berada cukup dekat dengan logam yang akan dilas, akan terjadi loncatan bunga api akibat arus listrik. Selama pengelasan, tetesan logam dari elektroda dengan diameter tertentu akan jatuh ke daerah las, membentuk kumpulan logam cair yang mengisi sambungan. Seperti di tunjukkan pada Gambar 2.2 berikut ini.



Gambar 2.2. Las Listrik.

1. Las Gas

Las gas merupakan proses penyambungan dua logam dengan memanfaatkan gas tertentu sebagai bahan bakar. Proses ini dilakukan dengan membakar gas bahan bakar menggunakan oksigen, sehingga menghasilkan nyala api yang mampu mencairkan logam induk maupun logam pengisi. Pada umumnya, gas yang digunakan sebagai bahan bakar dalam proses las gas adalah gas asetilena, propana atau hidrogen. Seperti dilihat pada Gambar 2.3 Berikut ini.



Gambar 2.3. Las Gas.

2.2.2 Las MiG

Las MIG (*Metal Inert Gas*) yaitu merupakan proses penyambungan dua material logam atau lebih menjadi satu melalui proses pencairan setempat, dengan menggunakan elektroda gulungan (*filler metal*) yang sama dengan logam dasarnya (base metal) dan menggunakan gas pelindung (*inert gas*).

Pengelasan metode *Metal Inert Gas* (MIG) merupakan merupakan las busur gas yang menggunakan kawat las sekaligus sebagai elektroda. Elektroda

tersebut berupa gulungan kawat(rol) yang gerakannya diatur oleh motor listrik. Las ini menggunakan gas argon dan helium sebagai pelindung busur dan logam yang mencair dari pengaruh atmosfer. Pada Proses pengelasan Metal Inert Gas (MIG), panas dari proses pengelasan ini di hasilkan oleh busur las yang terbentuk di antara elektroda kawat (*wire electrode*) dengan benda kerja. Selama proses las Metal Inert Gas (MIG), elektroda akan meleleh kemudian menjadi deposit logam las dan membentuk butiran las (*weld beads*). Gas pelindung di gunakan untuk mencegah terjadinya oksidasi selama masa pembekuan.(Dewanto et al., 2016).

Metal Inert Gas (MIG) merupakan metode pengelasan busur listrik yang menggunakan kawat pengisi sebagai elektroda, yang secara otomatis disuplai secara terus-menerus selama proses pengelasan berlangsung. Untuk melindungi logam cair (*molten metal*) dari reaksi oksidasi akibat paparan udara sekitar, digunakan gas pelindung. Gas yang umum digunakan adalah argon, helium, atau campuran keduanya. Namun, karena harga gas-gas tersebut cukup mahal, gas karbon dioksida (CO_2) sering dijadikan pilihan alternatif yang lebih ekonomis. Pengelasan MIG memiliki sejumlah keunggulan dibandingkan metode pengelasan lainnya, di antaranya:

1. Busur listrik yang dihasilkan sangat stabil berkat konsentrasi tinggi, sehingga mengurangi percikan dan mempermudah proses pengelasan.
2. Mampu bekerja dengan arus listrik tinggi, yang memungkinkan pengelasan dilakukan dengan kecepatan tinggi dan efisiensi yang baik.
3. Volume logam las (deposit) yang dihasilkan cukup besar.
4. Hasil sambungan las memiliki sifat mekanik yang unggul, seperti

ketangguhan, elastisitas, kedap udara, serta kualitas keseluruhan yang lebih baik dibandingkan metode las lainnya.

Karena kelebihanannya tersebut, teknik las MIG banyak diterapkan dalam industri, khususnya untuk mengelas baja berkualitas tinggi seperti stainless steel, baja berkekuatan tinggi, serta berbagai logam non-ferro yang sulit dilas dengan teknik lain. Dalam prosesnya, kawat pengisi biasanya disuplai secara otomatis, sementara torch atau alat pembakar digerakkan secara manual oleh operator. Dapat dilihat pada Gambar 2.4 Berikut ini.



Gambar 2.4. Las MIG.

2.2.3 Las TIG

Tungsten Inert Gas (TIG) adalah salah satu metode pengelasan busur listrik (*Arc Welding*) yang memanfaatkan gas inert sebagai pelindung, serta elektroda yang terbuat dari tungsten atau wolfram untuk menghantarkan arus listrik dalam proses penyambungan logam. Dalam teknik ini, area pengelasan dilindungi oleh gas pelindung umumnya berupa gas mulia seperti argon (Ar),

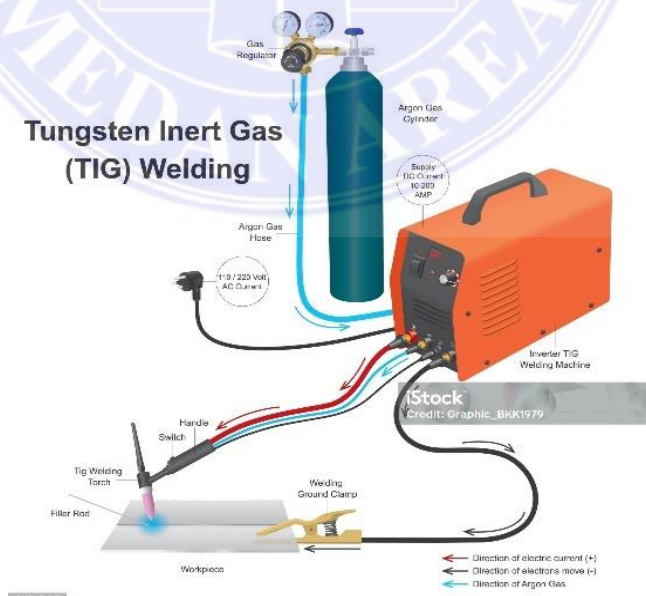
helium (He), atau campuran keduanya yang biasa digunakan dalam proses GTAW (*Gas Tungsten Arc Welding*).

Gas pelindung ini memiliki dua fungsi utama: pertama, mencegah logam las dari kontaminasi oleh udara sekitar; kedua, membantu mendinginkan elektroda tungsten selama proses pengelasan berlangsung. Jadi pada proses ini Argon (Ar) dan Helium memiliki fungsi yang dan kegunaan yang berbeda pada proses pengelasan GTAW yang perbedaannya adalah sebagai berikut:

1. Argon (Ar) adalah gas mulia yang bersifat stabil dan tidak mudah bereaksi dengan unsur lain. Karena sifatnya tersebut, argon banyak digunakan sebagai gas pelindung dalam pengelasan, terutama karena mampu memberikan kestabilan busur dan mengurangi percikan. Selain itu, argon lebih mudah terionisasi dibandingkan helium, sehingga dapat berfungsi sebagai konduktor listrik yang baik. Namun, karena konduktivitas panasnya rendah, aliran panas melalui busur menjadi lambat.
2. Sementara itu, Helium (He) juga termasuk gas mulia yang tidak reaktif, namun memiliki konduktivitas panas lebih tinggi dibandingkan argon. Hal ini memungkinkan transfer panas yang lebih besar melalui busur, sehingga helium cocok digunakan untuk pengelasan logam tipis atau logam dengan konduktivitas panas tinggi seperti aluminium, tembaga, dan magnesium. Namun, penggunaan helium biasanya menghasilkan busur dengan tegangan lebih tinggi, serta lebih banyak percikan dan penetrasi yang lebih dangkal.
3. Dalam praktiknya, pengelasan TIG dikenal mampu menghasilkan sambungan las dengan kualitas tinggi pada hampir semua jenis logam

yang dapat dilas. Oleh karena itu, teknik ini tidak hanya digunakan untuk pengelasan baja karbon, tetapi juga untuk stainless steel dan logam non-ferro seperti aluminium.

4. Pada proses TIG, elektroda yang digunakan bersifat tidak habis pakai (*nonconsumable*), sehingga untuk mengisi celah sambungan logam diperlukan bahan tambahan (*filler rod*). Filler ini berupa logam pengisi (*filler metal*) yang difungsikan untuk mengisi kampuh selama proses berlangsung. Dalam istilah lain, bahan ini sering disebut sebagai batang elektroda.
5. pengelasan menunjukkan bahwa *filler* ini dapat digunakan dalam pengelasan dikarenakan *filler* ini terbuat dari aluminium dengan kekuatan menengah sehingga *filler* ini juga dapat digunakan dalam pengelasan dan sebagai pengisi terhadap logam Ditunjukkan pada Gambar 2.5 Berikut ini. (Lubis et al., 2024).



Gambar 2.5. Las TIG.

2.2.4 Pengelasan SMAW

Las SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) merupakan metode pengelasan yang menggunakan elektroda berlapis, yang terdiri atas inti logam dan lapisan fluks. Busur listrik terbentuk antara elektroda dan permukaan benda kerja, yang kemudian melelehkan baik elektroda maupun logam induk. Proses pembakaran fluks menghasilkan gas pelindung yang berfungsi melindungi logam cair dari kontaminasi udara, seperti oksigen dan nitrogen.

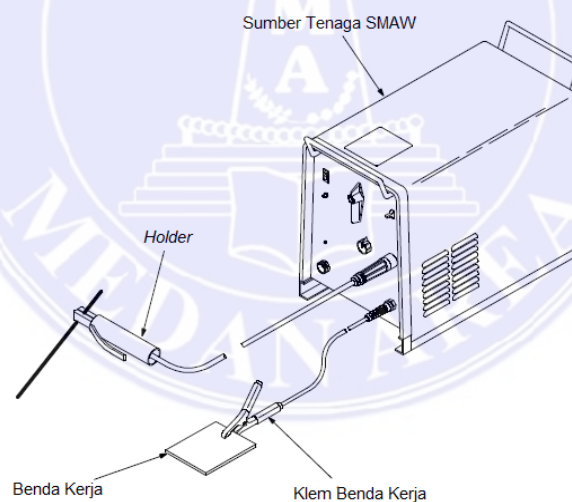
Karena massa jenis *fluks* lebih rendah dari logam cair, fluks mengapung di atas permukaan selama proses pengelasan. Saat membeku, *fluks* tersebut berubah menjadi terak (*slag*) yang menutupi dan melindungi logam las selama pendinginan. Terak ini kemudian harus dibersihkan menggunakan palu las atau gerinda agar permukaan sambungan logam menjadi bersih.

Dalam pengelasan SMAW, logam induk mengalami pencairan akibat panas dari busur listrik yang dihasilkan oleh mesin las. Elektroda yang digunakan berbentuk batang kawat dengan lapisan pelindung fluks di sekelilingnya. Saat proses berlangsung, elektroda dan logam induk sama-sama mencair dan bersatu membentuk kampuh las.

Proses pemindahan logam dari elektroda terjadi saat ujung elektroda meleleh, membentuk tetesan logam cair yang terbawa oleh arus busur listrik menuju kolam las. Jika arus listrik yang digunakan besar, maka tetesan logam yang terbentuk akan lebih halus. Sebaliknya, bila arusnya kecil, maka tetesan logam menjadi lebih besar. Hal ini disebabkan oleh karakteristik logam, termasuk titik lebur dan sifat alirannya saat cair.

pemindahan cairan dipengaruhi oleh besar kecilnya arus dan komposisi dari bahan *fluks* yang digunakan (Asmaun et al., 2020).

Elektroda Terbungkus ini adalah sebagai pembangkit dan bahan tambah yang dimana terdiri dari dua bagian yang berselaput (*fluks*) dan bagian yang tidak berselaput yang merupakan pangkal untuk menjepit tang las. Sementara itu *fluks* juga memiliki fungsi yaitu untuk melindungi logam dari logam cair dari lingkungan udara yang dapat menghasilkan gas pelindung dan menstabilkan busur. Las SMAW ini juga dapat digunakan dalam berbagai macam fabrikasi pengelasan karena kesederhanaan dan pengaplikasian untuk berbagai posisi pengelasan. SMAW digunakan secara luas dalam pengelasan baja, paduan nikel, paduan tembaga, dan jenis logam lainnya. Dapat dilihat pada Gambar 2.6 Berikut.



Gambar 2.6. Las SMAW.

Gambar di atas menunjukkan konfigurasi peralatan las SMAW, yang terdiri dari sumber daya listrik, pemegang elektroda, kabel penghubung ke benda kerja, dan elektroda itu sendiri. Ciri khas dari sumber daya pengelasan ini adalah

dapat menggunakan jenis arus jatuh (dropping) atau arus konstan tergantung pada kebutuhannya.

Mesin las SMAW berdasarkan jenis arus listriknya dapat dibedakan menjadi tiga kategori: Mesin las arus searah (DC - *Direct Current*), Mesin las arus bolak-balik (AC - *Alternating Current*). Mesin las arus ganda, yaitu mesin yang mampu beroperasi menggunakan arus searah maupun bolak-balik.

Besar arus pengelasan yang digunakan akan sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti Jenis elektroda, Posisi pengelasan ketebalan logam induk, ukuran daerah atau zona las.

Kualitas hasil las sangat bergantung pada pengaturan arus, kecepatan pengelasan, kedalaman penetrasi, panjang busur, serta polaritas arus listrik yang digunakan. Oleh karena itu, pemilihan arus yang tepat dalam pengelasan busur akan mempengaruhi efisiensi kerja dan hasil akhir, terutama karena setiap logam memiliki ketahanan, kekuatan, dan ketebalan yang berbeda (Trisno Susilo et al., 2021).

Dalam praktiknya, jenis pengelasan yang sering dijumpai di lapangan adalah SMAW dengan arus AC dan DC, SMAW AC umumnya digunakan dalam pengelasan konstruksi ringan atau penyambungan komponen kendaraan, seperti yang biasa terlihat di bengkel umum. SMAW DC, di sisi lain, lebih sering digunakan di lingkungan industri dan perusahaan, karena umumnya menghasilkan busur yang lebih stabil.

SMAW termasuk dalam proses pengelasan manual, di mana panas untuk melelehkan logam dihasilkan oleh busur listrik antara ujung elektroda berlapis

fluks dan permukaan benda kerja. Bagian elektroda yang meleleh, busur listrik, dan kolam las akan terlindungi dari pengaruh udara luar oleh gas pelindung yang terbentuk dari hasil pembakaran lapisan *fluks*. Selain gas pelindung, perlindungan tambahan terhadap logam cair juga diberikan oleh terak (*slag*) yang terbentuk dari *fluks* yang mencair. Pada beberapa jenis elektroda, perlindungan tambahan juga berasal dari serbuk besi yang dicampurkan ke dalam lapisan pelindung elektroda. Jika kamu ingin ringkasan atau versi untuk keperluan presentasi, makalah, atau laporan teknis, saya bisa bantu sesuaikan. (Arlin, Awal Syahrani Sirajuddin).

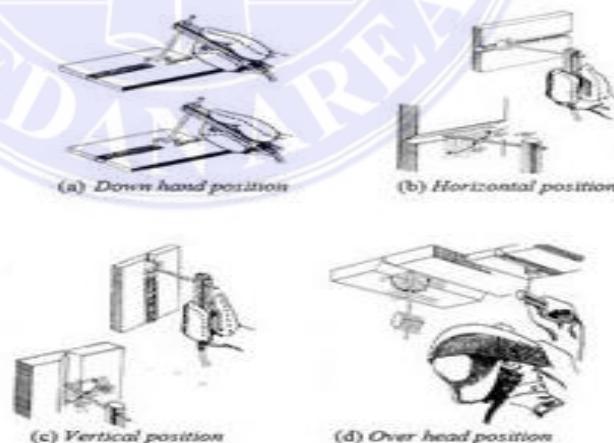
2.2.5 Posisi pengelasan

Posisi atau sikap pengelasan yaitu pengaturan posisi atau letak gerakan elektroda las. Posisi pengelasan yang digunakan biasanya tergantung dari letak kampuh-kampuh atau celah-celah benda kerja yang akan dilas. Posisi-posisi pengelasan terdiri dari posisi pengelasan di bawah tangan (*down hand position*), posisi pengelasan mendatar (*horizontal position*), posisi pengelasan tegak (*vertical position*), dan posisi pengelasan di atas kepala. Dapat dilihat pada Gambar 2.7 Berikut ini. (Mechanical et al., 2010).

1. Posisi pengelasan di bawah tangan (*down hand position*) 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.
2. Posisi pengelasan mendatar (*horizontal position*) Mengelas dengan posisi mendatar merupakan pengelasan yang arahnya mengikuti arah garis mendatar atau 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.

3. Posisi pengelasan tegak (*vertical position*) 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.
4. Posisi pengelasan di atas kepala (*over head 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 Diatas kepala yaitu elektroda dibawah benda kerja.



Gambar 2.7. Posisi Pengelasan.

Posisi pengelasan di bawah tangan (*down hand position*) memungkinkan penetrasi dan cairan logam tidak keluar dari kampuh las serta kecepatan

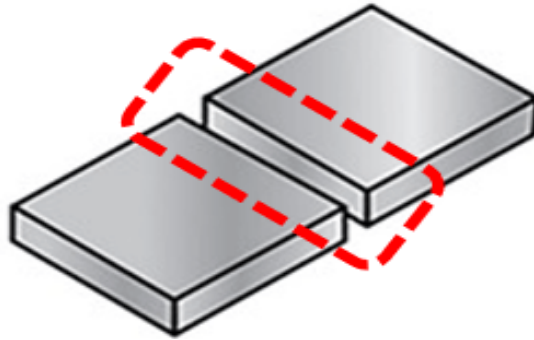
pengelasan yang lebih besar dibanding lainnya. Pada horizontal position, cairan logam cenderung jatuh ke bawah, oleh karena itu busur (arc) dibuat sependek mungkin. Demikian pula untuk vertical dan over head position. Penimbunan logam las pada pengelasan busur nyala terjadi akibat medan electromagnetic bukan akibat gravitasi, pengelasan tidak harus dilakukan pada down hand position ataupun horizontal position. Selain itu, posisi pengelasan di bawah tangan juga adalah posisi pengelasan dengan hasil las yang paling baik. Namun posisi pengelasan di bawah tangan tidak selalu digunakan dalam proses pengelasan karena harus diperhatikan letak pekerjaan lasnya dikarenakan banyak menggunakan posisi mendatar atau tegak (Mechanical et al., 2010).

2.2.6 Jenis – jenis sambungan pengelasan

Jenis sambungan pengelasan adalah tipe sambungan material ada atau plat yang digunakan untuk proses pengelasan. Jenis sambungan las mempunyai beberapa macam yang menjadi jenis sambungan utama yaitu:

1. Butt joint

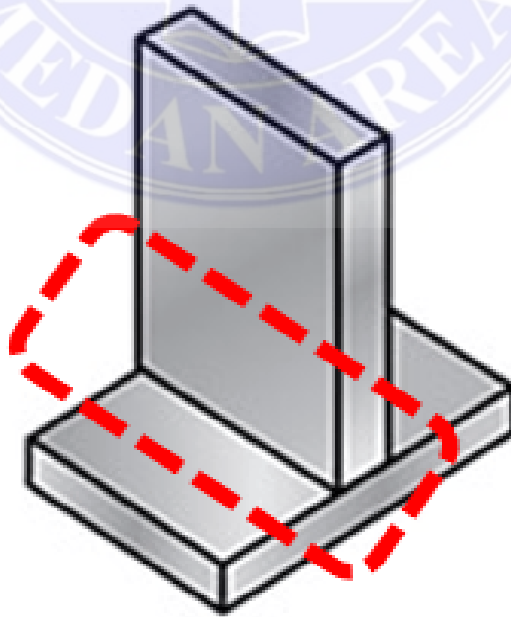
Butt joint merupakan jenis sambungan pengelasan tumpul, di mana dua bagian logam disambung pada ujung-ujungnya secara sejajar. Dalam penerapannya, sambungan ini memiliki berbagai bentuk kampuh (*groove*) yang dapat digunakan sesuai kebutuhan. Beberapa jenis kampuh yang umum digunakan pada sambungan ini antara lain dapat dilihat pada Gambar 2.8 berikut ini.



Gambar 2.8. sambungan Butt Joint.

2. T fillet Joint

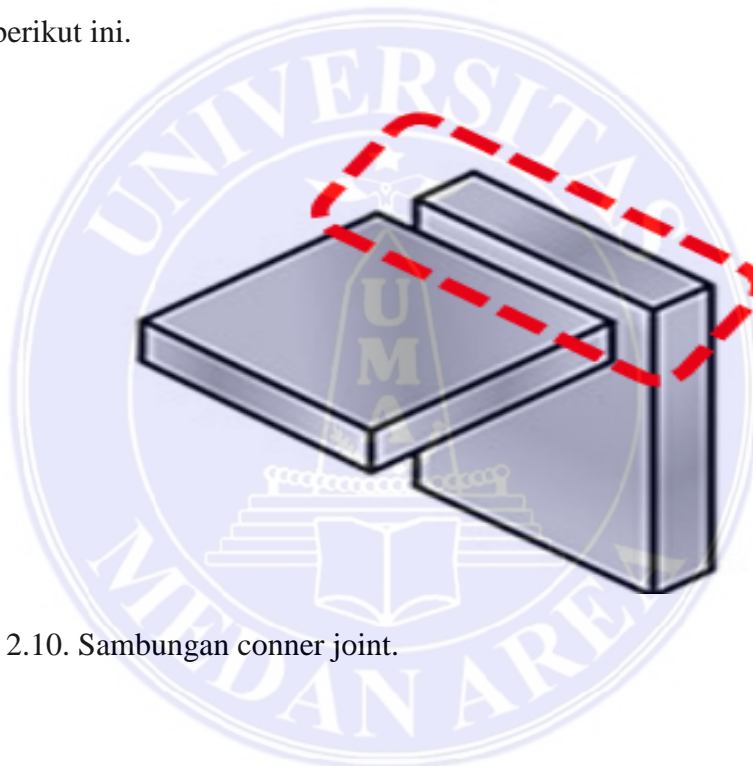
T Joint merupakan jenis sambungan pengelasan yang membentuk huruf "T", yaitu ketika satu pelat logam diposisikan tegak lurus terhadap pelat lainnya. Jenis sambungan ini umum digunakan dalam berbagai aplikasi konstruksi, seperti pada rangka atap, sistem konveyor, dan struktur lainnya. Dalam sambungan T, biasanya digunakan las fillet. Namun, pada kondisi tertentu terutama saat mengelas material yang sangat tebal dapat juga diterapkan tipe *double bevel groove*, meskipun penggunaannya relatif jarang. Dapat dilihat pada gambar 2.9 berikut ini.



Gambar 2.9. Sambungan T fillet joint.

3. Corner joint

Corner Joint memiliki desain yang mirip dengan *T Joint*, namun perbedaannya terletak pada posisi penyambungan material. Pada jenis sambungan ini, bagian ujung-ujung material yang saling bertemu dan disambungkan, biasanya membentuk sudut atau pojok dari suatu struktur. ujung. Ada dua jenis *corner joint*, yaitu close dan open. Untuk detailnya silahkan lihat pada gambar di bawah ini. Dapat dilihat pada Gambar 2.10 berikut ini.



Gambar 2.10. Sambungan conner joint.

2.3 Prinsip dasar pengelasan SMAW

Pada prinsip dasar pengelasan SMAW (*Shield Metal Arc Welding*) ini adalah menggunakan Busur listrik sebagai sumber panas untuk mencairkan logam. Berikut adalah beberapa prinsip-prinsip kerja yang dilakukan saat dalam proses pengelasan SMAW:

1. Elektroda terbungkus

Elektroda terbungkus ini berfungsi untuk kutub negatif, sedangkan benda kerja sebagai kutub positif elektroda akan meleleh.

2. Pengendalian busur listrik Selama proses pengelasan dilakukan jarak antara elektroda dan permukaan logam kerja serta kecepatan pergerakan elektroda perlu dipantau untuk memastikan sambungan pengelasan berbentuk dengan baik.

3. Lapisan *Flux*

Sebagian besar dari pengelasan SMAW dilapisi oleh lapisan *Flux* yang berfungsi dapat melindungi cairan logam dari kontaminasi udara, *flux* juga membentuk terak las yang dapat melindungi cairan las dari udara.

2.4 Tailor Welded Blank

Tailored Welded Blanks (TWB) merupakan kombinasi dari dua atau lebih lembaran logam yang memiliki ketebalan sama atau berbeda, yang disambungkan melalui proses pengelasan. Penggunaan TWB bertujuan untuk mengoptimalkan penggunaan cetakan (*dies*) dalam proses deep drawing, sehingga dapat mempercepat proses produksi dan mengurangi biaya manufaktur.

Namun, karena ketebalan plat yang tidak seragam, hasil dari proses pembentukan seperti deep drawing berisiko mengalami cacat berupa kerutan. Untuk mengatasi hal ini, metode pengelasan laser telah banyak diterapkan dalam pembuatan TWB. Selain itu, pengelasan menggunakan sinar laser dan elektron menjadi pilihan utama karena mampu menghasilkan zona pengaruh panas (HAZ) dan zona leleh yang sangat sempit.

Kondisi ini memberikan keunggulan tersendiri, karena sifat material dasar hanya mengalami sedikit perubahan, sehingga kualitas material hasil sambungan tetap terjaga dibandingkan dengan metode pengelasan lainnya.

Salah satu keunggulan utama dari TWB adalah kemampuannya untuk menggabungkan berbagai jenis material seperti baja dan aluminium dalam satu komponen. Hal ini memungkinkan desainer untuk menambahkan kekuatan di area tertentu sambil mengurangi berat di bagian lain. Menurut penelitian oleh Azwinur et al. (2020), penggunaan TWB dalam industri otomotif membantu meningkatkan efisiensi bahan bakar dan mengurangi emisi gas rumah kaca dengan mengurangi berat kendaraan. Proses produksi TWB dimulai dengan pemotongan lembaran logam menjadi bentuk yang diinginkan sebelum digabungkan. Setelah pengelasan, lembaran-lembaran tersebut diproses lebih lanjut melalui metode seperti stamping atau deep drawing untuk membentuk komponen akhir. Chaudhani et al. (2020) mencatat bahwa penggunaan teknologi pengelasan modern, seperti laser welding, memungkinkan penggabungan lembaran dengan presisi tinggi, menghasilkan sambungan yang kuat dan minim distorsi.

TWB telah diterapkan secara luas dalam berbagai aplikasi industri, terutama dalam pembuatan komponen otomotif seperti panel pintu, fender, dan bagian chassis. Dengan kemampuan untuk menggabungkan berbagai jenis material, TWB juga membuka peluang baru dalam desain produk yang lebih kompleks dan efisien. Menurut Desmon et al. (2018), penelitian lebih lanjut mengenai parameter pengelasan dan sifat mekanik sambungan TWB sangat penting untuk meningkatkan kualitas produk serta efisiensi proses produksi.

Pengaruh temperatur pada proses pengelasan sangat penting karena akan memengaruhi kualitas sambungan las, sifat mekanik, serta struktur mikro material. Berikut: zona temperatur pengelasan, pengaruh temperatur yang lebih tinggi, pengaruh temperatur yang lebih rendah, pendingin dan struktur mikro.

2.5 Sifat Mekanik Material

Sifat mekanik adalah ukuran kemampuan suatu bahan dalam menahan atau menanggung gaya atau tegangan yang diberikan kepadanya. Saat bahan mengalami beban, atom-atom atau struktur molekul di dalamnya berada dalam keadaan seimbang. Gaya ikatan antar struktur tersebut berfungsi menahan setiap upaya yang mencoba mengganggu keseimbangan ini, seperti gaya eksternal atau beban yang diterapkan.

Untuk mengetahui sifat mekanik suatu bahan yang sangat penting dalam menjamin keamanan dan efisiensi penggunaannya diperlukan serangkaian pengujian. Salah satu metode yang paling umum dilakukan adalah uji lentur (uji bending). Pengujian ini berguna untuk mengukur tingkat kekuatan material serta mengenali karakteristik mekanik penting lainnya.

Berikut adalah beberapa sifat utama material yang biasanya diuji dan dianalisis melalui pengujian tersebut

2.5.1 Tegangan (*strength*)

Tegangan adalah konsep dalam keseimbangan statis yang menggambarkan hubungan antara gaya luar yang bekerja pada suatu benda dan gaya dalam yang menahan atau melawan gaya tersebut. Gaya yang bekerja pada permukaan dengan luas yang sangat kecil dapat dianggap sebagai gaya dalam yang sama dengan hasil

perkalian antara tegangan dan diferensial luas permukaan tempat tegangan itu bekerja. Berdasar kan konsep tersebut, hubungan ini dapat dirumuskan secara matematis dalam bentuk persamaan.

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana : σ = Tegangan(N/mm²)
 F = beban(N)
 A_0 = Luas penampang (mm²)

2.5.2 Regangan (*Strain*)

Regangan adalah pertambahan panjang tiap satu satuan panjang terhadap batang, Untuk deformasi yang relatif kecil ternyata sebanding dengan tegangan. Jadi dengan menentukan distribusi dari regangan, maka dengan sendirinya distribusi tegangan juga dapat ditentukan berdasarkan uraian diatas maka regangan dapat dirumuskan sebagai berikut

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana : ε = Regangan (%)
 Δl = pertambahan panjang (mm)
 l_0 = panjang mula – mula (mm)

2.5.3 Modulus elastis

Modulus elastis adalah konstanta yang menunjukkan hubungan linier antara tegangan dan regangan pada material. Nilai modulus ini sama dengan kemiringan garis lurus pada grafik tegangan terhadap regangan di sekitar titik nol. Dengan kata lain, modulus elastis atau yang sering disebut modulus

Young menggambarkan tingkat kekakuan suatu logam. Semakin besar nilai modulus Young, semakin kaku bahan tersebut. Besarnya nilai modulus elastis ditentukan oleh kekuatan gaya-gaya ikatan antar atom dalam struktur material tersebut. atom-atom jadi sifat modulus elastis adalah mekanis yang tidak peka terhadap strukturmikro dari suatu bahan.

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

Dimana : E = Modulus Elastis (pa)

σ = Tegangan (V)

ε = regangan (%)

2.5.4 Keuletan (*Ductility*)

Keuletan adalah sautu kemampuan logam untuk menyerap energy deformasi plastis. Kemampuan logam dalam hal ini sangat penting untuk bagian-bagian yang kadang harus menerima beban tegangan yang melebihi batas elastisitas terhadap material. Keuletan ini juga dapat didefinisikan sebagai kemampuan suatu material untuk mengalami deformasi plastis sebelum mencapai titik patah saat dikenakan beban pada saat melakukan uji bending.

2.5.5 Kekerasan (*hardness*)

kekerasan adalah sifat yang paling tidak jelas definisinya hal ini disebabkan karena banyaknya orang yang memberikan definisi dan cara mendefinisikannya yang diarahkan untuk keperluan bidang mereka masing-masing. salah satu definisi yang akan di utarakan disini adalah kekerasa (*hardness*) adalah ketahanan bahan terhadap penetrasi pada permukaanya. Kekerasan adalah suatu sifat dari bahan yang sangat penting karena banyak sifat-sifat yang lain yang berhubungan dengan kekerasannya.

2.5.6 Ketahanan (*durability*)

Ketahan adalah salah satu sifat mekanik material yang menunjukkan bahwa kemampuan material untuk menahan beban mekanik yang akan dilakukan terhadap material pada saat melakukan proses pengujian lentur atau uji bending. Ketahanan material ini juga tergantung pada pada jenis material yang aan di uji seperti material baja karbon biasa baja pelapukan atau baja yang tahan dengan karat.

2.5.7 Ketangguhan (*resilienci*)

Ketangguhan (*resilienci*) adalah kemampuan material untuk dapat bertahan dan pulih dari gangguan atau kesalahan yang terjadi pada selama melakukan proses pengujian. Ketangguhan ini juga penting untuk memastikan bahwa material dapat bertahan dan tetap berfungsi menghadapi beberapa kondisi yang buruk atau tidak terduga pada saat dikenakan beban ketika melakukan proses pengujian.

2.6 Uji lentur

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui sejauh mana sifat kelenturan dan kegetasan dari bahan serta mampu mengetahui deformasi dengan radius bengkok tertentu. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui energi tumbukan atau tegangan keuletan yang dapat ditahan material tersebut pada posisi daerah lasan (*welding metal*), pada pengujian kekuatan lentur ini juga sering dikatakan dengan uji bending yang dimana merupakan salah satu bentuk pengujian untuk menentukan mutu terhadap suatu material secara visual. Dengan uji bending atau uji lentur kita dapat mengevaluasi setiap kemampuan material yang akan kita uji sebagaimana material tersebut dapat menahan beban lentur hingga deformasi atau

keretakan terjadi. Dengan demikian proses pengujian bending ini dilakukan maka permukaan las mengalami tegangan tarik dan dasar las mengalami tegangan tekan, untuk mengetahui apakah timbul retak atau tidak pada hasil pengelasan.

Pengujian dilakukan untuk mengetahui sejauh mana sifat kelenturan dan kegetasan dari bahan serta mengetahui mampu deformasi dengan radius bengkok tertentu sedangkan metode pengujian yang dipakai adalah Triple Point yaitu benda uji ditumpu dengan satu tumpuan dibagian atas benda uji dan dua tumpuan dibagian bawah benda uji. Maka pada proses pengujian kekuatan lentur ini dapat dihitung data menggunakan rumus sebagai berikut. (Hadi, n.d.)

$$\sigma = \frac{3 fL}{2 b.h^2} \dots\dots\dots(2.4)$$

- Dimana :
- σ = tegangan lentur (Mpa)
 - F = Beban (N)
 - L = Jarak span (mm)
 - b = Lebar spesimen (mm)
 - h = Tebal spesimen (mm)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

3.1.1 Waktu

Adapun waktu penelitian yang dilaksanakan sejak tanggal di keluarkannya surat keputusan tugas akhir dan penentuan dosen pembimbing. Berikut tabel 3.1

Waktu pelaksanaan penelitian.

Tabel 3.1 Jadwal Tugas Akhir.

Aktifitas	2024					2025					
	Okt	Nov	Des	Jan	Feb	Mei	Juni	July	Agst	Sep	Okt
Pengajuan Judul	■										
Penulisan Proposal		■	■	■	■						
Seminar Proposal					■						
Pembuatan spesimen						■					
Pengujian							■				
Pengolahan data								■	■		
Seminar Hasil									■		
Evaluasi dan Persiapan										■	■
Sidang sarjana											■

3.1.2 Tempat

Adapun tempat pelaksanaan penelitian ini dalam rangka menyelesaikan tugas akhir di laboratorium Teknik Mesin Universitas Medan Area.

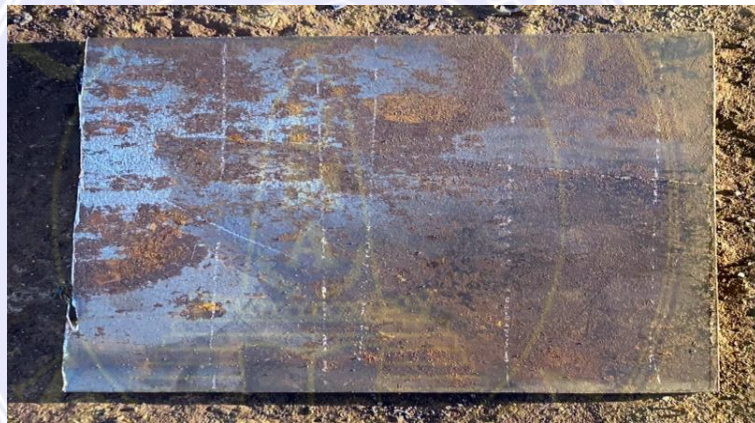
3.2 Bahan dan Alat

Bahan dan Alat yang digunakan pada penelitian tentang Analisis kekuatan pengelasan pada kekuatan lentur dari hasil pengelasan SMAW pada proses *Tailor Welded Blank* (TWB) menggunakan bahan logam yang berbeda ketebalan yaitu:

3.2.1 Bahan

1. Logam Baja ST 37

Baja ST 37 adalah salah satu jenis baja karbon rendah yang umum digunakan dalam konstruksi dan fabrikasi dikarenakan mudah dibentuk, dilas, dan dikerjakan. Dilihat pada Gambar 3.1 Berikut.(Hadi, n.d.)



Gambar 3.1. Plat Baja ST37.

Baja ini juga memiliki spesifikasi bahan seperti ditunjuk pada tabel 3.2 berikut ini.

Tabel 3.2 Spesifikasi Bahan Baja ST 37.

Jenis baja	Kandungan Karbon (%c)	Sifat Utama	Aplikasi umum
Baja Karbon Rendah	0,5%-0,25%	Mudah dibentuk dilas dan diperbaiki, memiliki kekutan dan kekerasan rendah	Struktur bangunan, jembatan, rangka Mesin, plat, pipa, profil Baja

Sumber: callister, w. D. (2007)

2. Elektroda

Elektroda adalah kawat las yang tersedia dari berbagai diameter pada penelitian ini type elektroda yang digunakan E6013 dengan diameter 2,6mm hingga 4mm dikarenakan elektroda ini lebih cocok untuk pengelasan horizontal dan vertikal terhadap ketebalan bahan yang berbeda. Dapat dilihat pada Gambar 3.2 berikut ini.



Gambar 3.2. Elektroda.

3.2.2 Alat

Alat-Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah antara lain:

1. Mesin Uji Lentur

Mesin uji Lentur ini adalah sebuah alat yang digunakan untuk mengukur kekuatan lentur terhadap material Logam dengan menggunakan

metode uji tiga titik agar dapat mengevaluasi kekuatan lentur dan kekauan bahannya. Dapat dilihat pada Gambar 3.3. berikut ini.



Gambar 3.3. Mesin uji Lentur.

2. Mesin Las SMAW

Mesin Las SMAW adalah proses pengelasan yang menggunakan busur listrik untuk mencairkan logam dan elektroda. Dapat kita lihat pada Gambar 3.4 berikut ini.



Gambar 3.4. Mesin Las SMAW.

3. Sikat Kawat

Digunakan untuk menghilangkan slag ini agar hasil las bersih dan siap untuk pengolahan lebih lanjut, dan juga dapat membantu memastikan

bahwa sambungan las lebih kuat dan bebas dari cacat atau masalah yang mungkin ada. Dapat dilihat pada Gambar 3.5 dibawah ini.



Gambar 3.5. Sikat Kawat.

4. Palu

Palu las digunakan untuk memukul dan mengangkat slag (lapisan oksida) yang terbentuk setelah proses pengelasan, sehingga hasil las menjadi lebih bersih. Dapat dilihat pada Gambar 3.6 Berikut.



Gambar 3.6. Palu.

3.3 Metode Penelitian

Dalam penelitian Analisis kekuatan lentur hasil pengelasan SMAW dalam proses *Tailor Welded Blank* (TWB) dengan bahan logam yang memiliki ketebalan berbeda, digunakan metode penelitian eksperimen dan metode observasi yang

dimana hasil pengujian diperoleh secara langsung melalui proses pengelasan yang dilakukan.

1. Studi literatur

Pada penelitian ini metode literatur adalah pendekatan pengumpulan data yang melibatkan penelusuran, kajian, dan analisis informasi yang telah tersedia dari berbagai sumber tertulis. Sumber-sumber ini dapat mencakup buku, jurnal ilmiah, artikel, tesis, dan dokumen lain yang relevan dengan topik penelitian.

2. Persiapan Alat dan Bahan

Pada penelitian ini yang paling utama adalah mempersiapkan bahan dan alat yang relevan dan memenuhi standar untuk menghindari kesalahan pada pengumpulan data pada saat melakukan pengujian kekuatan lentur.

3. Pembuatan spesimen

Pada penelitian ini dibuat spesimen untuk proses pembentukan dari hasil pengujian sesuai dengan standar ASTM E290 dapat dilihat pada Gambar 3.7. pengujian spesimen berikut ini.

4. Pengujian spesimen uji lentur/bending

Pengujian spesimen uji lentur pada penelitian ini digunakan untuk menentukan sifat mekanik bahan logam seperti baja karbon, agar dapat mengidentifikasi kekuatan dan kekakuan terhadap material sampai mencapai titik patah.

5. Validasi hasil pengujian

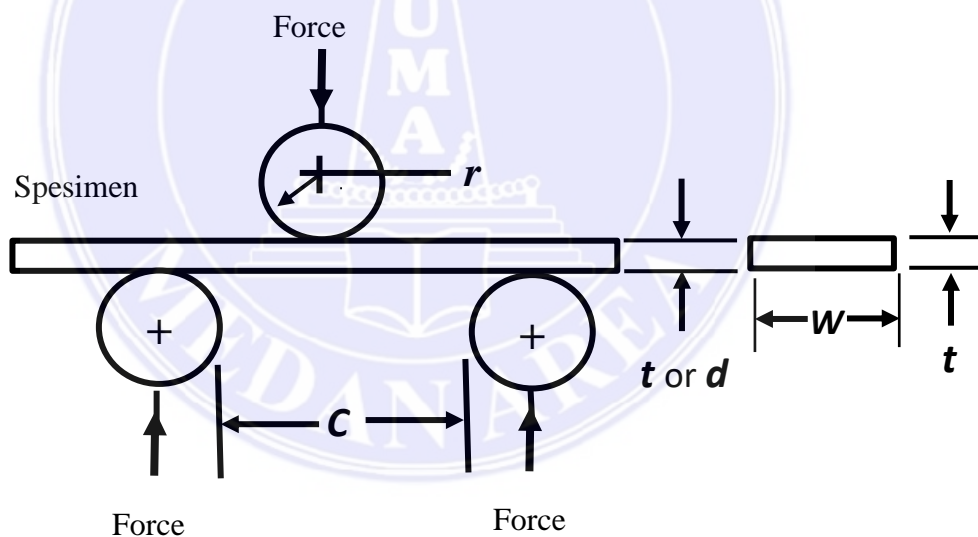
Pada penelitian ini dilakukan validasi hasil terhadap pengujian untuk memastikan akurasi dan keandalan data yang diperoleh dari pengujian yang telah dilakukan.

6. Validasi hasil pengujian

Pada penelitian ini dilakukan validasi hasil terhadap pengujian untuk memastikan akurasi dan keandalan data yang diperoleh dari pengujian yang telah dilakukan.

7. Analisis data

Pada penelitian ini analisis data sangat penting untuk mengumpulkan data, pengolahan data dan mengevaluasi data agar lebih mudah dipahami data dari hasil pengujian yang telah dilakukan terhadap bahan logam.



$$C = (2r + 3t) \pm t / 2$$

- C = jarak antara tumpuan bawah
- r = jari-jari ujung pin
- T = ketebalan Spesimen lembaran
- D = diameter benda Uji

Gambar 3.7. Dimensi Spesimen Uji Lentur.

ASTM E290-22 (*Standard Test Methods for Bend Testing of Material for Ductility*), salah satu standar terbaru yang disahkan pada tahun 2022, yang dimana standard ini digunakan untuk melakukan metode pengujian lentur (*bend testing*) yang bertujuan untuk mengukur duktilitas material yakni kemampuan material mengalami deformasi plastis tanpa retak saat ditekek.

3.4 Populasi Dan Sampel

Menurut buku metode penelitian dari hasil uji hipotesis menyatakan bahwa tidak ada perbedaan antara populasi dan sampel dikarenakan mempunyai tujuan yang sama yaitu mengumpulkan data hasil pengujian spesimen uji lentur (Sugiyono, 2019). dapat dilihat pada tabel 3.2 berikut ini,

Tabel 3.3. Hasil Pengujian Logam.

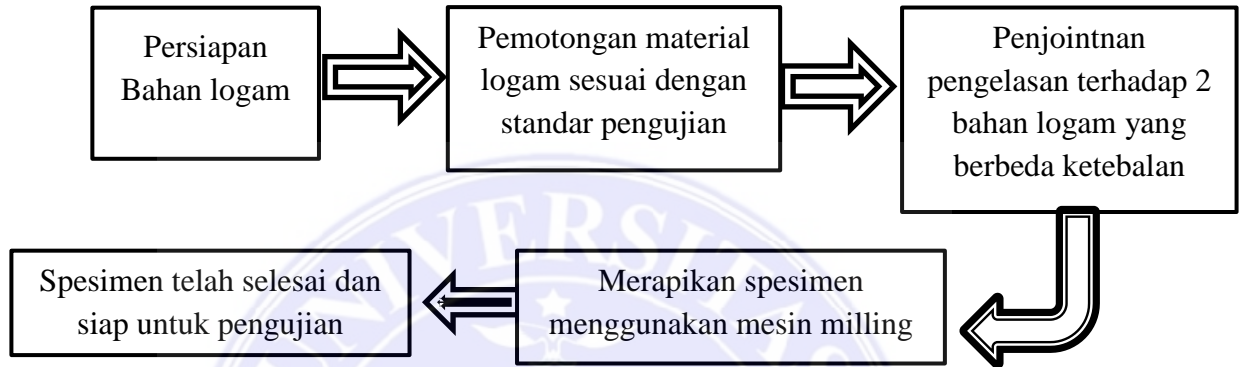
No	Material	L (mm)	Tebal (mm)	B (mm)	Kuat Arus (Ampere)	Jumlah
1	Baja ST 37	200	6 4	25	80	3
2	Baja ST 37	200	6 3	25	80	3
3	Baja ST 37	200	6 2	25	80	3

3.5 Prosedur Kerja

Pada prosedur kerja penelitian ini dimulai dari tahap pembelian bahan hingga dibentuk serta pengujian terhadap spesimen tersebut dapat dilihat sebagai berikut.

3.5.1 Prosedur pembuatan spesimen

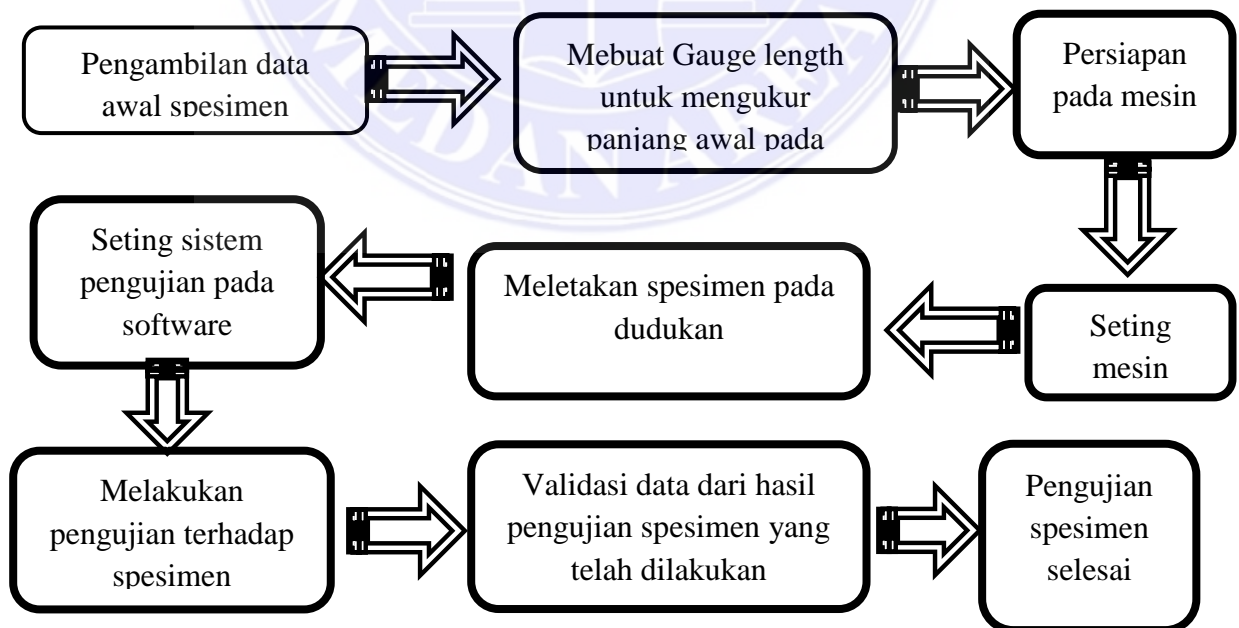
Pada prosedur pembuatan spesimen ini dilakukan dengan beberapa tahap salah satunya tahap persiapan bahan logam dengan berbeda ketebalan dimana 6mm 4mm 3mm dan 2mm dengan melakukan tekukan pada spesimen pengujian dapat dilihat pada diagram 3.8 berikut ini.



Gambar 3.8. Diagram Alir prosedur Pembuatan.

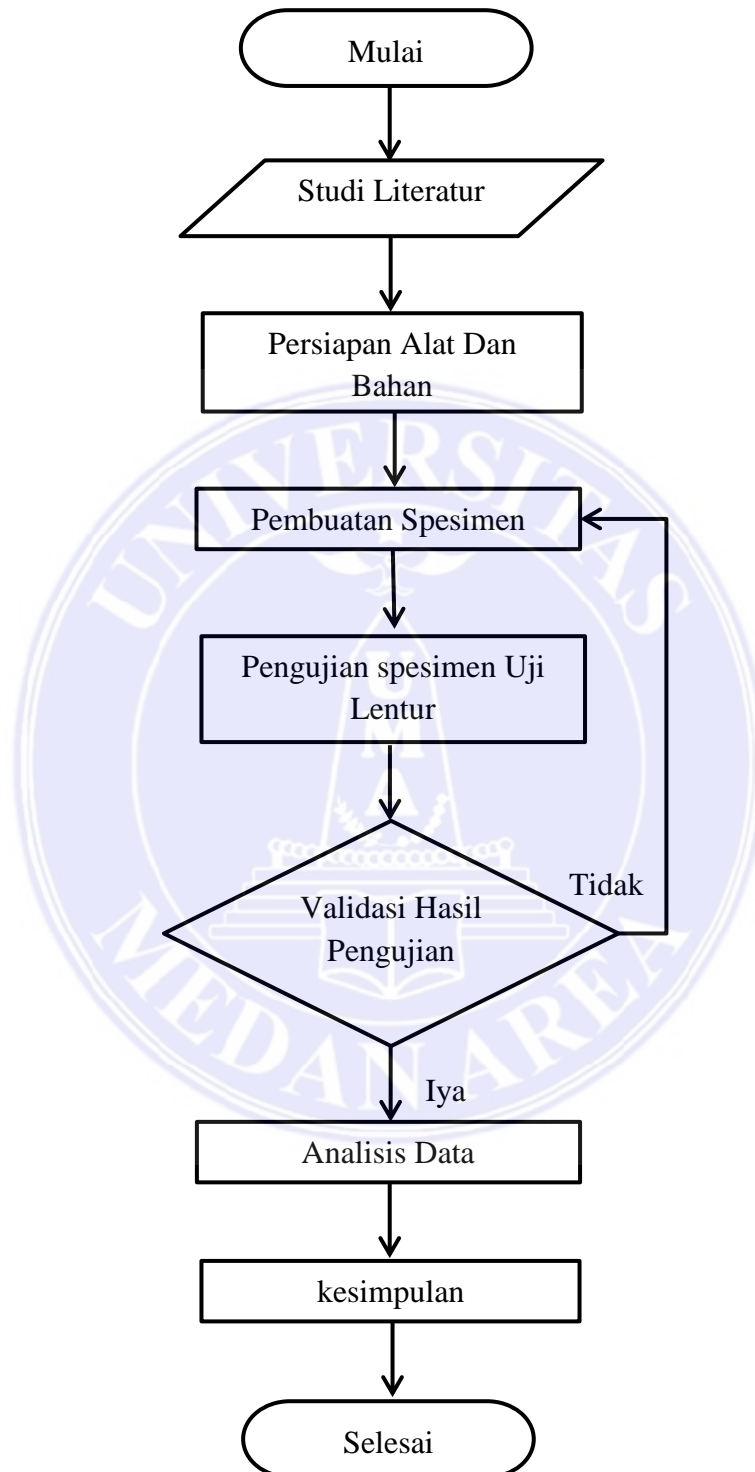
3.5.2 Prosedur pengujian

Pada proses pengujian lentur pada bahan logam dengan material baja meliputi beberapa tahapan yang dapat kita lihat pada diagram 3.9 berikut ini.



Gambar 3.9. Diagram Alir prosedur pengujian.

3.6 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.10. Diagram Alir

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Setelah mendapatkan hasil dari penelitian yang telah dilakukan penulis simpulkan sebagai berikut :

1. Spesimen yang telah siap dikerjakan menggunakan bahan Baja karbon rendah ST37 dengan berbagai variasi ketebalan yang berbeda berhasil dilakukan uji lentur dan mendapatkan hasil.
2. Jadi pengujian lentur setiap variasi bahan baja karbon rendah ST37 yang berbeda ketebalan menunjukkan bahwa spesimen yang lebih tipis akan terjadi lengkungan ketika mengalami beban saat melakukan pengujian.
3. Dari hasil analisa setelah melakukan pengujian diketahui nilai rata-rata setiap spesimen baja karbon rendah ST37 yang memiliki ketebalan yang berbeda dengan ketebalan 6mm dan 4mm dengan nilai rata-rata tegangan maksimum sebesar 2354,4 (Mpa) sedangkan spesimen ketebalan 6mm dan 3mm memiliki nilai tegangan maksimum sebesar 2866,7 (Mpa) dan nilai rata-rata dari ketebalan 6mm dan 2mm dengan nilai tegangan maksimum sebesar 5296,8 (Mpa).

5.2 Saran

Dari hasil analisa data yang telah didapat dalam melakukan pengujian ini serta kesimpulan dalam melakukan penelitian ini demi kesempurnaan maka peneliti sarankan.

1. Untuk penelitian lebih lanjut disarankan menggunakan variasi logam baja karbon rendah dan sedang.
2. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan bias lebih dikembangkan lagi drngan variasi yang berbeda agar dapat terciptanya penelitian yang baru.
3. Untuk penelitian lebih lanjut disarankan menggunakan pengujian yang berbeda



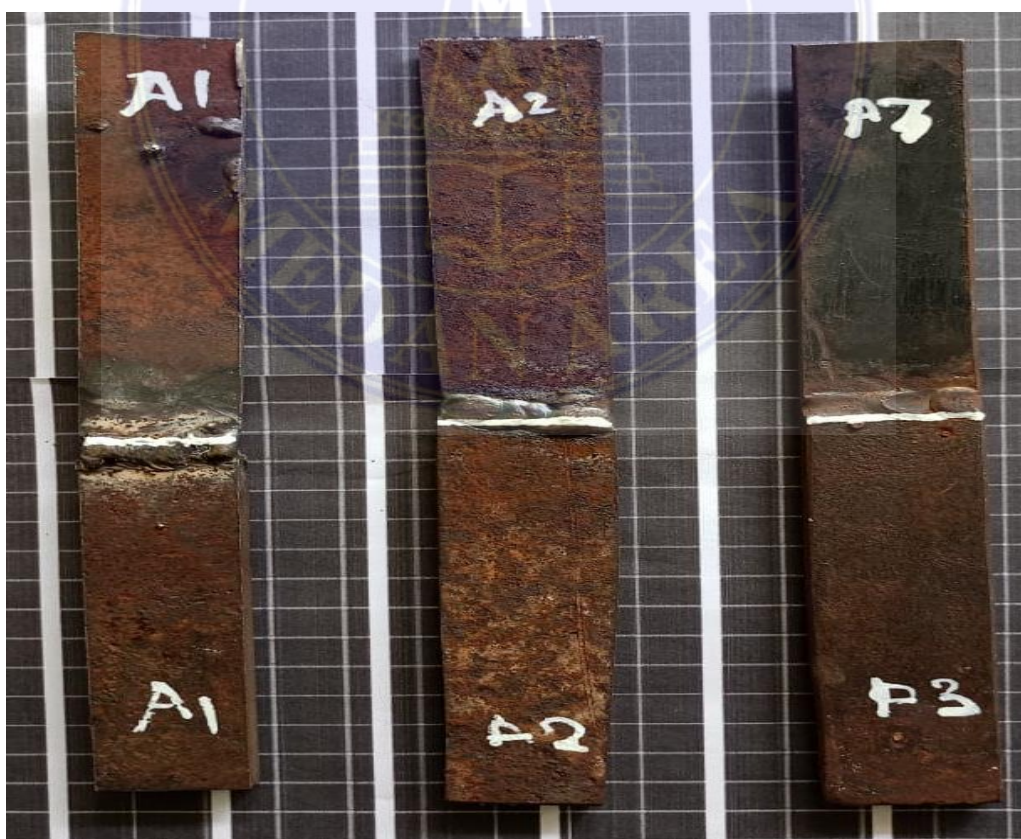
DAFTAR PUSTAKA

- Asmaun, A., Arodi, A., & Devi, D. (2020). Analisa Pengaruh Variasi Arus Listrik Pada Pengelasan Smaw Terhadap Kekerasan Dan Bending Pada Baja Karbon Rendah. *Teknik: Jurnal Teknik*, 7(2), 243. <https://doi.org/10.35449/teknika.v7i2.151>
- Dewanto, A. P., Amirudin, W., & Yudo, H. (2016). Analisa Kekuatan Mekanik Sambungan Las Metode Mig(*Metal Inert Gas*) Dan Metode Fsw(*Friction Stir Welding*) 800 Rpm Pada Alumunium Tipe 5083. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 4(3), 613–621.
- Dimiyati, D., Ashiedieque, A. D., & Dewadi, F. M. (2021). Evaluasi Kekuatan *Resistance Spot Welding* Pada Proses *Tailor Welded Blanks* Menggunakan *Mill-Steel* Beda Ketebalan. 02(01), 96–107.
- Fauzi, Y. R., Khalid, A., & Barry, A. (2022). Pengaruh variasi bevel pada proses pengelasan Smaw terhadap kekuatan tarik material. 3(2), 58–63.
- Hadi, E. S. (n.d.). Analisa Pengelasan *Mild Steel* (ST . 42) Dengan Proses Smaw , Fcaw dan Saw Ditinjau Dari Segi Kekuatan
- Lubis, R. W., Dharma, S., Rahmawaty, R., Sebayang, R., Bahri, N., & Aditya, M. A. (2024). Analisis Pengaruh Variasi Logam Pengisi (Filler) Pada Proses Pengelasan Gtaw Paduan Aluminium Terhadap Uji Kekerasan Dan Struktur Mikro. *SINERGI POLMED: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 5(2), 42–51. <https://doi.org/10.51510/sinergipolmed.v5i2.1581>
- Mechanical, J., Mesin, J. T., Teknik, F., & Lampung, U. (2010). Studi Kekuatan Sambungan Las Baja AISI 1045 dengan Berbagai Metode Posisi Pengelasan. 1, 43–53.
- Riandi Prayoga, F., & Dwi Haripriadi, B. (2024). Analisa Pengaruh Parameter Pengelasan Smaw Terhadap Kekuatan Sambungan pada Baja ST37. *Jurnal Ilmu Teknik*, 2(1), 70–78. <https://doi.org/10.62017/tektonik>
- Sugiyono. (2019). Metode penelitian kuantitatif,kualitatif dan R&D.
- Syahrani, A., & Sam, A. (n.d.). Variasi Arus Terhadap Kekuatan Tarik Dan *Bending* pada HASil Pengelasan Smaw

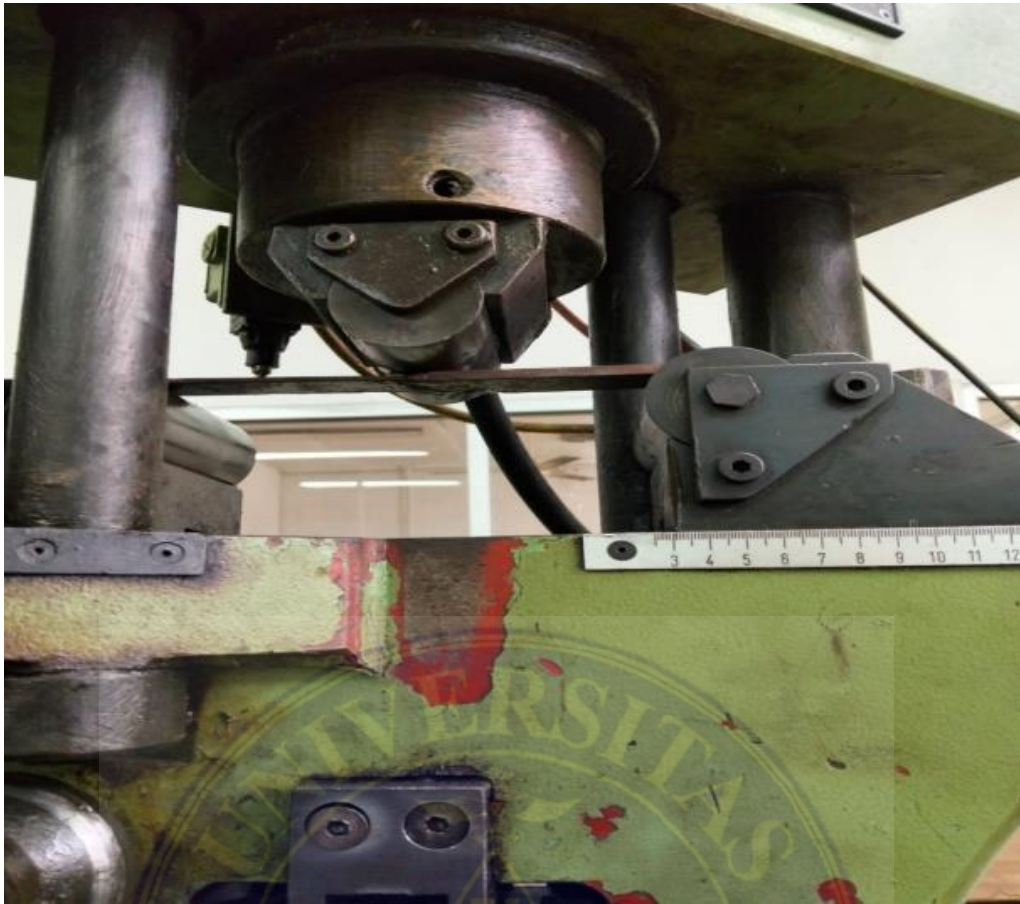
LAMPIRAN



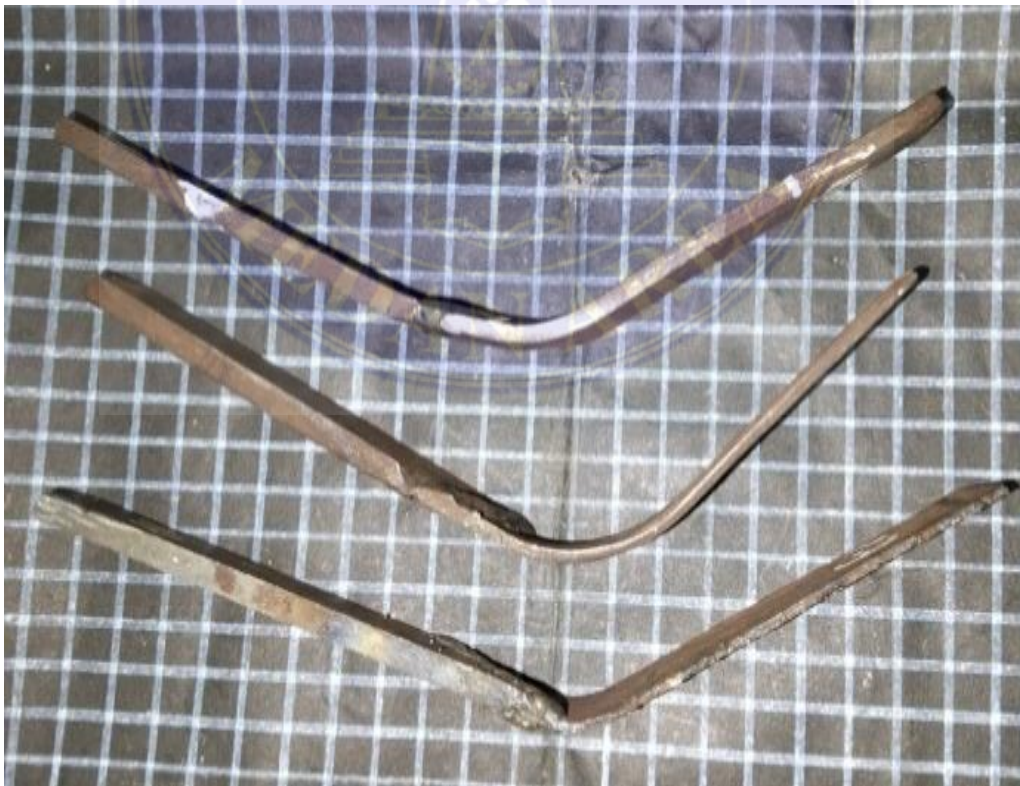
Lampiran 1. Spesimen pengelasan miring sebelum melakukan pengujian.



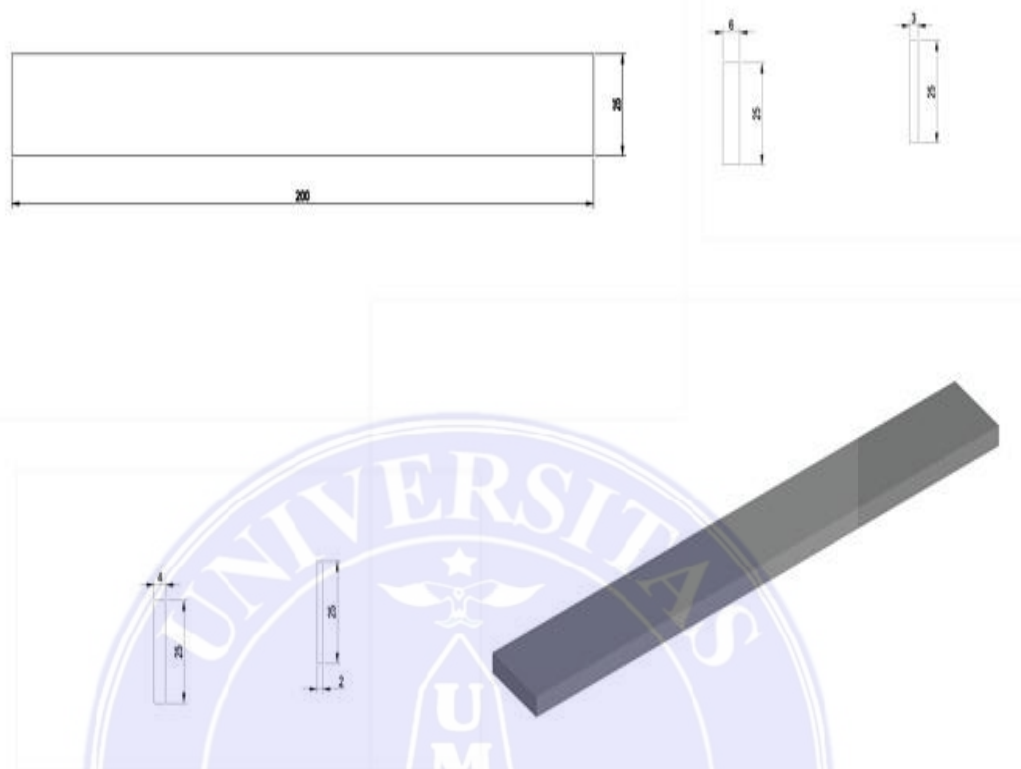
Lampiran 2. spesimen pengelasan lurus sebelum melakukan pengujian .



Lampiran 3. Gambar Universal Testing Mesin (UTM)



Lampiran 4. Gambar spesimen setelah melakukan pengujian



Lampiran 5. Gambar AutoCAD spesimen.



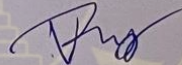
Lampiran 6. Gambar pembuatan Spesimen

DATA HASIL PENGUJIAN LENTUR BAHAN CARBON STEEL

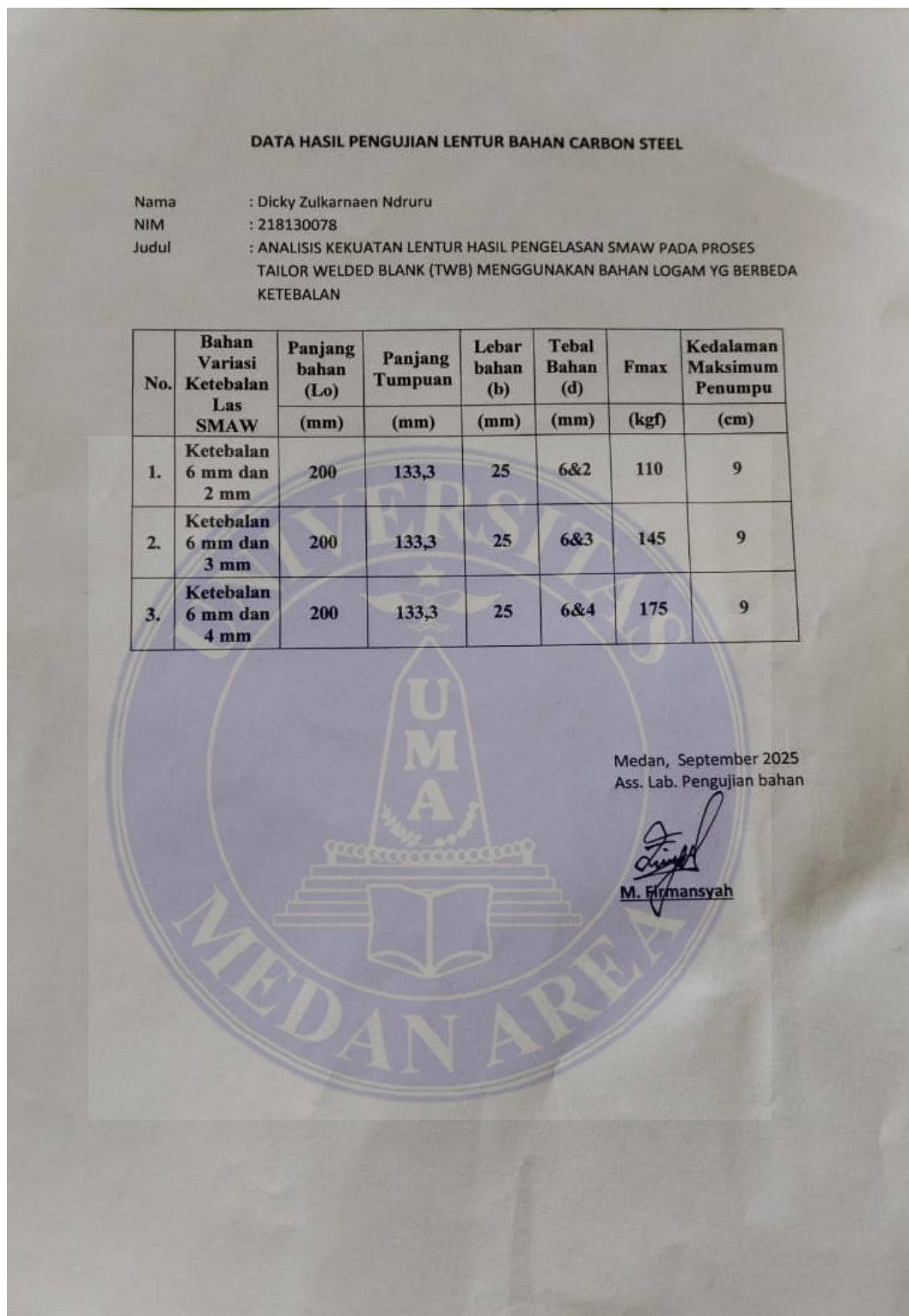
Nama : Dicky Zulkarnaen Ndruru
 NIM : 218130078
 Judul : ANALISIS KEKUATAN LENTUR HASIL PENGELASAN SMAW PADA PROSES TAILOR WELDED BLANK (TWB) MENGGUNAKAN BAHAN LOGAM YG BERBEDA KETEBALAN

No.	Bahan Variasi Ketebalan Las SMAW	Panjang bahan (Lo)	Lebar bahan (b)	Tebal Bahan (d)	F	Kedalaman Maksimum Penumpu
		(mm)	(mm)	(mm)	(kg)	(cm)
1	Ketebalan 6 mm dan 2 mm	200	25	6&2	200	9
2					180	9
3					160	9
4	Ketebalan 6 mm dan 3 mm	200	25	6&3	260	9
5					240	9
6					210	9
7	Ketebalan 6 mm dan 4 mm	200	25	6&4	350	9
8					320	9
9					290	9

Medan, September 2025
 Ass. Lab. Pengujian bahan


M. Fatih Abdillah

Lampiran 7. Data Hasil Pengujian Lentur Las Miring



Lampiran 8. Data Hasil Pengujian Lentur Pengelasan Lurus