

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

SKRIPSI

OLEH:

SAHAT HALOMOAN RAMBE

NIM. 218130049



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2026**

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 10/8/26

Access From (repository.uma.ac.id)10/8/26

**ANALISIS KEKUATAN TARIK HASIL PENGELASAN *MIG*
PADA PROSES *TAILOR WELDED BLANK (TWB)*
MENGUNAKAN BAHAN LOGAM BERBEDA KETEBALAN**

SKRIPSI

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh

Gelar Sarjana di Fakultas Teknik

Universitas Medan Area

OLEH:

SAHAT HALOMOAN RAMBE

NIM. 218130049

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2026**

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 10/8/26

Access From (repository.uma.ac.id)10/8/26

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Proposal : Analisis Kekuatan Tarik Hasil Pengelasan *MIG* Pada
Proses *Tailor Welded Blank (TWB)* Menggunakan
Bahan Logam Berbeda Ketebalan

Nama Mahasiswa : Sahat Halomoan Rambe
NIM : 218130049
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh
Komisi Pembimbing



Dr. Eng Rakhmad Arief Siregar, S.T. M.Eng.
Pembimbing



Dr. Eng. Supriatno., ST., MT
Dekan



Dr. Iswandi, ST., MT
Ka. Prodi

Tanggal Lulus: 20 April 2026

HALAMAN PERNYATAAN

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

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

Medan, 22 Oktober 2025



Sahat Halomoan Rambe
NPM: 218130049

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMISI**

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

Nama	: Sahat Halomoan Rambe
NPM	: 218130049
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-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul: “Analisis Kekuatan Tarik Hasil Pengelasan *MIG* Pada Proses *Tailor Welded Blank (TWB)* Menggunakan Bahan Logam Berbeda Ketebalan ”

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan) dengan Hak Bebas Royalti Nonekseklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalih media/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir/skripsi/tesis saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Dibuat di: Universitas Medan Area
Pada Tanggal : 25 mei 2026
Yang menyatakan :



(Sahat Halomoan Rambe)
NPM: 218130049

ABSTRAK

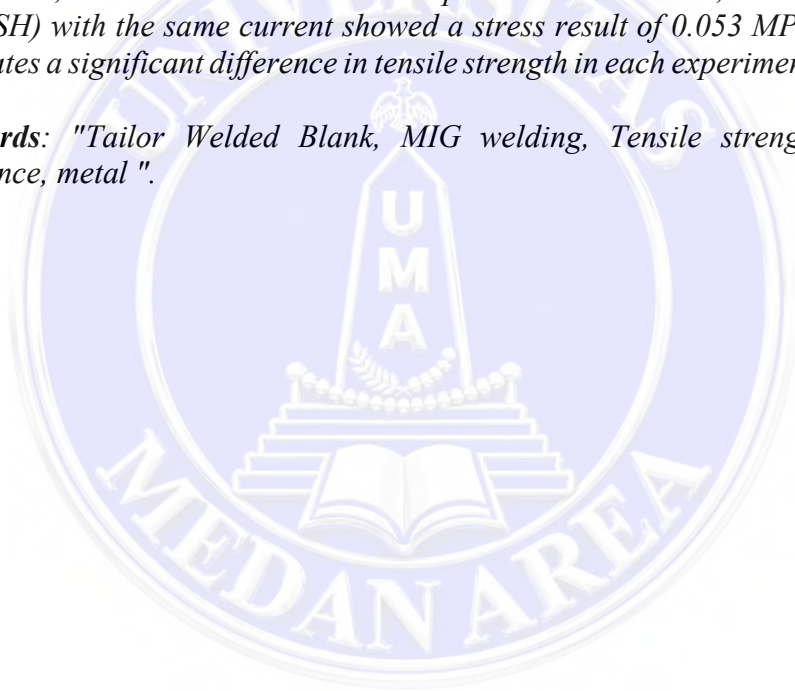
Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kekuatan tarik sambungan las hasil proses Metal Inert Gas (MiG) pada Tailor Welded Blank (TWB) yang menggabungkan logam dengan ketebalan berbeda. Tailor Welded Blank merupakan metode pengelasan yang banyak digunakan dalam industri otomotif dan manufaktur karena mampu menghasilkan struktur yang ringan namun tetap kuat. Dalam penelitian ini, material yang digunakan berupa baja karbon rendah dengan dua variasi ketebalan. Proses pengelasan dilakukan dengan parameter yang dikendalikan untuk memastikan kualitas sambungan yang seragam. Uji tarik dilakukan untuk mengetahui karakteristik mekanik dari sambungan, termasuk kekuatan tarik maksimum, regangan, serta lokasi terjadinya patahan. Penelitian ini membahas nilai kekuatan tarik dari tiga variasi percobaan dengan arus sebesar 80 ampere. Variasi pertama (ST) menunjukkan tegangan sebesar 0,12 MPa, 0,107 MPa, dan 0,067 MPa pada percobaan pertama, kedua, dan ketiga secara berurutan. Variasi kedua (kode SR) menghasilkan tegangan 0,133 MPa pada percobaan pertama, 0,093 MPa pada percobaan kedua, dan 0,08 MPa pada percobaan ketiga. Sedangkan variasi ketiga (kode SH) dengan arus yang sama menunjukkan hasil tegangan sebesar 0,053 MPa. Hasil ini menggambarkan perbedaan kekuatan tarik yang signifikan pada tiap variasi percobaan..

Kata kunci: “Tailor Welded Blank, pengelasan MIG, kekuatan Tarik, perbedaan ketebalan, logam.

ABSTRACT

This study aims to analyze the tensile strength of welded joints resulting from the Metal Inert Gas (MiG) process on Tailor Welded Blanks (TWB) that combine metals with different thicknesses. Tailor Welded Blank is a welding method widely used in the automotive and manufacturing industries because it is able to produce lightweight yet strong structures. In this study, the material used was low carbon steel with two thickness variations. The welding process was carried out with controlled parameters to ensure uniform joint quality. Tensile tests were conducted to determine the mechanical characteristics of the joint, including maximum tensile strength, strain, and fracture location. This study discusses the tensile strength values from three experimental variations with a current of 80 amperes. The first variation (ST) showed stresses of 0.12 MPa, 0.107 MPa, and 0.067 MPa in the first, second, and third experiments, respectively. The second variation (code SR) produced stresses of 0.133 MPa in the first experiment, 0.093 MPa in the second experiment, and 0.08 MPa in the third experiment. Meanwhile, the third variation (code SH) with the same current showed a stress result of 0.053 MPa. This result illustrates a significant difference in tensile strength in each experimental variation.

Keywords: "Tailor Welded Blank, MIG welding, Tensile strength, thickness difference, metal ".



RIWAYAT HIDUP

Penulis ini dilahirkan di Medan, pada tanggal 4 Februari 2002 dari ayah Asdi Parulian Rambe dan Ibunda Masawan Harahap . Penulis merupakan anak Pertama dari dua bersaudara.



Pada tahun 2021 penulis lulus dari SMK Swasta Mandiri Tembung dan terdaftar sebagai mahasiswa di Fakultas Teknik Mesin Universitas Medan Area. Sejalan dengan perkuliahan, tepatnya pada tahun 2021. Penulis melaksanakan Praktek Kerja Lapangan (PKL) di PT. Socfindo Indonesia (Socfindo) kebun mata pao yang terletak di kecamatan teluk mengkudu,kabupaten Serdang Bedagai, Sumatera Utara. Menjadi suatu kebanggaan bisa kerja praktek di PT. Socfindo bisa Mengenal dan tau proses pembuatan minyak dari sawit segar menjadi CPO.

KATA PEGANTAR

Puji Syukur saya panjatkan kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyusun skripsi dengan judul” ANALISIS KEKUATAN TARIK HASIL PENGELASAN *MIG* PADA PROSES *TAILOR WELDED BLANK (TWB)* MENGGUNAKAN BAHAN LOGAM BERBEDA KETEBALAN ”. Tersusunnya skripsi ini ditujukan sebagai pengajuan skripsi guna memperoleh gelar Sarjana di Program Studi Teknik Mesin (S1), Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Medan Area. Penulis menyadari bahwa dari awal hingga akhir penulisan skripsi ini, telah banyak memperoleh bantuan serta dukungan dari berbagai pihak yang sangat membantu dalam penyelesaian skripsi ini, sehingga pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng, M.Sc, selaku Rektor Universitas Medan Area.
2. Bapak Dr. Eng Supriatno, ST., MT. selaku Dekan Fakultas Teknik Mesin Universitas Medan Area.
3. Bapak Dr. Iswandi ST., MT. Selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area.
4. Bapak Dr.Eng. Rakhmad Arief Siregar,ST.,M.Eng. Selaku pembimbing pertama saya yang telah banyak memberikan saran dan masukan kepada penulis selama proses pengerjaan penelitian ini.
5. Kedua orang tua penulis yang sangat penulis cintai, dengan dukungan doa dan semangat serta arahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

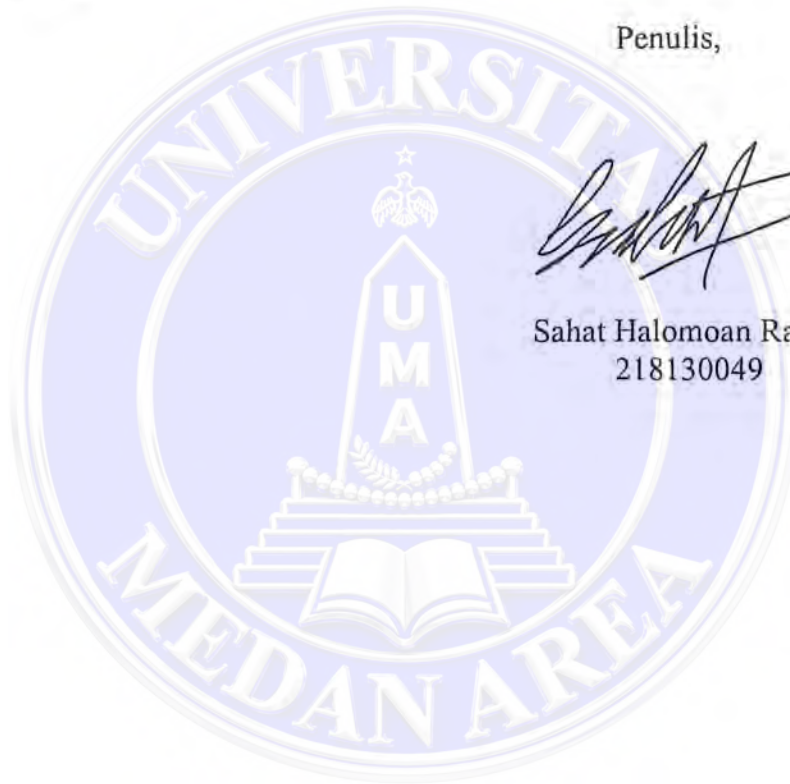
6. Teman seperjuangan saya di program studi teknik mesin kawan satu angkatan 2021, yang telah senantiasa memberikan dukungan dan motivasi, semoga selalu dalam kesuksesan.

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

Penulis,



Sahat Halomoan Rambe
218130049



DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT.....	vii
RIWAYAT HIDUP.....	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Hipotesis Penelitian.....	5
1.5 Manfaat Penelitian	5
1.5.1 Manfaat Teoritis	5
1.5.2 Manfaat Praktis	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Pengelasan.....	7
2.1.1 Las MIG (<i>Metal Inert Gas</i>)	8
2.1.2 Las TIG (<i>Tungsten Inert Gas</i>)	11
2.1.3 Las SMAW (<i>Shielded Metal Arc Welding</i>)	12
2.1.4 Las FCAW (<i>Flux Core Arc Welding</i>).....	13
2.2 Klasifikasi Cara Pengelasan	15
2.3 Jenis-Jenis Pengelasan.....	16
2.4 Kekuatan Tarik.....	20
2.5 Pengujian Kekuatan Tarik.....	21
2.6 Skema Uji Tarik	22

2.7	Tailor Welded Blank (TWB)	24
2.8	Teori Elastisitas	25
2.9	Tegangan	25
2.10	Regangan	26
2.11	Modulus Elastisitas	28
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		29
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian	29
3.1.1	Waktu Penelitian	29
3.1.2	Tempat Penelitian	29
3.2	Alat dan Bahan Penelitian	30
3.2.1	Alat	30
3.2.2	Bahan	35
3.3	Metode Penelitian	35
3.4	Populasi dan Sampel	37
3.5	Prosedur Kerja	37
3.5.1	Prosedur pembuatan spesimen	37
3.5.2	Prosedur pengujian spesimen	38
3.6	Diagram Alir Penelitian	39
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		40
4.1	Hasil	40
4.2	Pembahasan	47
4.2.1	Analisis Tegangan Tarik	47
4.2.2	Analisa Kekuatan Regangan	49
BAB V KESIMPULAN		55
5.1	Kesimpulan	55
5.2	Saran	56
DAFTAR PUSTAKA		57
LAMPIRAN		60

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 <i>Welding gun</i> las MIG(<i>metal inert gas</i>).	10
Gambar 2. 2 Klasifikasi Cara Pengelasan	16
Gambar 2. 3 Las MIG (<i>Metal Inert Gas</i>)	20
Gambar 2. 4 Skema Uji Tarik.....	23
Gambar 2. 5 Tegangan normal	26
Gambar 2. 6 Regangan	27
Gambar 2. 7 Kurva tegangan - regangan	28
Gambar 2. 8 Regangan elastisitas (a) karet gelang (b) pegas.....	28
Gambar 3. 1 Mesin Las MIG	30
Gambar 3. 2 Penggaris	31
Gambar 3. 3 Jangka Sorong	32
Gambar 3. 4 Busur	32
Gambar 3. 5 Sikat Las Kawat Baja	33
Gambar 3. 6 Mesin Uji Tarik	33
Gambar 3. 7 Helm Las	34
Gambar 4. 1 Baja ST 37 Ketebalan 2.....	40
Gambar 4. 2 Baja ST 37 Ketebalan 3.....	40
Gambar 4. 3 Baja ST 37 Ketebalan 4.....	41
Gambar 4. 4 Baja ST 37 Ketebalan 6.....	41
Gambar 4. 5 Pemotongan Plat.....	41
Gambar 4. 6 Plat yang sudah di potong	42
Gambar 4. 7 Proses pengelasan.....	42
Gambar 4. 8 Spesimen yang telah di las	42
Gambar 4. 9 Proses sekrup sesuai standart ASTM-A370	43
Gambar 4. 10 Daerah sambungan las butt weld yang sudah berbentuk dog bone. 43	
Gambar 4. 11 Variasi Baja Karbon ST37 Tebal 6 dan 4 6	44
Gambar 4. 12 Variasi Baja Karbon ST37 Tebal 6 dan 3	44
Gambar 4. 13 Variasi Baja Karbon ST37 Tebal 6 dan 2	45
Gambar 4. 14 Grafik Gaya	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 15 Grafik Gaya	46

Gambar 4. 16 hasil pengujian Tarik specimen yang berbeda ketebalan	47
Gambar 4. 17 Grafik Tegangan	49
Gambar 4. 18 Regangan	51



DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Jadwal Tugas Akhir	36
Tabel 3. 2 Populasi dan Sampel	44
Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Tarik Spesimen ST37 Berbeda Ketebalan	46
Tabel 4. 2 Kekuatan Tarik	49
Tabel 4. 3 Regangan.....	50



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam merancang suatu konstruksi permesinan atau bangunan yang menggunakan sambungan las, terdapat banyak faktor yang harus diperhatikan. Keahlian dalam mengelas, pengetahuan yang memadai tentang prosedur pengelasan, serta pemahaman mendalam tentang sifat-sifat bahan yang akan dilas merupakan aspek penting yang memengaruhi keberhasilan dan kualitas sambungan las. Prosedur pengelasan mencakup pemilihan parameter las, seperti tegangan busur las, besar arus las, penetrasi, kecepatan pengelasan, bentuk kampuh las, tebal pelat, jenis elektroda, dan diameter inti elektroda. Parameter-parameter ini sangat berpengaruh terhadap sifat mekanik logam las yang dihasilkan (Made & Muku, 2009).

Teknologi pengelasan adalah bagian integral dari teknologi manufaktur, yang memungkinkan penyambungan material secara efisien dan kuat. Pengelasan merupakan salah satu metode penyambungan selain sambungan baut dan keling. Perbedaannya terletak pada proses dan karakteristik: sambungan las memerlukan perhatian khusus pada jenis, klasifikasi, dan karakteristik proses. Menurut Deutsche Industrie Normen (DIN), pengelasan adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan cair. Pengelasan menggabungkan bahan dengan jenis yang sama menjadi satu melalui ikatan kimia yang terbentuk akibat panas dan tekanan (Siswanto, 2018).

Pengelasan didasarkan pada prinsip difusi, yang menyebabkan bagian bahan yang disambung menyatu. Keunggulan sambungan las meliputi konstruksi

yang ringan, kemampuan menahan kekuatan tinggi, kemudahan pelaksanaan, dan efisiensi biaya. Namun, kelemahan utamanya adalah terjadinya perubahan struktur mikro bahan yang dilas, yang dapat memengaruhi sifat fisik dan mekanis material. Perkembangan teknologi pengelasan terus mendorong inovasi yang signifikan, memungkinkan kemajuan yang berdampak besar di berbagai sektor industri, termasuk perbaikan metode produksi dan penghematan sumber daya (Djamiko, 2008).

Berbagai teknik pengelasan yang umum digunakan dalam dunia industri meliputi SMAW (Shielded Metal Arc Welding), FCAW (Flux-Cored Arc Welding), MIG (Metal Inert Gas), dan TIG (Tungsten Inert Gas). Proses SMAW, atau pengelasan busur listrik manual, dikenal karena kesederhanaan peralatannya dan kemampuannya untuk mengelas dalam berbagai posisi. Proses ini menggunakan elektroda berlapis fluks yang mencair dan melindungi logam cair dari kontaminasi udara, meskipun memerlukan pembersihan slag setelah pengelasan selesai (Ahmadi, 2015).

FCAW adalah proses pengelasan yang menggunakan kawat berinti fluks. Proses ini sangat cocok untuk pengelasan material tebal dan memberikan kecepatan pengelasan yang tinggi, tetapi cenderung menghasilkan lebih banyak percikan dan memerlukan pembersihan slag yang cukup signifikan. Keunggulan FCAW terletak pada efisiensi dan kemampuan beradaptasi dalam berbagai kondisi lingkungan, termasuk pengelasan di luar ruangan dengan kecepatan tinggi dan penetrasi yang dalam (Lin, 2012).

MIG menawarkan keunggulan dalam hal kecepatan dan kemudahan kontrol. MIG welding menghasilkan busur listrik antara elektroda kawat yang terus

menerus diberi makan dan benda kerja, dengan gas pelindung untuk mencegah kontaminasi. Metode ini sangat populer dalam produksi massal karena efisiensi dan kemampuan menghasilkan sambungan yang kuat dengan waktu pengelasan yang singkat.

Selain itu, TIG dikenal karena hasil lasnya yang berkualitas tinggi dan bebas dari percikan. Teknik ini menggunakan elektroda tungsten yang tidak meleleh, dan gas pelindung inert seperti argon untuk melindungi logam cair dari oksidasi. TIG welding memerlukan keterampilan yang tinggi dari operator, tetapi sangat ideal untuk mengelas material tipis dan logam yang sulit, seperti aluminium dan baja tahan karat. TIG welding memberikan kontrol yang presisi terhadap input panas, mengurangi kemungkinan distorsi material, dan menghasilkan sambungan yang sangat bersih dan kuat (Miller, 2017).

Dalam industri manufaktur, salah satu aplikasi pengelasan yang sangat penting adalah Tailor Welded Blanks (TWB). TWB memungkinkan penyambungan logam dengan ketebalan dan material yang berbeda, menciptakan produk yang lebih ringan dan efisien secara biaya dibandingkan dengan metode konvensional. Tailor Welded Blanks sering digunakan dalam industri otomotif untuk mengoptimalkan efisiensi bahan bakar dan mengurangi berat kendaraan tanpa mengorbankan kekuatan struktural. Teknologi ini memungkinkan perancangan yang lebih fleksibel dan presisi, menyesuaikan ketebalan material dengan beban yang akan diterima, serta mengurangi limbah material. Kimchi dan Gould (2005) menyebutkan bahwa TWB memberikan keunggulan dalam pengaturan distribusi material, yang tidak hanya meningkatkan efisiensi produksi tetapi juga berkontribusi pada keberlanjutan

lingkungan dengan pengurangan limbah dan penggunaan material yang lebih hemat (Dionisius et al., 2019)

Berdasarkan latar belakang tersebut, penulis tertarik untuk menganalisis kekuatan tarik hasil pengelasan MIG pada proses Tailor Welded Blanks (TWB) menggunakan bahan logam dengan ketebalan yang berbeda. Penelitian ini diharapkan memberikan wawasan yang bermanfaat dalam menentukan parameter pengelasan yang optimal dan dapat diterapkan dalam industri modern untuk meningkatkan efisiensi produksi, mengurangi biaya, serta memastikan kekuatan dan keandalan struktur yang dilas.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini yaitu: Bagaimanakah cara menganalisis kekuatan spesimen pengelasan MIG pada proses tailor welded blank (TWB) menggunakan bahan logam yang berbeda ketebalan hasil pengujian Tarik statis?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu :

1. Pembuatan spesimen uji tarik hasil pengelasan MIG pada proses tailor welded blank (TWB) menggunakan bahan logam yang berbeda ketebalan hasil pengujian tarik statis.
2. Pengujian spesimen uji tarik hasil pengelasan MIG pada proses tailor welded blank (TWB) menggunakan bahan logam yang berbeda ketebalan hasil pengujian tarik statis.

3. Analisis kekuatan spesimen pengelasan MIG pada proses tailor welded blank (TWB) menggunakan bahan logam yang berbeda ketebalan hasil pengujian tarik statis.

1.4 Hipotesis Penelitian

Adapun hipotesis dari penelitian ini yaitu:

1. Terdapat perbedaan signifikan dalam kekuatan tarik spesimen pengelasan MIG pada proses Tailor Welded Blank (TWB) yang menggunakan bahan logam dengan ketebalan berbeda.
2. Semakin tebal bahan logam yang digunakan dalam pengelasan, maka kekuatan tarik spesimen hasil pengelasan MIG akan meningkat.
3. Parameter pengelasan seperti arus dan kecepatan pengelasan berpengaruh signifikan terhadap kekuatan tarik spesimen TWB yang dihasilkan.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini yaitu :

1.5.1 Manfaat Teoritis

1. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan teori dalam bidang pengelasan, khususnya mengenai pengaruh ketebalan bahan terhadap kekuatan sambungan las. Ini akan memperkaya literatur yang ada dan memberikan pemahaman yang lebih baik tentang mekanisme pengelasan.
2. Hasil penelitian diharapkan dapat digunakan untuk memahami lebih dalam tentang parameter pengelasan yang optimal dan bagaimana parameter

tersebut mempengaruhi sifat mekanik dari sambungan las, sehingga dapat menjadi acuan bagi penelitian selanjutnya.

3. Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan model teoritis yang dapat digunakan untuk memprediksi kekuatan sambungan las berdasarkan variasi ketebalan bahan, yang berguna dalam perancangan dan analisis struktur.

1.5.2 Manfaat Praktis

1. Temuan dari penelitian ini diharapkan dapat diterapkan langsung dalam industri manufaktur untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas produk melalui pengoptimalan parameter pengelasan pada proses Tailor Welded Blanks (TWB).
2. Dengan memahami pengaruh ketebalan bahan terhadap kekuatan sambungan, diharapkan industri dapat menghasilkan produk yang lebih kuat dan tahan lama, mengurangi risiko kegagalan struktural.
4. Dengan menggunakan teknik pengelasan yang lebih efisien dan material yang tepat, diharapkan perusahaan dapat mengurangi biaya produksi, meningkatkan daya saing di pasar.
5. Hasil penelitian ini diharapkan bisa menjadi dasar untuk menyusun pedoman atau standar operasional prosedur (SOP) dalam proses pengelasan, sehingga meningkatkan konsistensi dan kualitas hasil las di lapangan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengelasan

Pengelasan adalah suatu aktifitas menyambung dua bagian benda atau lebih dengan cara memanaskan atau menekan atau gabungan dari keduanya sedemikian rupa sehingga menyatu seperti benda utuh. Penyambungan bisa dengan atau tanpa bahan tambah (*filler metal*) yang sama atau berbeda titik cair maupun strukturnya. Beberapa metode atau cara pengelasan telah ditemukan untuk membuat proses pengelasan dengan hasil sambungan yang kuat dan efisien. Pengelasan juga memberikan keuntungan baik itu dalam aspek komersil maupun teknologi (Sehono & Ilman, 2023) . Adapun keuntungan dari pengelasan adalah sebagai berikut :

1. Pengelasan memberikan sambungan yang permanen. Kedua bagian yang disambung menjadi satu kesatuan setelah dilas.
2. Sambungan las dapat lebih kuat daripada material induknya jika logam pengisi (*filler metal*) yang digunakan memiliki sifat-sifat kekuatan yang tinggi daripada material induknya, dan teknik pengelasan yang digunakan harus tepat.
3. Pengelasan biasanya merupakan cara yang paling ekonomis jika ditinjau dari harga pembuatannya dan segi penggunaannya.
4. Pengelasan tidak dibatasi hanya pada lingkungan pabrik saja, tetapi pengelasan juga dapat dilakukan atau dikerjakan di lapangan.

Berdasarkan masukan panas (*heat input*) utama yang diberikan kepada logam dasar, proses pengelasan dapat dibagi menjadi dua cara, yaitu (Wiryosumanto, 2000):

1. Pengelasan dengan menggunakan energi panas yang berasal dari fusion (nyala api las), contohnya: las busur (*arc welding*), las gas (*gas welding*), las sinar elektron (*electron discharge welding*), dan lain-lain.
2. Pengelasan dengan menggunakan energi panas yang tidak berasal dari nyala api las (*non fusion*), contohnya: *friction stirr welding* (proses pengelasan dengan gesekan), las tempa, dan lain-lain.

2.1.1 Las MIG (*Metal Inert Gas*)

Metal Inert Gas (MIG) adalah las busur gas dengan kawat las pengisi berfungsi sebagai elektroda yang diumpankan secara terus menerus selama pengelasan. Gas pelindung digunakan untuk melindungi daerah pengelasan yang mencair (*molten metal*) dari oksidasi oleh udara atmosfer. Gas pelindung yang digunakan biasanya adalah gas argon, helium atau campuran dari keduanya. Karena kedua gas tersebut harganya relatif mahal, maka gas CO₂ dapat menjadi alternatif (Sehono, 2024). Keuntungan las MIG jika dibandingkan las jenis lain antara lain:

1. Karena konsentrasi busur yang tinggi, maka busurnya sangat mantap dan percikannya sedikit sehingga memudahkan operasi pengelasan.
2. Karena dapat menggunakan arus yang tinggi, kecepatan pengelasan yang digunakan juga tinggi, sehingga efisiensinya sangat baik.
3. Deposit yang terbentuk cukup banyak.
4. Ketangguhan dan elastisitas, kedap udara dan sifat-sifat lainnya lebih

5. baik daripada hasil las dengan cara pengelasan lain.

Karena hal-hal tersebut di atas, maka las MIG banyak sekali digunakan dalam praktek terutama untuk pengelasan baja-baja kualitas tinggi seperti baja tahan karat, baja kuat dan logam-logam bukan baja yang tidak dapat dilas dengan cara lain. Kawat pengisi dalam las MIG biasanya diumpankan secara otomatis, sedangkan alat pembakarnya (*torch*) digerakkan dengan tangan.

Peralatan utama adalah peralatan yang berhubungan langsung dengan proses pengelasan, yakni minimum terdiri dari:

1. Mesin Las

Sistem pembangkit tenaga pada mesin GMAW pada prinsipnya adalah sama dengan mesin MMAW yang dibagi dalam 2 golongan, yaitu : Mesin las arus bolak balik (*Alternating Current / AC Welding Machine*) dan Mesin las arus searah (*Direct Current / DC Welding Machine*), namun sesuai dengan tuntutan pekerjaan dan jenis bahan yang dilas yang kebanyakan adalah jenis baja, maka secara luas proses pengelasan dengan GMAW adalah menggunakan mesin las DC (Djafar, 2012).

Umumnya mesin las arus searah (DC) mendapatkan sumber tenaga listrik dari trafo las (AC) yang kemudian diubah menjadi arus searah dengan *voltage* yang konstan (*constant-voltage*).

Pemasangan kabel-kabel las (pengkutuban) pada mesin las arus searah dapat diatur / dibolak-balik sesuai dengan keperluan pengelasan. Mesin las MIG merupakan mesin las DC, umumnya berkemampuan sampai 250 amper. Dilengkapi dengan sistem kontrol, penggulungkawat gas pelindung, system pendingin dan rangkaian lain. Sumber tenaga untuk Las MIG merupakan mesin las bertegangan

konstan. Tenaga yang dikeluarkan dapat berubah-ubah sendiri sesuai dengan panjang busur. Panjang busur adalah jarak antara ujung elektroda ke benda kerja. Panjang busur ini bisa distel. Bila busur berubah menjadi lebih pendek dari setelan semula, maka arus bertambah dan kecepatan kawat berkurang. Sehingga panjang busur kembali semula. Sebaliknya bila busur berubah menjadi lebih panjang, arus berkurang, kecepatan kawat elektroda bertambah. Dengan sistem otomatis seperti ini, yaitu mesin yang mengatur sendiri, maka panjang busur akan konstan dan hasil pengelasan akan tetap baik. (Susanta & Syauqi, 2023)

Umumnya mesin las arus searah (DC) mendapatkan sumber tenaga listrik dari trafo las (AC) yang kemudian diubah menjadi arus searah dengan voltage yang konstan. Pemasangan kabel-kabel las (pengkutuban) pada mesin las arus searah dapat diatur / dibolak-balik sesuai dengan keperluan pengelasan (Wartono et al., 2019), ialah dengan cara:

a. Pengkutuban langsung (*Direct Current Straight Polarity / DCSP / DCEN*)

Dengan pengkutuban langsung berarti kutub positif (+) mesin las dihubungkan dengan benda kerja dan kutub negatif (-) dihubungkan dengan kabel elektroda. Dengan hubungan seperti ini panas pengelasan yang terjadi 1/3 bagian panas memanaskan elektroda sedangkan 2/3 bagian memanaskan benda kerja.

b. Pengkutuban terbalik (*Direct Current Reverse Polarity / DCRP / DCEP*)

Pada pengkutuban terbalik, kutub negatif (-) mesin las dihubungkan dengan benda kerja, dan kutub positif (+) dihubungkan dengan elektroda. Pada hubungan semacam ini panas pengelasan yang terjadi 1/3 bagian panas memanaskan benda kerja dan 2/3 bagian memanaskan elektroda.

2. Kawat Elektroda (*Wire Feeder*)

Kawat elektroda adalah. Alat utama pada pengelasan dengan MIG. Alat ini biasanya tidak menyatu dengan mesin las, tapi merupakan bagian yang terpisah dan ditempatkan berdekatan dengan pengelasan. Fungsinya adalah sebagai berikut:

- a. Menempatkan rol kawat elektroda.
- b. Menempatkan kabel las (termasuk *welding gun* dan *nozzle*) dan sistem saluran gas pelindung.
- c. Mengatur pemakaian kawat elektroda (sebagai tipe mesin, unit pengontrolannya terpisah dengan *wire feeder unit*).
- d. Mempermudah proses/penanganan pengelasan, dimana *wire feeder* tersebut dapat dipindah-pindah sesuai kebutuhan.

Pada dasarnya terdapat tiga jenis *wire feeder*; yaitu jenis dorongan jenis tarik, jenis dorongan tarik. Perbedaannya adalah dari cara mengerakan elektroda dari spool ke torch. Kecepatan dari *wire feeder* dapat ditiru mulai dari 1 hingga 22 m/menit pada mesin las MIG performa tinggi, kecepatannya dapat mencapai 30 m/menit.

Untuk jenis rolnya wirefeeder dibagi dalam dua jenis yaitu sistem 2 (dua) rol dan sistem 4 (empat) rol. Sedangkan menurut bidang kontaknya rol dari wirefeeder dapat dibagi menjadi jenis trapesium halus, jenis setengah lingkaran halus, dan jenis setengah lingkaran kasar (Ferry Budhi Susetyo, 2017).

3. *Welding Gun*

Menurut Cary and Helzer (2005), *welding gun* merupakan perangkat utama yang digunakan untuk memfasilitasi pengelasan dengan mengarahkan panas dari sumber energi ke area sambungan. *Welding gun* juga berfungsi untuk mengontrol

suplai elektroda atau kawat las serta distribusi gas pelindung yang diperlukan untuk melindungi area pengelasan dari kontaminasi atmosfer.(Susetyo & Budhi, 2017)

Selain itu, menurut Kou (2003), welding gun dirancang untuk memberikan kemudahan dalam mengoperasikan berbagai metode pengelasan, seperti MIG/MAG, TIG, dan plasma arc welding. Alat ini memastikan bahwa suplai material pengisi, gas pelindung, dan panas terkonsentrasi pada area yang tepat untuk menghasilkan sambungan yang kuat dan berkualitas tinggi.(Sindo Kou, 2003)



Gambar 2. 1 *Welding gun* las MIG(*metal inert gas*).

4. Kabel las

Penggunaan kabel pada mesin las hendaknya disesuaikan dengan kapasitas arus maksimum dari pada mesin las. Makin kecil diameter kabel atau makin panjang ukuran kabel, maka tahanan kabel akan naik, sebaliknya makin besar diameter kabel dan makin pendek maka hambatan akan rendah. Pada ujung kabel las biasanya dipasang sepatu kabel untuk pengikatan kabel pada terminal mesin las dan pada penjepit elektroda maupun pada penjepit masa.

5. Gas pelindung

Gas pelindung untuk MIG adalah pelindung untuk mempertahankan / menjaga stabilitas busur dan perlindungan cairan logam las dari kontaminasi selama pengelasan, terutama dari atmosfer dan pengotoran daerah las.

6. Pipa kontak

Pipa pengarah elektroda biasa juga disebut pipa kontak. Pipa kontak terbuat

dari tembaga, dan berfungsi untuk membawa arus listrik ke elektroda yang bergerak dan mengarahkan elektroda tersebut ke daerah kerja pengelasan. Torch dihubungkan dengan sumber listrik pada mesin las dengan menggunakan kabel. Karena elektroda harus dapat bergerak dengan bebas dan melakukan kontak listrik dengan baik, maka besarnya diameter lubang dari pipa kontak sangat berpengaruh. *Nozzel* gas pelindung (Sindo Kou, 2003)

Nozzel gas pelindung akan mengarahkan jaket gas pelindung kepada daerah las *Nozzel* yang besar digunakan untuk proses pengelasan dengan arus listrik yang tinggi. *Nozzel* yang lebih kecil digunakan untuk pengelasan dengan arus listrik yang lebih kecil.

2.1.2 Las TIG (*Tungsten Inert Gas*)

Awal mengelas, perlu ditetapkan teknik mana yang hendak diterapkan ketika mengelas. Saat penentuan metode pengelasan yang hendak dipakai, keperluan las dan material yang hendak di las harus dipertimbangkan. Dalam penelitian ini, proses las dilakukan memakai teknik pengelasan TIG. Las TIG sering digunakan untuk mengelas aluminium. Hal tersebut karena gas tungsten menolak oksigen, menciptakan oksida logam yang cukup berat. (Romli, 2012: 10).

TIG (*Tungsten Inert Gas*) merupakan las memanfaatkan busur api yang diperoleh dari elektroda tungsten tetap. Komposisi aditif adalah material yang serupa atau mirip material yang hendak di las serta pisah dari tembakan las (Sriwidharto, 1996: 15).

Las busur listrik yang memiliki proteksi gas dikatakan TIG (*Tungsten Inert Gas*). Tipe alat las busur listrik berpelindung gas ini merupakan metode las di mana

gas ditiupkan menuju area pengelasan guna menghalangi busur serta metal cair dari oksigen lingkungan (oksidasi). Pemakaian gas menjadi penghalang ialah gas karbon dioksida (CO₂), argon (Ar), helium (He), atau gabungan gas ini.

Wiryosumarno dan Okumara (2000: 17) menyebutkan, pemakaian pengelasan TIG memiliki dua benefit, yakni, laju umpan metal pengisi bisa diatur secara independen dari besar arus listrik sehingga penetrasi ke dalam logam masukan dapat disusun sesuka hati. Benefit selanjutnya yaitu mutu area pengelasan yang cukup bagus. Maka, TIG umumnya dipakai guna pengelasan baja berkualitas bagus misalnya stainless steel, baja kuat panas serta dipakai pengelasan metal non-baja.

2.1.3 Las SMAW (Shielded Metal Arc Welding)

Pengelasan metode SMAW merupakan pengelasan dengan elektroda terbungkus, metode ini sangat banyak digunakan dalam pembangunan kapal dan reparasi kapal, disamping harga yang terjangkau, juga dikarenakan pengelasan dengan metode SMAW sangat fleksibel dalam penggunaannya. Baik itu pengelasan dengan posisi datar, horizontal, tegak (vertikal), ataupun posisi diatas kepala (overhead).

Dalam pengelasan, ada beberapa bagian bahan yang mempunyai sifat kekuatan bahan akibat proses pengelasan, diantaranya adalah : (1). Base metal (logam induk) merupakan bagian logam yang tidak mengalami perubahan struktur akibat pengelasan, (2). HAZ (Heat Affected Zone) merupakan daerah terpengaruh panas, daerah ini adalah yang paling lemah baik kekerasannya, keuletan dan tegangannya, karena struktur kristalnya banyak berubah, (3) Weld metal (logam las) merupakan logam las yang mencair dan melebur bersama logam induk, daerah

ini adalah yang paling baik kekerasan dan tegangan tarik jika dalam pelaksanaan pengelasan memenuhi standard.

Prinsip kerja las busur listrik elektrode terbungkus (SMAW) yaitu dimulai ketikanya api elektrik menyentuh ujung elektrode dengan benda kerja. Dua logam yang konduktif jika dialiri listrik dengan tegangan yang relatif rendah akan menghasilkan loncatan elektron yang menimbulkan panas yang sangat tinggi, dapat mencapai 5000°C yang dapat mencairkan kedua logam tersebut. (Zamil, 2019)

Menurut Ir. Soeweify, M.Eng. pengelasan dengan metode SMAW (Shield Metal Arc Welding) mempunyai beberapa keuntungan, sehingga penggunaannya cukup luas, diantaranya adalah :

- a. Cara pengelasan ini dapat dikatakan cukup fleksibel, dapat menyambung logam yang mempunyai ketebalan tipis hingga tebal dengan bermacam – macam posisi pengelasan.
- b. Lebih ekonomis karena modal yang diperlukan relatif kecil serta biaya pemeliharannya lebih murah.
- c. Penggunaannya lebih mudah, sehingga tidak terlalu sukar untuk melatih calon welder yang belum biasa.

2.1.4 Las FCAW (*Flux Core Arc Welding*)

Salah satu proses pengelasan yang digunakan dalam proses fabrikasi kapal adalah *fluxed core arce welding* (FCAW). Proses ini banyak digunakan untuk menyambungkan plat baja yang berukuran panjang. Dalam proses pengelasan FCAW, *arc* dipertahankan antara *fed filler metal electrode* dan kolam las. *Arc* dan kolam las kemudian akan dilindungi oleh terak dari kontaminasi yang terbentuk akibat reaksi fluks.

Berdasarkan mekanisme perlingkungannya, proses pengelasan ini terbagi menjadi 2, yaitu *self shielded* FCAW dan *shielded* FCAW. Pada *self shielded* FCAW, pelindung dapat diperoleh dengan fluks yang terkandung di dalam elektroda tubular. Sementara pada *shielded* FCAW, perlindungan diperoleh dengan memasok gas pelindung eksternal (Maharini, 2015)

Elektroda *flux-cored* merupakan elektroda logam pengisi berbentuk tubular berbahan komposit dengan selubung logam yang mengandung inti dari berbagai bahan bubuk yang digunakan dalam pengelasan ini. Penutup terak yang luas diproduksi selama pengelasan. *Self shielded* FCAW melindungi logam cair melalui dekomposisi dan penguapan inti fluks oleh panas busur. *Shielded* berpelindung gas menggunakan aliran gas pelindung selain aksi inti fluks. (Susanta & Syauqi, 2023)

Metode perlindungan mandiri dapat digunakan untuk hampir semua aplikasi yang biasanya dilakukan dengan proses SMAW, dan proses berpelindung gas (FCAW-S) mencakup sebagian besar aplikasi yang akan menggunakan proses GMAW.

Proses pengelasan FCAW memiliki produktivitas yang lebih tinggi daripada proses SMAW. Ini merupakan keuntungan utama yang dimiliki oleh proses pengelasan ini. Namun, biaya peralatan yang dibutuhkan dari proses ini lebih tinggi, persiapan dan pengoperasian lebih rumit, dan ada batasan jarak pengoperasian dari pengumpan kawat elektroda bila dibandingkan dengan proses pengelasan lainnya. Selain itu, keberadaan *filler metal* dan kombinasi fluks yang sesuai untuk berbagai logam dan paduan yang terbatas menjadi faktor lain yang harus dipertimbangkan dalam penggunaan proses ini. (Bhirawa, 2015)

Proses FCAW menghasilkan asap dalam jumlah besar, yang harus dibuang demi keselamatan orang-orang di sekitar tempat kerja. Demikian pula, terak harus dihilangkan di antara lintasan untuk menjaga lasan bebas dari inklusi terak.

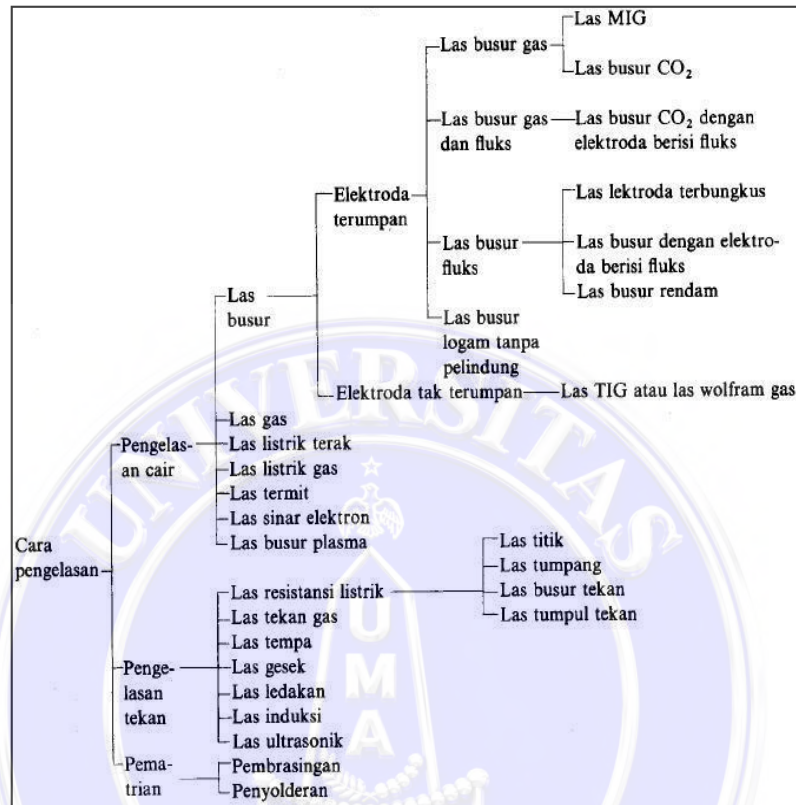
2.2 Klasifikasi Cara Pengelasan

Sampai pada waktu ini banyak sekali cara-cara pengklasifikasian yang digunakan dalam bidang las, ini disebabkan karena belum adanya kesepakatan dalam hal tersebut. Secara konvensional cara-cara pengklasifikasian tersebut dapat dibagi dalam dua golongan yaitu: klasifikasi berdasarkan cara kerja dan klasifikasi berdasarkan energi yang digunakan (Wiryosumarto, 2000). Klasifikasi yang pertama membagi las dalam kelompok las cair, las tekan, las patri dan lain-lain. Sedangkan klasifikasi yang kedua membedakan adanya kelompok-kelompok seperti las listrik, las kimia, las mekanik dan lain-lain. Bila diadakan klasifikasi yang lebih terperinci lagi, maka kedua klasifikasi tersebut di atas akan terbaaur dan akan terbentuk kelompok-kelompok yang banyak sekali. (Maharini, 2015)

Diantara kedua cara klasifikasi tersebut di atas, klasifikasi berdasarkan cara kerja lebih banyak digunakan. Berdasarkan klasifikasi ini, pengelasan dapat dibagi dalam tiga kelas utama yaitu (Wiryosumarto, 2000):

1. Pengelasan cair adalah cara pengelasan dimana sambungan dipanaskan sampai mencair dengan sumber panas dari busur listrik atau semburan api gas yang terbakar.
2. Pengelasan tekan adalah cara pengelasan dimana sambungan dipanaskan dan kemudian ditekan hingga menjadi satu.

3. Pematrian adalah cara pengelasan dimana sambungan diikat dan disatukan dengan menggunakan paduan logam yang mempunyai titik cair rendah. Dalam cara ini logam induk tidak turut mencair.



Gambar 2. 2 Klasifikasi Cara Pengelasan

2.3 Jenis-Jenis Pengelasan

Jenis atau klasifikasi pengelasan cara pengelasan yang banyak digunakan saat ini adalah pengelasan cair dengan busur dan dengan gas. Adapun dari kedua jenis tersebut akan dijelaskan sebagai berikut

1. Las Busur Listrik

Las busur listrik adalah cara pengelasan dengan mempergunakan busur nyala listrik sebagai sumber panas pencair logam. Klasifikasi las busur listrik yang digunakan hingga saat ini dalam proses pengelasan adalah las elektroda terbungkus (Wiryosumarto, 2000).

Prinsip pengelasan las busur listrik adalah sebagai berikut: arus listrik yang cukup padat dan tegangan rendah bila dialirkan pada dua buah logam yang konduktif akan menghasilkan loncatan elektroda yang dapat menimbulkan panas yang sangat tinggi mencapai suhu 5000o C sehingga dapat mudah mencair kedua logam tersebut (Wiryosumarto, 2000).

Proses pemindahan logam cair seperti dijelaskan diatas sangat mempengaruhi sifat maupun las dari logam, dapat dikatakan bahwa butiran logam cair yang halus mempunyai sifat mampu las yang baik. Sedangkan proses pemindahan cairan sangat dipengaruhi oleh besar kecilnya arus dan komposisi dari bahan fluks yang digunakan. Selama proses pengelasan, fluks yang digunakan untuk membungkus elektroda sebagai zat pelindung yang sewaktu pengelasan juga ikut mencair. Tetapi karena berat jenisnya lebih ringan dari bahan logam yang dicairkan, maka cairan fluks tersebut mengapung diatas cairan logam dan membentuk terak sebagai penghalang oksidasi. Dalam beberapa fluks bahan tidak terbakar, tetapi berubah menjadi gas pelindung dari logam cair terhadap oksidasi (Wiryosumarto, 2000).

2. Busur Logam Gas (*Gas Metal Arc Welding*)

Proses pengelasan dimana sumber panas berasal dari busur listrik antara elektroda yang sekaligus berfungsi sebagai logam yang terumpan (filler) dan logam yang dilas. Las ini disebut juga metal inert gas welding (MIG) karena menggunakan gas mulia seperti argon dan helium sebagai pelindung busur dan logam cair (Wiryosumarto, 2000).

3. Las Busur Rendam (*Submerged Arc Welding*/SAW)

Proses pengelasan dimana busur listrik dan logam cair tertutup oleh lapisan serbuk fluks sedangkan kawat pengisi (filler) diumpankan secara bertahap.

Pengelasan ini dilakukan secara otomatis dengan arus listrik antara 500-2000 Ampere (Wiryosumarto, 2000).

4. Las Busur Elektroda Terbungkus (*Shielded Metal Arc Welding/SMAW*)

Proses pengelasan dimana panas dihasilkan dari busur listrik antara ujung elektroda dengan logam yang dilas. Elektroda terdiri dari kawat logam sebagai penghantar arus listrik ke busur dan sekaligus sebagai bahan pengisi (filler). Kawat ini dibungkus dengan bahan fluks. Biasanya dipakai arus listrik yang tinggi (10-500 A) dan potensial yang rendah (10-50 V). Selama pengelasan, fluks mencair dan membentuk terak (slag) yang berfungsi sebagai lapisan pelindung logam las terhadap udara sekitarnya. Fluks juga menghasilkan gas yang bisa melindungi butiran-butiran logam cair yang berasal dari ujung elektroda yang mencair dan jatuh ke tempat sambungan (Wiryosumarto, 2000).

5. Las Oksi Asetilen (*Oxy Acetylene Welding*)

Las oksi asetilen adalah salah satu jenis pengelasan gas yang dilakukan dengan membakar bahan bakar gas dengan O₂ sehingga menimbulkan nyala api dengan suhu yang dapat mencairkan logam induk dan logam pengisi. Bahan bakar yang biasa digunakan adalah gas asetilen, propan, atau hidrogen. Dari ketiga bahan bakar ini yang paling banyak digunakan adalah gas asetilen, maka dari itu pengelasan ini biasa disebut dengan las oksi asetilen (Wiryosumarto, 2000).

6. Las Busur Tungsten Gas Mulia (*Gas Tungsten Arc Welding/GTAW*)

Proses pengelasan di mana sumber panas berasal dari loncatan busur listrik antara elektroda terbuat dari *wolfram/tungsten* dan logam yang dilas. Pada pengelasan ini logam induk (logam asal yang akan disambung dengan metode

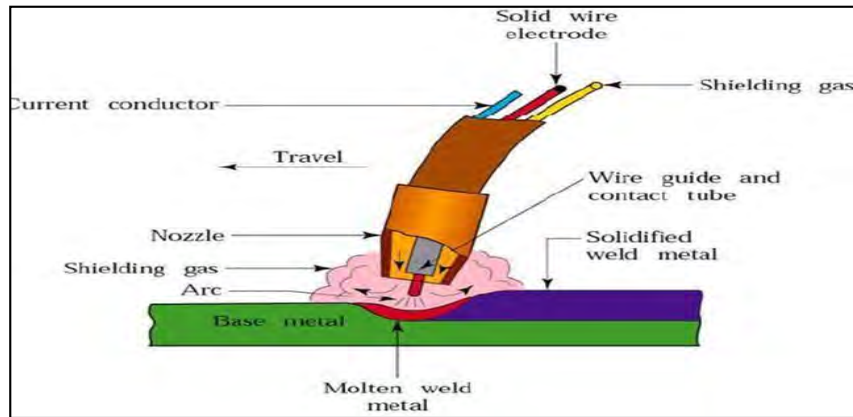
pengelasan biasanya disebut dengan istilah logam induk) tidak ikut terumpan (*non-consumable electrode*). Untuk melindungi elektroda dan daerah las digunakan gas mulia (argon atau helium). Sumber arus yang digunakan bisa AC (arus bolak-balik) maupun DC (arus searah). (Sutrisno, 2013)

7. Las Listrik Terak (Electroslag Welding)

Proses pengelasan di mana energi panas untuk melelehkan logam dasar (base metal) dan logam pengisi (filler) berasal dari terak yang berfungsi sebagai tahanan listrik ketika terak tersebut dialiri arus listrik. Pada awal pengelasan, fluks dipanasi oleh busur listrik yang mengenai dasar sambungannya. Kemudian logam las terbentuk pada arah vertikal sebagai hasil dari campuran antara bagian sisi dari logam induk dengan logam pengisi (filler) cair. Proses pencampuran ini berlangsung sepanjang alur sambungan las yang dibatasi oleh pelat yang didinginkan dengan air. (Sehono & Ilman, 2023)

8. Las Metal Inert Gas (MIG)

Dalam las logam gas mulia, kawat las pengisi yang juga berfungsi sebagai elektroda diumpankan secara terus menerus. Busur listrik terjadi antara kawat pengisi dan logam induk. Skema dari alat las ini ditunjukkan dalam Gambar 1. Gas pelindung yang digunakan adalah gas argon, helium atau campuran dari keduanya. Untuk memantapkan busur kadang-kadang ditambahkan gas antara 2 sampai 5%, atau CO, antara 5 sampai 20%. Proses pengelasan MIG ini dapat secara semi otomatis atau otomatis. Semi otomatis dimaksudkan pengelasan secara manual, sedangkan otomatis adalah pengelasan yang seluruhnya dilaksanakan secara otomatis. Elektroda keluar melalui tangkai bersama-sama dengan gas pelindung (Wiryosumarto, 2000).



Gambar 2. 3 Las MIG (*Metal Inert Gas*)

2.4 Kekuatan Tarik

Kekuatan tarik (tensile strength) mengukur sejauh mana suatu material atau sambungan las dapat menahan beban tarik sebelum mengalami kerusakan atau patah. Dalam pengelasan MIG (Metal Inert Gas), kekuatan tarik sambungan las merujuk pada kemampuan sambungan las yang dihasilkan melalui proses pengelasan, yang diuji dengan uji tarik pada sampel las. Faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan tarik hasil pengelasan MIG yaitu :

a. Jenis Material Dasar (Base Material)

Material yang digunakan sebagai bahan dasar las sangat mempengaruhi kekuatan tarik sambungan las. Sebagai contoh, baja karbon rendah memiliki kekuatan tarik yang berbeda jika dibandingkan dengan baja tahan karat atau paduan aluminium.

b. Jenis dan Komposisi Filler Metal

Filler metal (kawat las) yang digunakan juga sangat menentukan. Filler metal yang tidak cocok dengan bahan dasar atau memiliki komposisi kimia yang berbeda dapat mengurangi kekuatan tarik sambungan las.

c. Parameter Pengelasan

Arus dan Tegangan Pengelasan: Kedua parameter ini memengaruhi distribusi panas, ukuran kolam las, dan kualitas sambungan. Pengaturan yang tidak tepat bisa menyebabkan porositas, retak, atau menurunkan kekuatan tarik.

1. Kecepatan Pengelasan: Kecepatan pengelasan yang terlalu cepat atau lambat dapat memengaruhi kualitas dan ukuran zona las serta ketahanan terhadap tegangan tarik.
 2. Teknik Pengelasan: Teknik seperti arah pengelasan dan pola las juga berperan dalam distribusi tegangan pada sambungan.
- d. Perlakuan Pasca Pengelasan (Post-Weld Heat Treatment, PWHT)
- Perlakuan panas setelah pengelasan dapat membantu mengurangi ketegangan sisa dan memperbaiki struktur mikro sambungan las, yang pada gilirannya bisa meningkatkan kekuatan tarik.
- e. Cacat pada Sambungan Las
- Porositas, retak, atau inklusi (kotoran atau partikel asing) dapat menurunkan kekuatan tarik sambungan las secara signifikan.

2.5 Pengujian Kekuatan Tarik

Pengujian kekuatan tarik dilakukan dengan menarik sampel material las (biasanya berbentuk pelat atau silinder) hingga material tersebut patah. Uji tarik ini menghasilkan dua parameter utama:

1. Tensile Strength (Kekuatan Tarik Maksimum): Merupakan tegangan maksimum yang dapat ditahan oleh material atau sambungan las sebelum

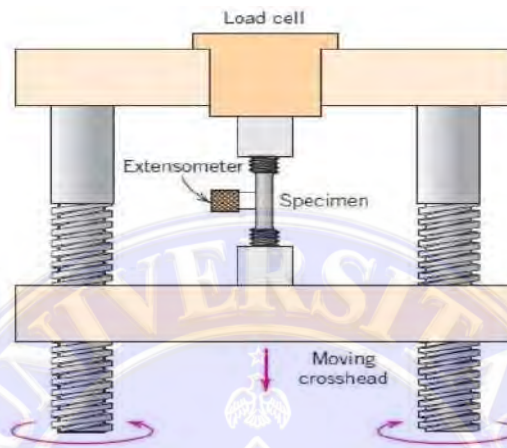
patah, dan biasanya diukur dalam satuan megapascal (MPa) atau **ksi** (*kilopound per square inch*).

2. Elongasi (Strain): Merupakan perubahan panjang relatif dari sampel yang terjadi sebelum patah, yang menggambarkan seberapa ulet material tersebut. Elongasi yang lebih tinggi menunjukkan material yang lebih fleksibel dan lebih tahan terhadap kerusakan atau kegagalan mendadak.

2.6 Skema Uji Tarik

Pada uji tarik, spesimen dipasang pada mesin uji tarik dan dihubungkan ke extensometer melalui strain gauge. Extensometer adalah alat yang mengukur perubahan panjang yang dialami spesimen dengan strain gauge sebagai sensor. Crosshead bergerak sehingga membuat load cell bergerak. Load cell akan memberikan gaya dan menimbulkan tegangan tarik pada spesimen. Spesimen yang menerima tegangan tarik akan mengalami perubahan panjang. Perubahan panjang yang terjadi pada spesimen akan terdeteksi oleh *strain gauge* yang terpasang pada spesimen dan terukur oleh *extensometer* yang terhubung pada *strain gauge*. Data perubahan panjang dan perubahan gaya diterima oleh spesimen yang telah dibentuk menyesuaikan standar kemudian hasil diperoleh dan perubahan gaya diterima oleh spesimen dari uji tarik, spesimen dipasang pada mesin uji tarik dan dihubungkan ke *extensometer* melalui *strain gauge*. *Extensometer* adalah alat yang mengukur perubahan panjang yang dialami spesimen dengan *strain gauge* sebagai sensor. *Crosshead* bergerak sehingga membuat *load cell* bergerak. *Load cell* akan memberikan gaya dan menimbulkan tegangan tarik pada spesimen. Spesimen yang menerima tegangan tarik akan mengalami perubahan panjang. Perubahan panjang yang terjadi pada spesimen akan terdeteksi oleh *strain gauge* yang terpasang pada

spesimen dan terukur oleh *extensometer* yang terhubung pada *strain gauge*. Data perubahan panjang dan perubahan gaya yang diterima oleh spesimen pun diperoleh dan dapat diolah lebih lanjut (Hutomo, 2016). Skema uji tarik ditunjukkan pada gambar 2.6.



Gambar 2. 4 Skema Uji Tarik

Menurut Wiryosumarto dan Okumura (2000: 181), sifat-sifat tariknya dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

Dimana : F = beban (Kg), A_0 = luas mula dari penampang batang uji (mm^2)

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

Dimana : L_0 = panjang mula dari batang uji

L = panjang batang uji yang dibebani

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \text{ kg/mm}^2$$

(2.1)

2.7 Tailor Welded Blank (TWB)

Tailor Welded Blank (TWB) adalah teknik inovatif dalam industri manufaktur yang menggabungkan lembaran logam dengan ketebalan dan sifat material yang berbeda melalui proses pengelasan. Metode ini memungkinkan pembuatan komponen yang lebih ringan dan lebih efisien secara biaya dibandingkan dengan lembaran logam konvensional. Menurut Chaudhani et al. (2020), TWB memberikan fleksibilitas dalam desain, memungkinkan insinyur untuk mengoptimalkan kekuatan dan berat produk sesuai kebutuhan spesifik aplikasi.

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

2.8 Teori Elastisitas

Berdasarkan sifat mekanik material sebagai ukuran untuk menahan gaya atau regangan. Kondisi *raw* material pada saat mendapat gaya struktur molekul berada dalam kondisi keseimbangan. Gaya luar pada proses penarikan, tekanan, pemotongan, penempaan, dan pembongkaran akan mengakibatkan material mengalami tegangan (Bhaduri, 2018).

2.9 Tegangan

Tegangan didefinisikan sebagai beban atau gaya yang diterapkan per satuan luas. Seringkali, tegangan ini cenderung pada beberapa sudut yang berubah-ubah ke daerah dimana spesimen bertindak. Dalam kasus seperti itu, untuk menggambarkan *stress* dengan mudah, masing-masing stress tersebut diselesaikan menjadi dua komponen, tegangan normal yaitu tegangan tegak lurus terhadap luas aksi, dan tegangan geser atau tegangan yang terletak pada pesawat aksi (Bhaduri, 2018). Konsep tegangan ditunjukkan pada gambar 2.12

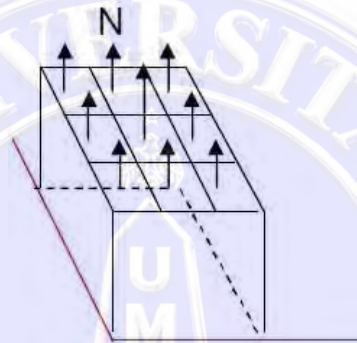
(2.2)

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

Dimana : σ = Tegangan (Mega Pascal (MPa))

F_n = Gaya normal (N)

A_0 = Luas Penampang (mm^2).



Gambar 2. 5 Tegangan normal

2.10 Regangan

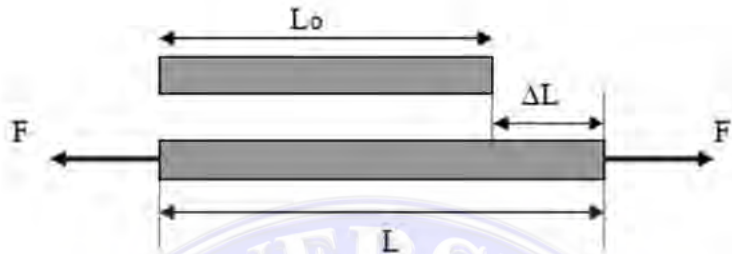
Regangan adalah perubahan dimensi tubuh diamati pada semua bahan benda padat ketika benda mengalami deformasi dengan diterapkan secara eksternal. Perbandingan perubahan panjang dengan aslinya, panjang itulah yang disebut regangan linier atau normal atau sederhananya regangan dari rasio ini diartikan kuantitas tak berdimensi. Regangan diukur selama deformasi mengalami elastisitas yang dapat dipulihkan selama deformasi plastis (Bhaduri, 2018). Konsep regangan ditunjukkan pada gambar 2.6

$$e = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\%$$

Dimana : e = Regangan (%).

ΔL = Perubahan panjang (mm).

L_0 = Panjang awal (mm).



Gambar 2. 6 Regangan

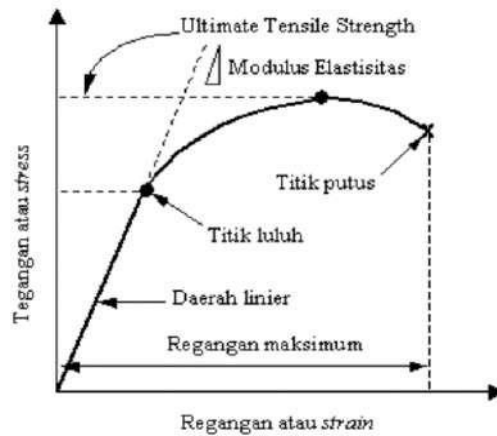
Pada tahap pertama pembebanan plat mengalami fase elastis sampai pada titik luluh kemudian akan masuk pada fase plastis. Daerah elastis dan plastis dapat diamati pada diagram tegangan-regangan yang dikenal sebagai hukum Hooke (Bhaduri, 2018). Kurva tegangan dan regangan ditunjukkan pada gambar 2.7

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

Dimana : E = Modulus Elastisitas (MPa).

σ = Tegangan (N/mm²).

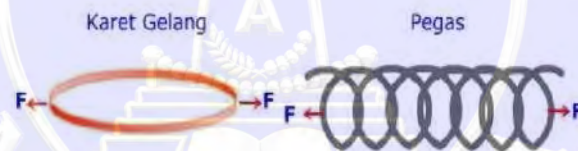
ε = Regangan (mm).



Gambar 2. 7 Kurva tegangan - regangan

2.11 Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas sering disebut sebagai modulus young yang merupakan perbandingan antara tegangan dan regangan aksial dalam deformasi yang elastis, sehingga modulus elastisitas menunjukkan kecenderungan suatu material untuk berubah bentuk dan kembali lagi ke bentuk semula bila diberi beban (SNI 2826-2008). Regangan elastisitas ditunjukkan pada gambar 2.8.



Gambar 2. 8 Regangan elastisitas (a) karet gelang (b) pegas

Dapat disimpulkan bahwa regangan (E) yang terjadi pada suatu benda berbanding lurus dengan tegangannya (σ) dan berbanding terbalik terhadap ke elastisitasannya (Bhaduri, 2018). Hal Ini dapat dinyatakan dengan rumus :

$$E = \frac{\sigma}{e} \dots \dots \dots (2.4)$$

Dimana : E = Modulus Elastisitas (MPa).

σ = Tegangan (N/mm^2).

e = Regangan (%).

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

3.1.1 Waktu Penelitian

Tabel 3.1. Jadwal Tugas Akhir

	Tahun 2024				Tahun 2025				Tahun 2026			
Aktivitas	Okt	Nov	Des	Jan	Feb	Mar	Apr - Mei	jun	Jul	Ags	Sep - Jan	Feb
Pengajuan judul												
Penulisan proposal												
Seminar proposal												
Proses penelitian												
Pengolahan data												
Penyelesaian laporan												
Seminar hasil												
Evaluasi dan persiapan												
Sidang sarjana												

3.1.2 Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Medan Area yang berada di Jalan Agus Salim Siregar, Kenangan baru, Kecamatan Medan Tembung, Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian tentang analisis kekuatan pengelasan pada kekuatan tarik uji hasil pengelasan MIG pada proses Tailor Welded Blank (TWB) menggunakan bahan logam berbeda ketebalan yaitu:

3.2.1 Alat

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

1. Mesin las MIG

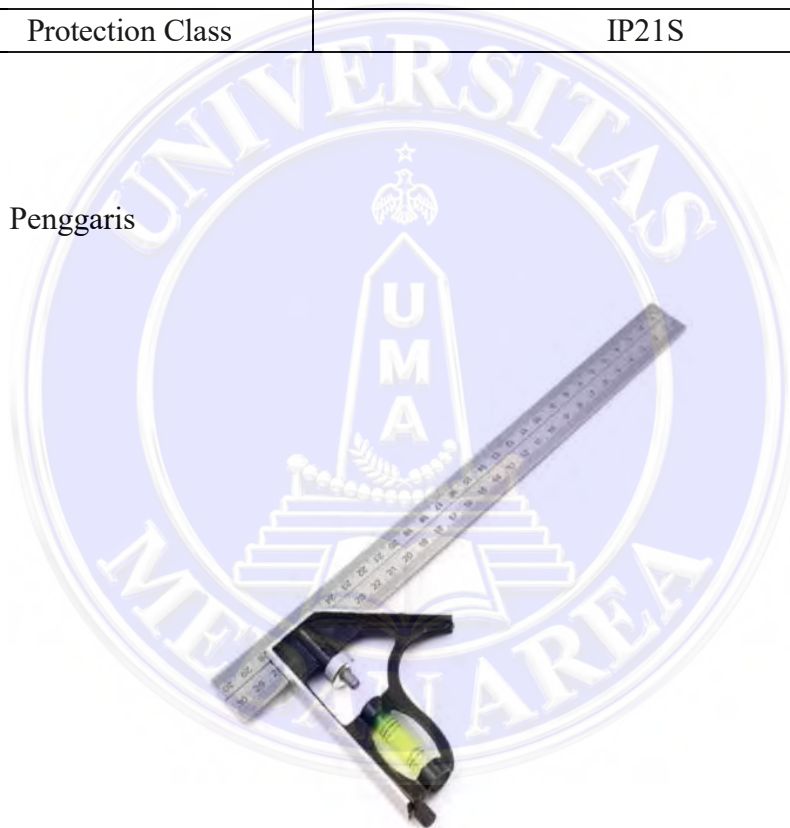


Gambar 3. 1 Mesin Las MIG

Mesin las MIG (Metal Inert Gas) adalah perangkat yang digunakan untuk proses pengelasan dengan kawat las sebagai elektroda dan gas pelindung untuk menghindari oksidasi. Proses ini biasanya diterapkan untuk mengelas berbagai logam, terutama baja dan alumunium.

Spesifikasi Mesin Las MIG	
Nama Alat	Las MIG
Merk	Mollar
Model	MLR-MMGW120
Nilai Arus dan Tegangan Keluaran	120A/20V(MIG)
Tegangan	54V
Siklus Kerja	45% (MIG)
Efisiensi	85
Factor	0.73
Protection Class	IP21S

2. Penggaris



Gambar 3. 2 Penggaris

Penggaris adalah alat ukur yang berfungsi untuk mengukur panjang dan menggambar garis lurus. Umumnya terbuat dari plastik, logam, atau kayu, penggaris tersedia dalam berbagai ukuran, dengan panjang yang sering ditemukan adalah 30 cm, 60 cm, atau lebih.

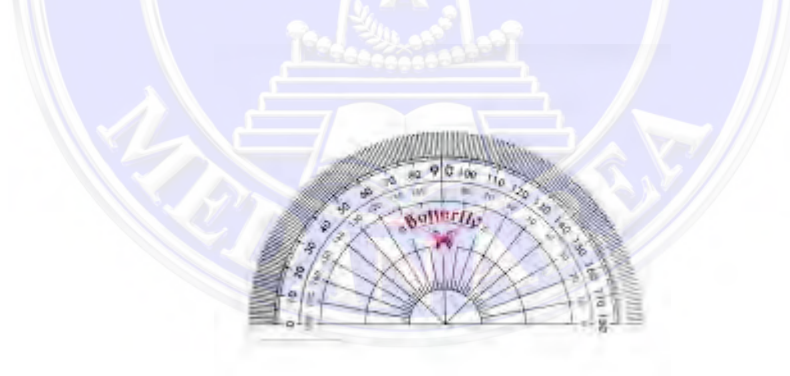
3. Jangka sorong



Gambar 3. 3 Jangka Sorong

Jangka sorong, atau caliper, adalah alat ukur yang digunakan untuk mengukur dimensi luar, dalam, dan kedalaman objek dengan tingkat presisi tinggi. Biasanya terbuat dari logam, jangka sorong memiliki skala yang diukur dalam milimeter dan inci.

4. Busur



Gambar 3. 4 Busur

Busur adalah alat ukur yang berfungsi untuk mengukur dan menggambar sudut. Umumnya terbuat dari plastik atau logam, busur memiliki bentuk setengah lingkaran atau lingkaran penuh, dengan skala derajat yang tercetak di permukaannya.

5. Sikat las kawat baja



Gambar 3. 5 Sikat Las Kawat Baja

Sikat las kawat baja adalah alat pembersih yang digunakan untuk menghapus kotoran, karat, dan slag dari permukaan logam sebelum dan sesudah pengelasan. Alat ini terdiri dari serat kawat baja yang terpasang pada pegangan, dan biasanya dipakai untuk mempersiapkan permukaan material yang akan dilas.

6. Mesin uji Tarik



Gambar 3. 6 Mesin Uji Tarik

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

mengalami deformasi atau patah. Alat ini dilengkapi dengan berbagai sensor dan perangkat lunak untuk merekam serta menganalisis data.

Tabel 3.2 Spesifikasi Mesin Uji Tarik

spesifikasi Mesin Uji Tarik	
Nama Alat	Universal Testing Machine
Merk	MAEKAWA TESTING MACHINE MFG. CO.
Model	MR-20-CT

7. Helm las



Gambar 3. 7 Helm Las

Helm las adalah alat pelindung yang dirancang untuk melindungi kepala, wajah, dan mata pengelas dari panas, cahaya menyilaukan, percikan api, dan debu selama proses pengelasan. Helm ini umumnya terbuat dari bahan tahan panas dan dilengkapi dengan kaca pelindung atau filter.

3.2.2 Bahan



Gambar 3. 9 Logam ST 37

Bahan logam adalah material yang memiliki konduktivitas listrik dan panas yang tinggi, serta ketahanan yang baik terhadap deformasi. Dalam penelitian pengelasan, berbagai jenis bahan logam digunakan untuk mengeksplorasi kekuatan dan sifat pengelasan yaitu logam ST 37. Logam ST 37 adalah jenis baja karbon rendah yang sering digunakan dalam berbagai aplikasi teknik dan konstruksi.

3.3 Metode Penelitian

Dalam penelitian analisis kekuatan pengelasan pada kekuatan tarik uji hasil pengelasan MIG dalam proses Tailor Welded Blank (TWB) dengan bahan logam yang memiliki ketebalan berbeda, digunakan tiga metode penelitian yaitu :

1. Metode Literature

Metode literatur adalah pendekatan pengumpulan data yang melibatkan penelusuran, kajian, dan analisis informasi yang telah tersedia dari berbagai

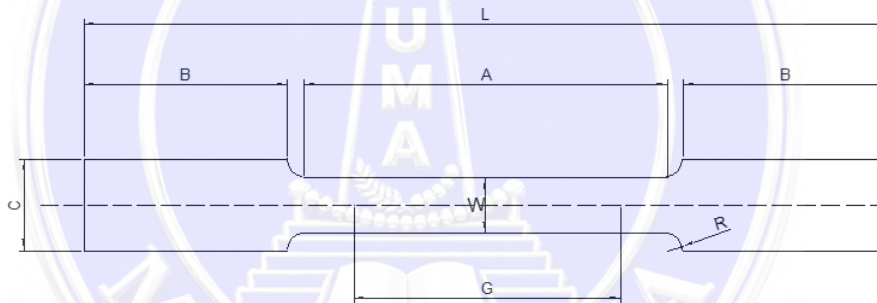
sumber tertulis. Sumber-sumber ini dapat mencakup buku, jurnal ilmiah, artikel, tesis, dan dokumen lain yang relevan dengan topik penelitian.

2. Metode Observasi

Metode observasi adalah teknik pengumpulan data yang melibatkan pengamatan langsung terhadap proses atau fenomena yang sedang diteliti seperti data hasil pengelasan dan ketebalan las.

3. Pembuatan Spesimen

Pembuatan spesimen pada penelitian ini untuk membuat spesimen dapat di tentukan bahan jenis logam yang digunakan yaitu baja ST 37 lalu di lanjutkan dengan pemotongan material sesuai standar ASTM-A370. Dimensi spesimen kekuatan tarik dapat dilihat pada gambar dibawah ini



Gambar 3. 10 Dimensi Spesimen

4. Metode Eksperimental

Melakukan pengujian langsung terhadap sampel yang telah dilas menggunakan mesin uji tarik. Dalam metode ini, sampel dibuat dengan variasi ketebalan logam, dan pengelasan dilakukan sesuai dengan parameter yang ditentukan. Data yang diperoleh dari pengujian ini akan memberikan informasi langsung mengenai kekuatan tarik sambungan las.

Pada metode ini, penulis mengumpulkan data melalui eksperimen atau pengujian kekuatan pengelasan pada kekuatan tarik uji hasil pengelasan MIG dalam proses Tailor Welded Blank (TWB) dengan bahan logam yang memiliki ketebalan berbeda menggunakan alat uji tarik.

3.4 Populasi dan Sampel

Analisis data dalam penelitian ini dilakukan pada bahan logam yang dilas menggunakan berbagai bahan logam berbeda yaitu, sebagai berikut :

No	Kode	Bahan	Ampere	Tebal	Jumlah
1	ST	ST 37(0,3%)	80	6	3
2				4	
3					
4	SR	ST 37(0,3%)	80	6	3
5				3	
6					
7	SH	ST 37(0,3%)	80	6	3
8				2	
9					

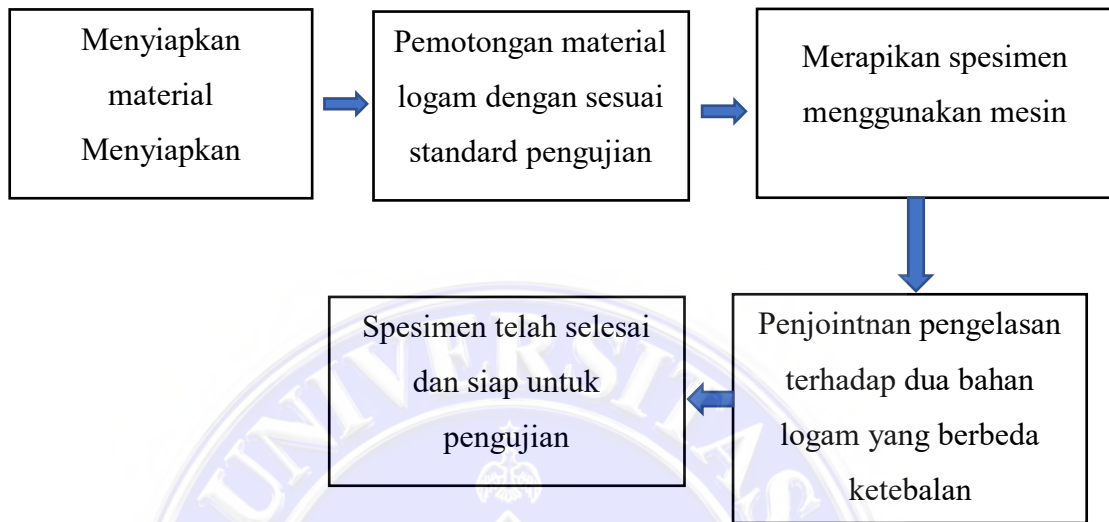
3.5 Prosedur Kerja

Berikut ini adalah prosedur kerja penelitian untuk menganalisis kekuatan Tarik dengan bahan logam yang berbeda ketebalan

3.5.1 Prosedur pembuatan spesimen

Pembuatan specimen untuk proses pengujian Tarik ada beberapa tahap specimen tarik dibuat secara manual pengujian Tarik yang dilakukan untuk mengetahui bahan tersebut bereaksi terhadap tenaga tarikan dan mengetahui sejauh mana material itu bertambah panjang. untuk bahan yang digunakan logam ST37,

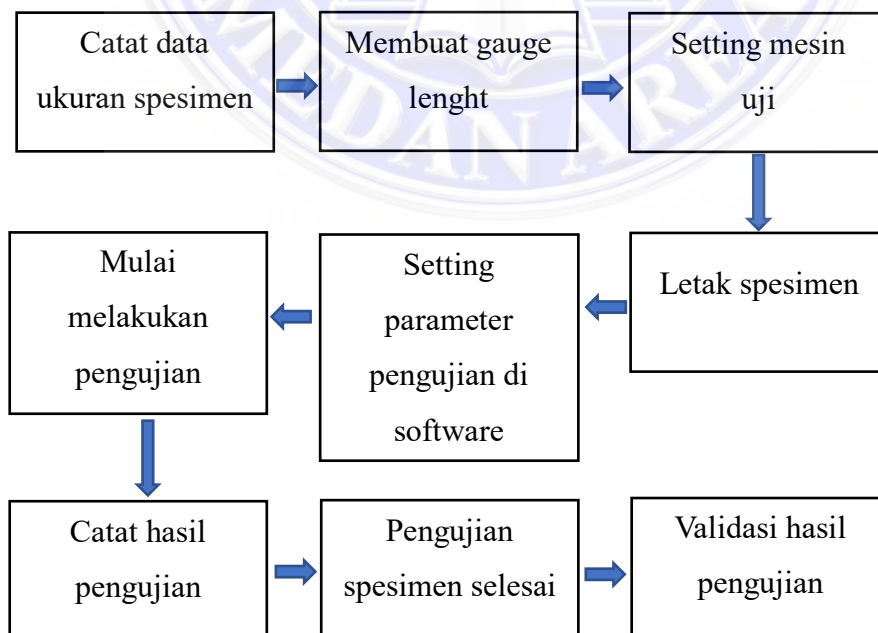
pengujian Tarik specimen dibuat sesuai dengan ukuran standard ASTM-A370 dapat dilihat pada gambar 3.10. berikut ini.



Gambar 3. 11Diagram Alir Prosedur Pembuatan

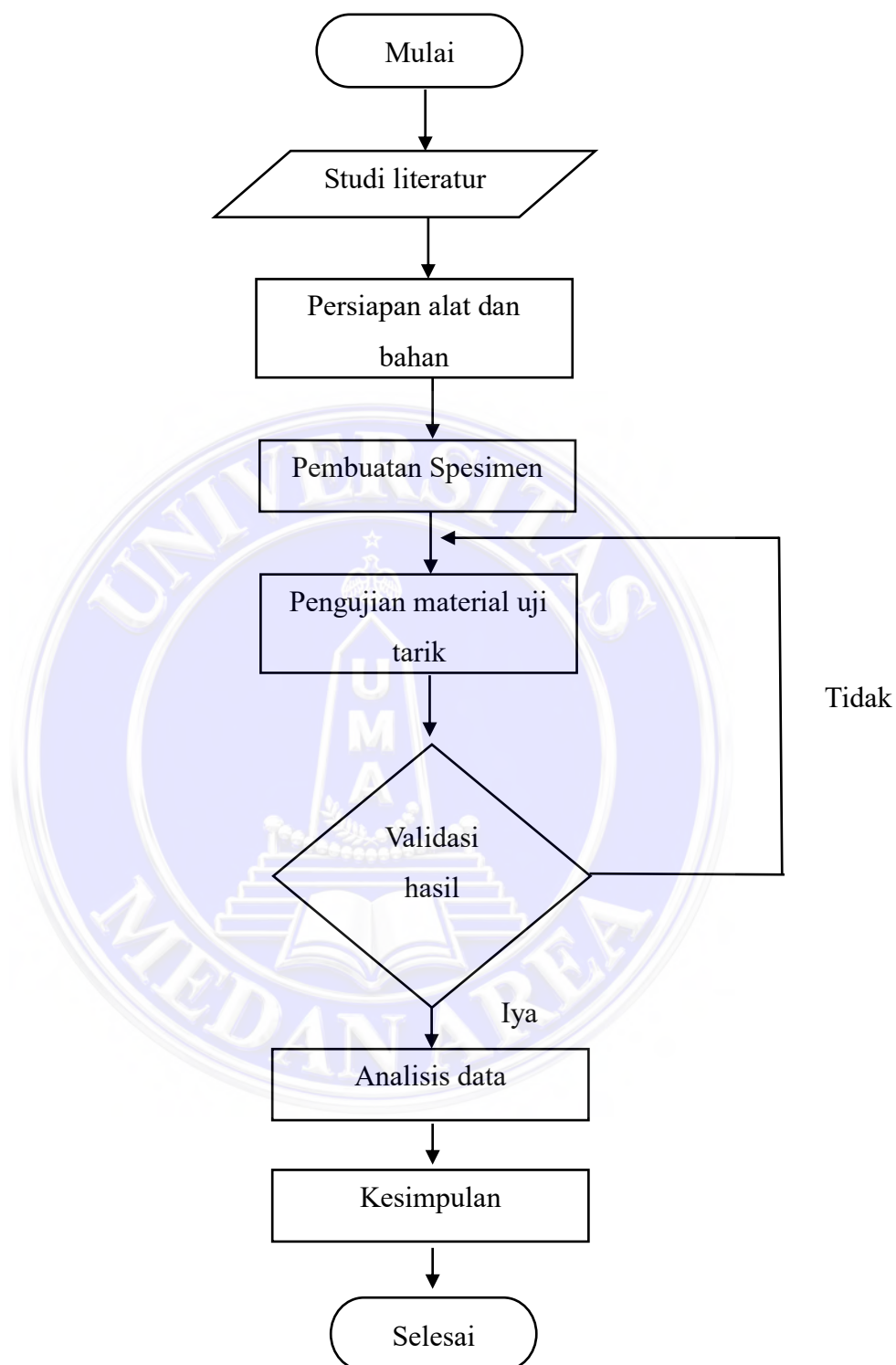
3.5.2 Prosedur pengujian spesimen

Pada proses pengujian Tarik pada bahan logam dengan material baja meliputi beberapa tahapan yang dapat kita lihat pada diagram 3.3 berikut ini.



Gambar 3. 12 Diagram Alir Prosedur Pengujian Spesimen

3.6 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. 13 Diagram Alir Penelitian

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil uji tarik terhadap spesimen logam hasil pengelasan MIG dengan variasi arus ampere, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Pembuatan spesimen uji Tarik spesimen uji tarik hasil pengelasan MIG pada proses tailor welded blank (TWB) menggunakan baja ST-37 dengan variasi ketebalan berbeda telah berhasil dibuat sesuai standar ASTM A370, sehingga layak digunakan untuk pengujian mekanik.
2. Pengujian spesimen uji tarik statis yang dilakukan mampu menghasilkan data berupa gaya maksimum (P_{max}), regangan, dan modulus elastisitas dari setiap variasi spesimen (SR, ST, dan SH), sehingga karakteristik mekanik masing-masing sambungan las dapat diketahui.
3. Analisis kekuatan tarik hasil pengelasan berdasarkan hasil analisis:
 - Variasi SR (6 mm – 4 mm) memiliki kekuatan tarik tertinggi dan performa paling baik.
 - Variasi ST (6 mm – 2 mm) berada pada posisi kedua dengan kekuatan cukup baik namun mengalami penurunan performa
 - Variasi SH (6 mm – 3 mm) menunjukkan kekuatan tarik terendah.
 - Selain itu, spesimen dengan ketebalan lebih tipis cenderung lebih getas saat menerima beban tarik.

5.2 Saran

1. Untuk variasi (ST) yang mengalami penurunan performa, perlu dilakukan evaluasi proses pengelasan, terutama pada kontrol panas dan kecepatan pengelasan, guna meningkatkan konsistensi hasil.
2. Pemilihan variasi SR disarankan untuk aplikasi yang membutuhkan kekuatan tarik tinggi, karena menunjukkan performa paling stabil dan kuat dibandingkan variasi lainnya
3. Perlu dilakukan pengujian lanjutan dengan parameter yang lebih beragam, seperti variasi arus, jenis kawat las, dan kecepatan pengelasan, guna memperoleh kombinasi parameter yang optimal terhadap kekuatan tarik.
4. Untuk hasil yang lebih representatif, disarankan melakukan uji tarik dengan jumlah spesimen yang lebih banyak dan analisis statistik untuk memastikan keandalan data.
5. Variasi SH sebaiknya tidak digunakan untuk aplikasi struktural atau beban tinggi, kecuali dilakukan modifikasi proses atau penambahan perlakuan pasca-las untuk meningkatkan kekuatannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Azwinur, A., Jannifar, A., Yudi, M., & Zulkifli. (2020). Pengaruh Media Pendingin Terhadap Kekerasan dan Ketangguhan Hasil Pengelasan Material AISI 1050 pada Proses Las MAG. *Jurnal Polimesin*.
- Bhirawa, W. (2015). *WT Bhirawa (2015) — Proses Pengelasan Menggunakan Electric Arc Welding (termasuk FCAW)*.
- Chaudhani, R., Ingle, A., & Faqih, M. N. (2020). A Study on Different Welding Parameters in MIG Welding Process. *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)*.
- Djafar. (2012). *Teknik Pengelasan*. Direktorat Pembinaan SMK.
- Daryanto. (2012). *Pengelasan: Teori dan Praktik*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Dimiyati, Dicky, et al. "Evaluasi Kekuatan Resistance Spot Welding Pada Proses Tailor Welded Blankss Menggunakan Mill-Steel Beda Ketebalan." *Borobudur Engineering Review* 1.2 (2021): 96-105.
- Djamiko, R. D. (2008). *Teori Pengelasan Logam*. In Jurusan Pendidikan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
- Dionisius, F., Wasiah, I., Istiyanto, J., Malawat, M., & Khoerun, B. (2019). No Title Analisis dampak gaya tumbukan melalui perubahan bentuk segi crush initiator pada struktur Tailor-Welded Blank. *Jurnal Teknologi Terapan (JTT)*, Vol. 5, No. 1 (2019), 5(1).
- Desmon, S., Nugraha, I., & Dewi, R. (2018). *Analisa Pengaruh Variasi Arus Pengelasan Kombinasi SMAW dan GTAW Terhadap Pengujian Kekerasan*,

Kekuatan Impak serta Pengamatan Struktur Mikro pada Baja JIS SS400.
Jurnal ALMIKANIK.

Ferry Budhi Susetyo. (2017). Efek Variasi Kecepatan Wire Feeder GMAW terhadap Tensile Strength ASTM A36. *Jurnal Konversi Energi Dan Manufaktur*, 4(1).

Hadi Eko. (2011). *Teknik Las Gas dan Busur*. Surabaya: Penerbit ITS Press.

Harsono Wiryosumarto, H., & Okumura. (2000). *Dasar-dasar Pengelasan*. Jakarta: Penerbit Erlangga.

Made, D., & Muku, K. (2009). Kekuatan Sambungan Las Aluminium Seri 1100 dengan Variasi Kuat Arus Listrik Pada Proses Las Metal Inert Gas (MIG). *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Cakra*, 3(1), 11–17.

Maharini, D. R. (2015). *Proses Pengelasan FCAW: Self Shielding dan Gas Shielding*.

Romli, A. (2012). *Teknik Pengelasan dan Aplikasinya*. Bandung: Alfabeta.

Siswanto, R. (2018). *Teknologi Pengelasan*. In Teknik Mesin Universitas Lambung Mangkurat.

Sriwidharto, M. (1996). *Pengantar Teknologi Pengelasan*. Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia.

Sonawan, S., & Suratman, S. (2004). *Teknik Pengelasan Modern*. Yogyakarta: Penerbit Andi.

Sehono, & Iman. (2023). *Ilmu dan Teknologi Pengelasan*. UGM Press.

Sehono, M. N. I. (2024). *Ilmu dan Teknologi Pengelasan*. UGM Press.

Sindo Kou. (2003). *Welding Metallurgy*. John Wiley & Sons, Inc.

Susanta, & Syauqi. (2023). *Dasar-Dasar Teknik Pengelasan dan Fabrikasi Logam untuk SMK/MAK Kelas X*. Kemdikbudristek (Direktorat Jenderal Pendidikan Vokasi, Direktorat SMK).

Susetyo, & Budhi, F. (2017). Efek Variasi Kecepatan Wire Feeder GMAW terhadap Tensile Strength ASTM A36. *Jurnal Konversi Energi Dan Manufaktur*, 4(1).

Sutrisno, D. (2013). (2013). *Teknik Pengelasan*. Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.

Wartono, W., Taufiq, M., & Julius, A. (2019). Pengaruh Preheat terhadap Sifat Mekanis Sambungan Metal Inert Gas (MIG) pada Baja Karbon Rendah. *Jurnal ENGINE*, 3(1).

Wiryosumarto, H., & Okumura. (2000). *Dasar-dasar Pengelasan*. Jakarta: Penerbit Erlangga.

Zamil, I. F. M. (2019). *Modul atau dokumen tentang prinsip SMAW*.

LAMPIRAN





UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

61

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 10/8/26

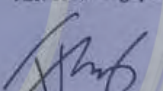
Access From (repository.uma.ac.id)10/8/26

DATA HASIL PENGUJIAN TARIK BAHAN CARBON STEEL

Nama : Sahat Halomoan Rambe
 NIM : 218130049
 Judul Tugas Akhir : ANALISIS KEKUATAN TARIK HASIL PENGELASAN MIG PADA PROSES
 TAILOR WELDED BLANK (TWB) MENGGUNAKAN BAHAN LOGAM
 BERBEDA KETEBALAN

No.	Sampel Variasi Ketebalan Bahan	Panjang bahan (Lo) (mm)	Lebar Bahan (b) (mm)	Tebal Bahan (d) (mm)	Fs (kgf)	Fmax (kgf)	Ff (kgf)	Panjang Bahan (L1) (mm)
	LAS MIG							
1.	Ketebalan 6 mm dan 2 mm	75	12,5	6&2	30	830	825	81,8
2.	Ketebalan 6 mm dan 3 mm	75	12,5	6&3	40	1500	1380	83
3.	Ketebalan 6 mm dan 4 mm	75	12,5	6&4	40	2040	1850	85

Medan, September 2025
 Ass. Lab. Pengujian bahan


 M. Fatih Abdillah

