

**ANALISIS KEKUATAN TARIK HASIL PENGELASAN SMAW
PADA PROSES *TAILOR WELDED BLANK* (TWB)
MENGUNAKAN BAHAN LOGAM YANG
BERBEDA KANDUNGAN KARBON**

SKRIPSI

OLEH:

JOKO PRAYOGA

218130041



**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 14/4/26

Access From (repositori.uma.ac.id)14/4/26

**ANALISIS KEKUATAN TARIK HASIL PENGELASAN SMAW
PADA PROSES *TAILOR WELDED BLANK* (TWB)
MENGUNAKAN BAHAN LOGAM YANG
BERBEDA KANDUNGAN KARBON**

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Di Fakultas Teknik
Universitas Medan Area

OLEH:

JOKO PRAYOGA

218130041

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

UNIVERSITAS MEDAN AREA

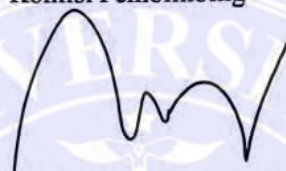
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

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

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Judul Skripsi : Analisi Kekuatan Tarik Hasil Pengelasan Las SMAW
Pada Proses Tailor Welded Blank (TWB)
Menggunakan Bahan Logam Yang Berbeda
Kandungan Karbon.
Nama Mahasiswa : Joko Prayoga
NPM : 218130041
Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh
Komisi Pembimbing



Dr. Eng Rakhmad Arief Siregar ST, M. Eng
Pembimbing



Dr. Eka Supriatno, ST..MT
Dekan



Dr. Iswandi, ST..MT
Ka.Prodi/WD I

Tanggal Lulus: 06 Oktober 2025

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini 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 san sanksi-sanki lainnya dengan peraturan yang telah berlaku, apabila dikemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, 23 Oktober 2025



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

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

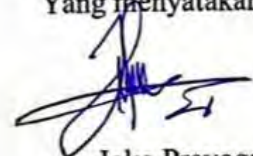
Nama : Joko Prayoga
NPM : 218130041
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Tugas Akhir/Skripsi

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 Smaw Pada Proses *Tailor Welded Blank* (Twb) Menggunakan Bahan Logam Yang Berbeda Kandungan Karbon.

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 pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di: Medan
Pada tanggal 23 Oktober 2025
Yang menyatakan



Joko Prayoga
218130041

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kekuatan tarik hasil pengelasan Shielded Metal Arc Welding (SMAW) pada proses *Tailor Welded Blank* (TWB) menggunakan material dengan kandungan karbon yang berbeda, yaitu baja ST37 (karbon rendah), baja AISI 1050 (karbon sedang), serta kombinasi keduanya. Proses pengelasan dilakukan dengan elektroda E6013 sesuai standar ASTM A370-07A, kemudian spesimen diuji tarik menggunakan *Tensile Test Machine*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa baja ST37 memiliki kekuatan tarik rata-rata terendah namun regangan tertinggi, sehingga lebih ulet. Sebaliknya, baja AISI 1050 menghasilkan kekuatan tarik tertinggi namun memiliki regangan rendah sehingga cenderung getas. Kombinasi ST37–AISI 1050 menghasilkan nilai kekuatan tarik menengah, tetapi sifatnya lebih dipengaruhi oleh baja karbon rendah (ST37). Penelitian ini membuktikan bahwa perbedaan kandungan karbon sangat berpengaruh terhadap sifat mekanis hasil pengelasan SMAW pada proses TWB, dan pemilihan material menjadi faktor penting untuk menghasilkan sambungan yang optimal sesuai kebutuhan aplikasi.

Kata Kunci : Pengelasan SMAW, Tailor Welded Blank (TWB), kekuatan tarik, baja ST37, baja AISI 1050, kandungan karbon, sifat mekanis.

ABSTRACT

This research aims to analyze the tensile strength of Shielded Metal Arc Welding (SMAW) joints in the Tailor Welded Blank (TWB) process using materials with different carbon contents, namely ST37 steel (low carbon), AISI 1050 steel (medium carbon), and their combination. The welding process was carried out using E6013 electrodes in accordance with ASTM A370-07A standards, followed by tensile testing with a Tensile Test Machine. The results show that ST37 steel has the lowest average tensile strength but the highest elongation, indicating better ductility. In contrast, AISI 1050 steel exhibits the highest tensile strength but lower elongation, making it more brittle. The ST37–AISI 1050 combination provides intermediate tensile strength, although its properties are more influenced by the low-carbon steel (ST37). This research confirm that variations in carbon content significantly affect the mechanical properties of SMAW welds in the TWB process, and material selection plays a crucial role in achieving optimal joint performance for specific applications.

Keywords : *SMAW welding, Tailor Welded Blank (TWB), tensile strength, ST37 steel, AISI 1050 steel, carbon content, mechanical properties.*

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama Joko Prayoga 24 tahun, dilahirkan di Bandar Pamah pada tanggal 16 Januari 2001. Penulis beragama islam, anak ke dua dari empat bersaudara dari pasangan Bapak Suyitno dan Ibu Nuraini. Pendidikan formal dimulai dari SD Negeri 106865 Bandar Pamah Tahun 2007-2013, Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 1 Dolok Masihul Tahun 2013-2016, sekolah menengah atas Di SMA Negeri 1 Dolok Masihul 2016-2019, selanjutnya pada tahun 2021 penulis melanjutkan pendidikan di program Studi S1 Teknik Mesin di Universitas Medan Area. Penulis melaksanakan Kerja Praktek (KP) di PT. Perkebunan Nusantara IV Unit Usaha Teh Bah Butong yang ada dikecamatan Sidamanik, Kabupaten Simalungun, Sumatra Utara dan tamat di Universitas Medan Area tahun 2025.

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tidak terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “ **ANALISIS KEKUATAN TARIK HASIL PENGELASAN SMAW PADA PROSES TAILOR WELDED BLANK (TWB) MENGGUNAKAN BAHAN LOGAM YANG BERBEDA KANDUNGAN KARBON**”.

Adapun proposal skripsi ini bermaksud untuk memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana di Fakultas Teknik Universitas Medan Area. Penulis juga menyadari bahwa dalam penulisan ini masih banyak terdapat kekurangan-kekurangan dalam penyusunan penulisan ataupun isi dari pada skripsi ini. Oleh karena itu penulis mengharapkan adanya kritik dan saran yang bersifat dapat membangun setiap pembaca agar dapat lebih baik lagi.

Penulis juga tidak lupa untuk menyampaikan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dan mendukung penulis dalam menyelesaikan proposal skripsi ini.

1. Kepada Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng, M.Sc, Selaku Rektor Universitas Medan Area.
2. Kepada Bapak Dr. Eng Supriatno, ST., MT. selaku Dekan Fakultas Teknik Mesin Universitas Medan Area.
3. Kepada Bapak Dr. Iswandi ST., MT. Selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area.
4. Kepada Bapak Dr. Eng Rakhmad Arief Siregar ST, M.Eng Sebagai Dosen Pembimbing yang banyak membantu penulis dalam memberikan arahan dan saran serta ilmunya sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal skripsi.
5. Teristimewa penulis mengucapkan Kepada Kedua Orang Tua dan keluarga tercinta yang selalu mendukung dalam Doa, Materi, dan Nasehat yang dapat membangun semangat penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

6. Kepada seseorang yang tak kalah penting kehadirannya, Nita Qoriaty. Terima kasih telah menjadi bagian dari perjalanan hidup saya, berkontribusi banyak selama perkuliahan, baik tenaga, waktu bahkan pikiran yang diberikan. Terima kasih atas kesabaran dalam menghadapi penulis serta telah menjadi tempat berkeluh kesah, dan menjadi pendengar yang baik. Dukungan dan semangat yang diberikan telah menjadi bagian penting dalam proses ini, membuat penulis mampu bertahan dan terus melangkah. Semoga segala kebaikan tersebut berakhir dengan kebahagiaan yang indah.
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,



Joko Prayoga
NPM : 218130041

DAFTAR ISI

JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR NOTASI.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Pengelasan	4
2.1.1 jenis-jenis pengelasan.....	5
2.1.2 Las MIG	7
2.1.3 Las Fcaw.....	9
2.2 Pengelasan SMAW	10
2.2.1 Prinsip Dasar Pengelasan SMAW.....	13
2.2.2 Posisi Pengelasan	14
2.2.3 Komponen – komponen Mesin Las SMAW	16
2.2.4 Jenis – jenis Sambungan Pengelasan	19
2.3 Tailor Welded Blank (TWB).....	21
2.4 Uji Tarik Material.....	22
2.5 Sifat Fisik Material Baja Karbon.....	24
2.6 Sifat Mekanik Material.....	25
2.6.1 Kekuatan (<i>Strength</i>).....	26
2.6.2 Regangan (<i>Strain</i>)	26
2.7 Pengujian Tarik.....	27
BAB III METODE PENELITIAN	29
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	29
3.1.1 Waktu.....	29
3.1.2 Tempat	29
3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	30
3.2.1 Alat.....	30
3.2.2 Bahan	34
3.3 Metode Penelitian	36
3.4 Populasi dan Sampel.....	38
3.5 Prosedur Kerja	38

3.5.1 Prosedur pembuatan spesimen.....	38
3.5.2 Prosedur pengujian.....	39
3.6 Diagram alir penelitian	40
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	43
4.1 Hasil.....	43
4.1.1 Hasil Pembuatan Spesimen.....	43
4.1.2 Hasil Pengujian Tarik.....	45
4.1.3 Data Pengujian Tarik.....	47
4.2. Pembahasan	52
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	54
5.1 KESIMPULAN.....	54
5.2 SARAN.....	55
DAFTAR PUSTAKA.....	56
LAMPIRAN	58



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Kelebihan dan Kekurangan Las SMAW	11
Tabel 2.2. Klasifikasi baja karbon berdasarkan kandungan karbon	25
Tabel 3.1. Jadwal Penelitian.....	29
Tabel 3.2. Spesifikasi Mesin Las SMAW	30
Tabel 3.3 Spesifikasi Mesin Uji Tarik	33
Tabel 3.4 Hasil pengujian bahan logam	38
Tabel 4.1 Hasil pengujian tarik spesimen baja.....	45
Tabel 4.2 Tegangan Tarik	48
Tabel 4.3 Regangan.....	50



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Mesin Las Listrik.....	6
Gambar 2.2. Las Gas	6
Gambar 2.3. Proses Pengelasan MIG.....	7
Gambar 2.4. Proses Pengelasan Fcaw	10
Gambar 2.5. Proses pengelasan SMAW.....	13
Gambar 2.6. Proses pengelasan	15
Gambar 2.7. Mesin Las SMAW	16
Gambar 2.8. But Weld.....	20
Gambar 2.9. Filled Weld	20
Gambar 2.10. Skema peralatan yang digunakan dalam uji tarik.....	23
Gambar 3.1. Mesin Las SMAW	30
Gambar 3.2. Sikat Kawat Baja	31
Gambar 3.3. Jangka Sorong	32
Gambar 3.4. Helm Las.....	32
Gambar 3.5. Palu Las	33
Gambar 3.6. Mesin Uji Tarik.....	33
Gambar 3.7. Logam Baja ST37	34
Gambar 3.8. Logam Baja AISI 1050	35
Gambar 3.9. Gambar elektroda.....	35
Gambar 3.10. Gambar dimensi spesimen.....	36
Gambar 3.11. Diagram alir prosedur pembuatan.....	39
Gambar 3.12. Diagram alir prosedur pengujian.....	39
Gambar 3.13. Diagram alir.....	40
Gambar 4.1 Sketsa Spesimen ST37 dan AISI 1050	43
Gambar 4.2 Pemotongan Spesimen ST37 dan AISI 1050.....	43
Gambar 4.3 Daerah Sambungan.....	44
Gambar 4.4 Sambungan las SMAW.....	44
Gambar 4.5 Pembentukan Spesimen Dengan Mesin Milling.....	44
Gambar 4.6 Daerah sambungan las butt weld yang sudah berbentuk dogbane.....	45
Gambar 4.7 Grafik Gaya VS Perubahan Panjang.....	46
Gambar 4.8 Kombinasi ST37 dan AISI 1050.....	46
Gambar 4.9 Grafik Tegangan.....	59
Gambar 4.10 Grafik Regangan.....	52
Gambar 4.11 Grafik perbedaan Las Miring dan Las Lurus	53

DAFTAR NOTASI

ε	= Regangan
Δl	= Perubahan Panjang
l_0	= Panjang Awal
σ	= Kekuatan Tarik (MPa)
F	= Gaya Maksimum
A	=Luas Penampang
h	=Tebal
l	=Panjang



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan zaman yang disertai oleh perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK) yang pesat ini menciptakan era globalisasi dan keterbukaan yang menuntut setiap individu untuk ikut serta di dalamnya, sehingga sumber daya manusia harus menguasai ilmu pengetahuan dan teknologi serta mampu mengaplikasikannya dalam setiap kehidupan. Pengembangan teknologi di bidang konstruksi yang semakin maju tidak dapat dipisahkan dari pengelasan karena pengelasan sangat mempunyai peranan penting dalam rekayasa dan reparasi logam. Pembangunan konstruksi dengan logam pada masa sekarang ini banyak melibatkan unsur pengelasan khususnya bidang rancang bangunan karena sambungan las merupakan salah satu pembuatan sambungan yang secara teknis memerlukan keterampilan yang tinggi bagi pengelasnya agar diperoleh sambungan dengan kualitas baik. Pengelasan (*welding*) adalah salah satu teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa tekanan dan dengan atau tanpa logam tambahan dan menghasilkan sambungan yang kontiniu. Salah satu jenis las yang sering digunakan adalah pengelasan SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*). Penyambungan dengan cara pengelasan pada konstruksi logam bagian kendaraan, pada umumnya ada dua cara, yaitu pengelasan dengan las listrik dan pengelasan dengan las gas. Pengelasan las busur listrik atau yang sering disebut dengan las listrik adalah pengelasan dimana menggunakan pesawat las listrik (SMAW).

Pada pengelasan SMAW digunakan elektroda sebagai bahan tambah dan elektroda ini terdiri dari banyak ukuran dan macam jenisnya, tergantung dari kebutuhan dari proses pengelasan itu sendiri. Untuk mendapatkan hasil lasan yang baik dan sempurna maka diperlukan pengaturan arus yang benar dan tepat, tidak hanya itu saja pemilihan mesin las juga akan mempengaruhi hasil pengelasan. Mesin las SMAW menurut arusnya dibedakan menjadi 3 macam yaitu mesin las arus searah atau *Dirrect Current* (DC), mesin arus bolak-balik atau *Alternating Current* (AC), dan mesin las arus ganda yang merupakan mesin las yang dapat digunakan untuk pengelasan dengan arus searah (DC) dan pengelasan dengan arus bolak-balik (AC) (Ahsan et al., 2021).

Dari beberapa penelitian mengenai kekuatan las, kebanyakan dengan fokus perhatian pada kecepatan pergeseran elektroda, pada posisi pengelasan pada bentuk kampuhnya, dan besar arus pengelasan. Hal ini membuat peneliti tertarik untuk menguji kekuatan tarik dari pengelasan SMAW pada proses tailor welded blank (TWB). Berdasarkan latar belakang diatas penulis mengadakan sebuah penelitian yang berjudul : Analisis Kekuatan Tarik Hasil Pengelasan Smaw Pada Proses *Tailor Welded Blank* (TWB) Menggunakan Bahan Logam Yang Berbeda Kandungan Karbon.

1.2 Perumusan Masalah

Bagaimana cara menganalisis uji tarik kekuatan spesimen pengelasan SMAW pada proses *tailor welded blank* (TWB) menggunakan bahan logam yg berbeda kandungan karbon hasil pengujian tarik statis.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini yaitu:

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

1.4 Manfaat Penelitian

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

1. Manfaat penelitian ini untuk mengetahui hasil uji tarik pengelasan SMAW pada proses *tailor welded blank* (TWB) menggunakan bahan logam yang berbeda kandungan karbon.
2. Optimasi proses pengelasan memberikan pengaruh tentang logam yang berbedanya kandungan karbon terhadap kekuatan sambungan, membantu praktis dalam memilih parameter pengelasan yang optimal.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengelasan

Pengelasan (*welding*) adalah teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan Sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa logam penambah dan menghasilkan logam kontinyu. Lingkup penggunaan teknik pengelasan dalam konstruksi sangat luas meliputi perkapalan, jembatan, rangka baja, bejana tekan sarana transportasi, rel, pipa saluran dan lain sebagainya.

Pengelasan berdasarkan klasifikasi cara kerja dapat dibagi dalam tiga kelompok yaitu pengelasan cair, pengelasan tekan, dan pematrian. Pengelasan cair adalah suatu cara pengelasan Dimana benda yang akan disambung dipanaskan sampai mencair dengan sumber energi panas. Jenis las busur Listrik ada 4 yaitu las busur dengan elektroda terbungkus, las busur gas (TIG, MIG, las busur CO_2), las busur tanpa gas, las busur rendam. Jenis dari las busur elektroda terbungkus salah satunya adalah las SMAW (Santoso et al. 2011).

Mengelas bukan hanya memanaskan dua bagian benda sampai mencair dan membiarkan membeku kembali, tetapi membuat lasan yang utuh dengan cara memberikan bahan tambah atau elektroda pada waktu dipanaskan sehingga mempunyai kekuatan seperti yang dikehendaki. Kekuatan sambungan las dipengaruhi beberapa faktor antara lain: prosedur pengelasan, bahan, elektroda dan jenis kampuh yang digunakan. selama pengelasan akan mengalami pencairan bersama-sama dengan logam induk yang menjadi bagian kampuh las. Dengan

adanya pencairan ini maka kampuh las akan terisi oleh logam cair yang berasal dari elektroda dan logam induk. (Syahrani & Sam, n.d.)

Jenis Sambungan Pengelasan adalah tipe sambungan material atau plat yang digunakan untuk proses pengelasan. Jenis sambungan las mempunyai beberapa macam yang menjadi jenis sambungan utama yaitu *Butt Joint*, *Fillet (T) Joint*, *Corner Joint*, *Lap Joint* dan *Edge Join*.

2.1.1 Jenis – jenis Pengelasan

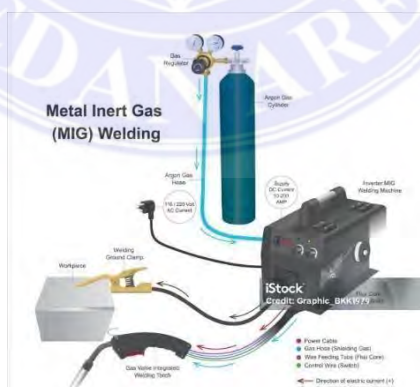
Terdapat berbagai jenis pengelasan yang digunakan dalam proses penyatuan logam. Dalam beberapa literatur, berikut ini dijelaskan beberapa metode pengelasan yang dikenal (Muku 2009).

1. Las Listrik

Las listrik atau las busur adalah cara pengelasan dengan menggunakan busur listrik yang terjadi diantara ujung elektroda dan bahan dasar akan mencairkan ujung elektroda dan Sebagian bahan dasar elektroda yang turut terbakar akan mencair dengan logam menghasilkan sambungan permanen. Pada Las listrik, panas yang diperoleh untuk proses pelelehan diperoleh dari perbedaan tegangan antara ujung tangkai las dengan benda yang akan di las. Kalau elektroda las cukup dekat dengan benda yang akan dikerjakan itu, akan terjadi loncatan bunga api permanen yang berasal dari arus listrik. Selama melakukan las listrik, tetesan elektroda lempengan logam berdiameter tertentu, berjatuhan menjadi kumpulan cairan logam. Las listrik dapat dilihat pada gambar 2.7

2.1.2 Las MIG

Las MIG merupakan las busur dengan elektrode terumpan, memiliki efisiensi yang tinggi dan biaya yang cukup rendah. Pengelasan MIG lebih dikenal sebagai mesin las busur gas, sehingga dapat disebut juga GMAW (*Gas Metal Arc Welding*) yaitu suatu proses pengelasan busur listrik. Las MIG banyak digunakan untuk mengelas besi ataupun baja dan biasanya dioperasikan secara semi otomatis, sehingga dengan pesatnya perkembangan dunia kerja konstruksi yang membutuhkan pengelasan yang cepat dan kualitas tinggi, maka proses MIG sudah dijadikan alternatif proses pengelasan yang banyak digunakan, mulai dengan pekerjaan konstruksi ringan sampai berat. secara luas digunakan setiap kali dibutuhkan peleburan/penyatuan logam dengan kecepatan tinggi dan sedang. Teknik ini menggunakan ARC DC yang nyala di antara bagian yang dikerjakan dan kawat elektroda, dimana elektroda ini fungsinya secara simultan adalah sebagai pembawa tenaga dan sumber filler logam. Proses pengelasan Las MIG dapat dilihat pada gambar 2.1



Gambar 2.3. Proses PengeHarlasan MIG

Las MIG merupakan proses penyambungan dua material logam atau lebih menjadi satu melalui proses pencairan setempat, dengan menggunakan elektroda gulungan (*rod filler metal*) yang sama dengan logam dasarnya (*base metal*) dan menggunakan argon dan helium sebagai gas pelindung (*inert gas*). Pada proses pengelasan MIG gas disemburkan ke daerah yang dilas untuk melindungi busur, elektroda dan logam induk yang mencair terhadap pengaruh udara luar. Gas pelindung yang dipakai adalah gas yang tidak mudah bereaksi baik terhadap udara luar maupun logam yang mencair. Elektroda sekaligus berfungsi sebagai logam pengisi, diumpankan secara terus menerus dengan kecepatan konstan tertentu bergerak sepanjang sambungan las. Saat ini las MIG banyak sekali digunakan dalam praktek, terutama untuk pengelasan baja dan logam-logam baja yang tidak dapat dilas dengan cara lain. Berdasarkan fungsi elektrodanya tersebut maka las MIG tergolong pengelasan dengan elektroda terumpan, dimana elektroda selain berfungsi sebagai pembangkit busur (*arc*) juga berfungsi sebagai logam pengisi.

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, kedekatan udara dan sifat-sifat lainnya lebih 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

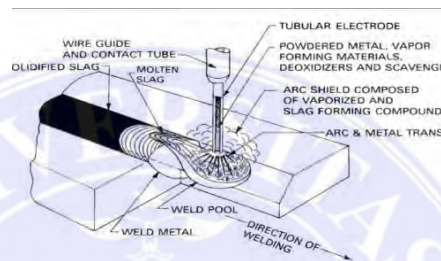
2.1.3 Las Fcaw

Las FCAW (*Flux cored arc welding*) adalah sebuah proses pengelasan yang menggunakan sumber panas yang berasal dari energi listrik yang dikonversi menjadi sumber panas pada busur listrik. pada pengelasan FCAW ini jenis pelindung yang digunakan adalah *flux* atau serbuk yang berada di inti kawat las (kawat las yang digulung dalam sebuah roll) selain *flux* pengelasan FCAW ini juga menggunakan gas pelindung untuk melindungi logam las yang mencair pada saat proses pengelasan berlangsung. pada las FCAW ini juga memiliki dua tipe yang dimana tipe ini dapat dibedakan menurut jenis perlindungan yang digunakan yaitu:

1. *Self Shielding* FCAW adalah proses pengelasan FCAW yang menggunakan *flux* yang berada di inti kawat las untuk melindungi logam las saat mencair.
2. *Gas Shielding* FCAW adalah proses pengelasan FCAW yang menggunakan *flux* dan tambahan gas yang berasal dari luar sistem atau gas dari tabung.

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, penyiapan 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. Dikarenakan pada proses pengelasan FCAW ini 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.



Gambar 2.4. Proses Pengelasan Fcaw

2.2 Pengelasan SMAW

SMAW adalah semua proses penyambungan dua komponen atau lebih yang berbahan logam, dan lainnya. Las SMAW merupakan proses penyambungan 2 buah logam yang sejenis atau lebih dengan menggunakan sumber panas listrik dengan menggunakan elektroda terbungkus sebagai bahan tambahan atau pengisi sehingga akan membuat sambungan tetap. Tegangan listrik yang digunakan dalam pengelasan ini yaitu 23 - 45 Volt dan untuk pencairan digunakan arus listrik hingga 500 ampere, yang umum digunakan berkisar antara 80-200 ampere. (Antaqiya, Budiarto, and Jokosisworo 2019).

Material atau Logam yang dipergunakan dalam pengelasan ini mengalami pencairan akibat pemanasan dari busur listrik yang timbul antara ujung elektroda dan permukaan benda kerja. Busur listrik yang dibangkitkan dari suatu mesin las dan elektroda yang dipergunakan berupa kawat yang dibungkus pelindung berupa fluks. Elektroda ini selama pengelasan akan mengalami pencairan bersama dengan logam induk dan membeku secara bersamaan menjadi bagian dari kampuh las. Pada proses pemindahan logam, elektroda ini terjadi saat ujung elektroda mencair dan membentuk butir - butir yang terbawa arus busur listrik yang terjadi. Apabila digunakan arus listrik yang besar maka butiran logam cair yang terbawa akan menjadi halus begitu juga sebaliknya apabila arus listriknya kecil maka butirannya menjadi besar.

Metode SMAW banyak digunakan pada masa ini karena penggunaannya lebih praktis, lebih mudah pengoperasiannya dan dapat digunakan untuk segala macam posisi pengelasan yang lebih efisien.

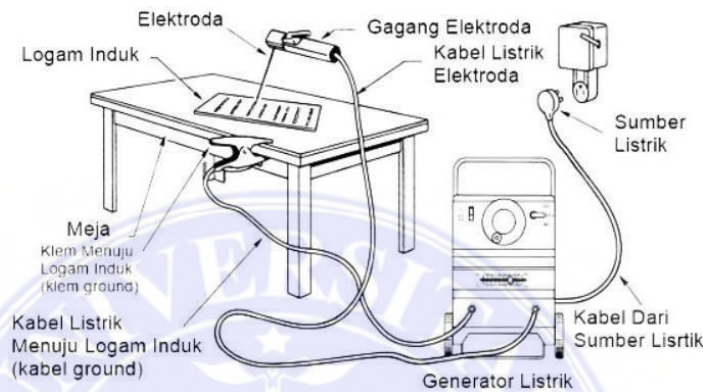
Tabel 2.1. Kelebihan dan Kekurangan Las SMAW

Kelebihan	Kekurangan
<ol style="list-style-type: none"> 1. Dapat dipakai Dimana saja, diluar dibengkel dan didalam air. 2. Dapat mengelas berbagai macam tipe dari material. 3. Set-up yang cepat dan sangat mudah untuk diatur. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pengelasan terbatas hanya sampai sepanjang elektroda dan harus melakukan penyambungan setiap akan melakukan pengelasan berikutnya slag harus dibersihkan.

<ol style="list-style-type: none"> 4. Dapat dipakai mengelas semua posisi 5. Elektroda mudah didapat dalam banyak ukuran dan diameter 6. Peralatan yang digunakan sederhana, murah dan mudah dibawa kemana-mana. 7. Kebisingan rendah (<i>rectifier</i>) 8. Tidak terlalu sensitip terhadap korosi, oli dan gemuk. 	<ol style="list-style-type: none"> 2. Diameter elektroda tergantung dari tebal <i>plate</i>. 3. Efisiensi endapan rendah dan rentan terjadi cacat las, porosity dan <i>slag inclusion</i>.
---	--

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 ketika nyala 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 50000C yang dapat mencairkan kedua logam tersebut (Studi et al. 2008). Proses pengelasan Las SMAW dapat dilihat pada gambar 2.5



Gambar 2.5. Proses pengelasan SMAW

2.2.1 Prinsip Dasar Pengelasan SMAW

Prinsip dasar pengelasan SMAW adalah menggunakan busur listrik sebagai sumber panas untuk mencairkan logam. Berikut ini adalah beberapa prinsip dasar pengelasan SMAW.

1. Elektroda terbungkus

Elektroda terbungkus berfungsi sebagai kutub negatif, sedangkan benda kerja sebagai kutub positif. Elektroda akan meleleh dan menjadi bahan pengisi

2. Lapisan *flux*

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

2.2.2 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 (*over head position*). (Tarkono 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*)

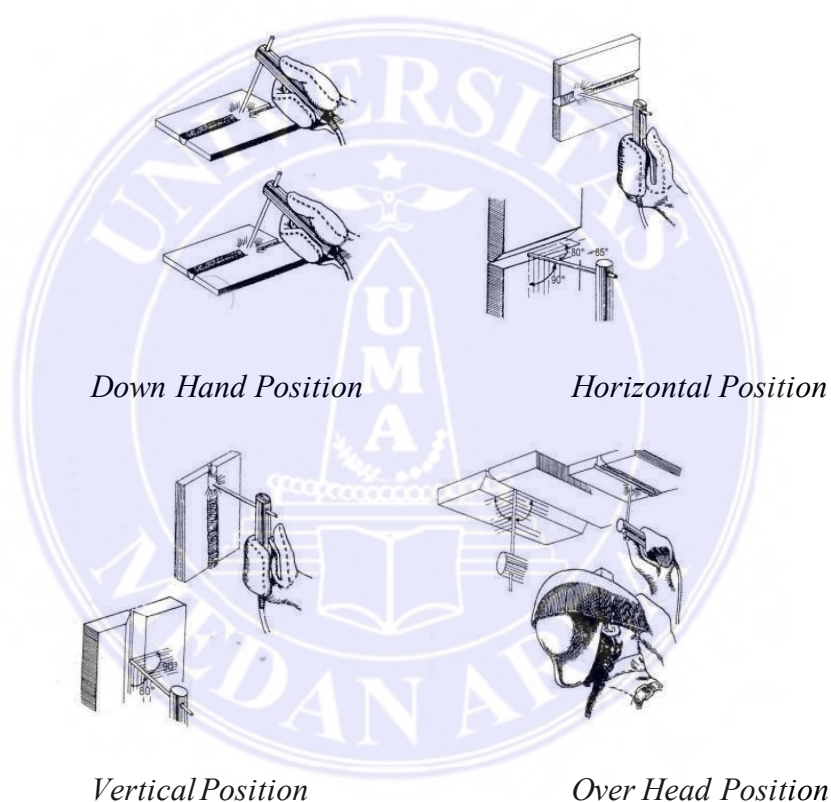
Mengelas dengan posisi mendatar merupakan pengelasan yang arahnya mengikuti arah garis mendatar/horizontal. Pada posisi pengelasan ini kemiringan dan arah ayunan elektroda harus diperhatikan, karena akan sangat mempengaruhi hasil pengelasan. Posisi benda kerja biasanya berdiri tegak atau agak miring 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 di atas kepala, yaitu letak elektroda berada di bawah benda kerja.



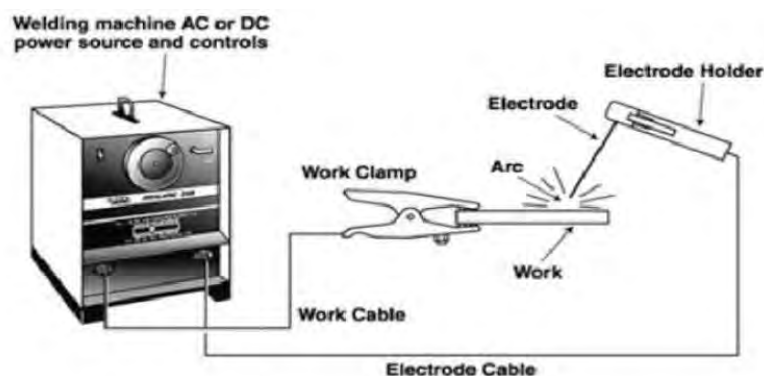
Gambar 2.6. Proses pengelasan

2.2.3 Komponen – komponen Mesin Las SMAW

Perlengkapan yang diperlukan untuk proses pengelasan SMAW adalah peralatan yang paling sederhana dibandingkan dengan proses pengelasan listrik yang lainnya. Ada pun perlengkapan las smaw adalah :

1. Transformator DC/AC
2. Kabel massa dan kabel elektroda
3. Holder dan klem massa
4. Elektroda
5. *Connectors*
6. Palu cipping
7. Sikat kawat dan alat perlindungan diri yang sesuai

Metode SMAW banyak digunakan pada masa ini karena penggunaannya lebih praktis, lebih mudah pengoperasiannya, dapat digunakan untuk segala macam posisi pengelasan dan lebih efisien. Mesin las SMAW dapat dilihat pada gambar 2.7 berikut ini (Saputra Ismy et al. 2020).



Gambar 2.7. Mesin Las SMAW

Berikut uraian mengenai komponen-komponen Las SMAW

1. Sumber Tegangan (*power source*)

Sumber tegangan diklasifikasikan sebagai mesin las AC dan mesin las DC, mesin las AC biasanya berupa trafo las, sedangkan mesin las DC selain trafo juga ada yang dilengkapi dengan rectifier atau diode (perubah arus bolak balik menjadi arus searah) biasanya menggunakan motor penggerak baik mesin diesel, motor bensin dan motor listrik.

2. Kabel massa dan kabel elektroda (*ground cable and electrode cable*)

Kabel massa dan kabel elektroda berfungsi menyalurkan aliran listrik dari mesin las ke material las dan kembali lagi ke mesin las. Ukuran kabel masa dan kabel elektroda ini harus cukup besar untuk mengalirkan arus listrik, apabila kurang besar akan menimbulkan panas pada kabel dan merusak isolasi kabel yang akhirnya membahayakan pengelasan.

3. Holder (*penjepit elektroda*) dan claim massa

Pemegang elektrode berguna untuk mengalirkan arus listrik dari kabel elektrode ke elektrode. serta sebagai pegangan elektrode sehingga pengelas tidak merasa panas pada saat mengelas. Klem massa berguna untuk menghubungkan kabel masa dari mesin las dengan material biasanya klem masa mempunyai per untuk penjepitnya

4. Elektroda

Sebagian besar elektrode las SMAW dilapisi oleh lapisan *flux* yang berfungsi sebagai pembentuk gas yang melindungi cairan logam dari kontaminasi udara sekelilingnya. Selain itu *flux* berguna juga untuk membentuk terak las yang berfungsi melindungi cairan las dari udara.

Bagian terpenting dalam las busur listrik adalah elektroda las. Jenis elektroda yang dipergunakan menentukan hasil pengelasan sehingga sangat penting untuk mengetahui sifat dan jenis dari masing-masing elektroda sebagai dasar pemilihan elektroda yang tepat. Sesuai dengan jenis logam yang dilas, maka kawat las atau elektroda dapat dibedakan atas empat golongan, yaitu:

1. Elektroda baja karbon (*mild steel arc welding electrodes*). Elektroda ini dipakai untuk mengelas baja lunak (*mild steel*), baja-baja dengan presentase karbon yang rendah.
2. Elektrode baja campuran (*alloy steel arc welding electrodes*), dipakai untuk mengelas baja campuran, misalnya stainless steel.
3. Elektrode bukan besi (*nonferrous arc welding electrodes*), dipakai untuk mengelas bahan-bahan bukan besi atau baja, misalnya aluminium, kuningan dan perunggu.
4. Elektrode besi tuang (*cast iron arc welding electrodes*), dipakai untuk mengelas besi tuang.

Pada dasarnya elektroda yang dipakai adalah sesuai dengan logam induk yang dipakai, dan kualitas inti logam electrode dibuat lebih baik dari logam yang akan di las. Kawat Elektroda terdiri dari dua bagian yaitu bagian yang berselaput (*fluks*) dan tidak berselaput. Sedangkan fungsi *fluks* sendiri adalah menghasilkan gas pelindung untuk melindungi logam cair dari pengaruh udara luar, menstabilkan/memantapkan busur pengatur penggunaan dan sebagai unsur paduan.

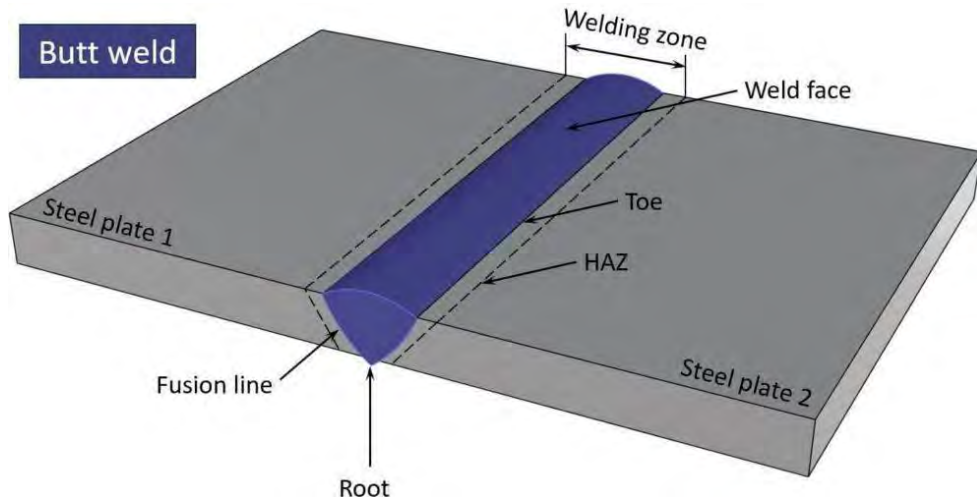
Elektroda las juga sangat mempengaruhi karakteristik hasil lasan, pada sisi lain jenis elektroda untuk pengelasan sering menjadi pilihan pribadi tukang las itu sendiri tanpa memperhatikan kekuatan lasnya.

2.2.4 Jenis – jenis Sambungan Pengelasan

Sambungan pengelasan adalah sambungan material atau plat yang digunakan untuk proses pengelasan dengan tujuan untuk mendapatkan penetrasi dan hasil sambungan yang maksimal. Jenis sambungan las mempunyai beberapa macam yang menjadi jenis sambungan utama. Ada berbagai macam standar dalam pengelasan mempunyai sifat sambungan las yang berbeda dan jenis sambungan pengelasan bermacam-macam, ada dua tipe pengelasan yang paling banyak digunakan yaitu butt weld dan fillet weld, tipe sambungan tersebut mempunyai tujuan tertentu antara lain:

1. *Butt Weld*

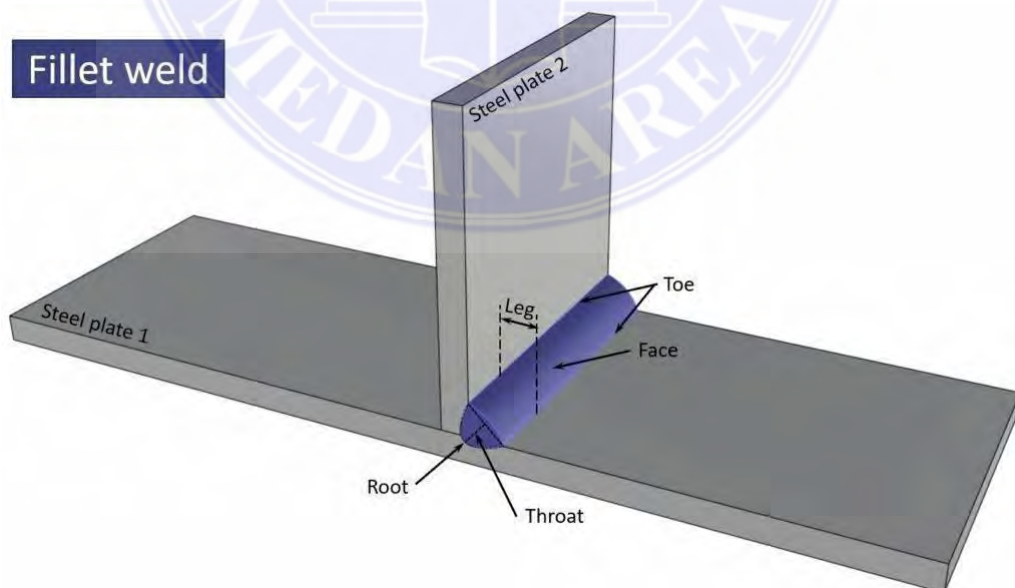
Butt weld adalah salah satu jenis desain sambungan las yang paling sederhana dan serbaguna. Sambungan dibentuk hanya dengan menempatkan dua potong logam ujung ke ujung dan kemudian dilas di sepanjang sambungan. Yang penting, dalam sambungan butt weld, permukaan benda kerja yang disambung berada pada bidang yang sama dan logam las tetap berada di dalam bidang permukaan. Dengan demikian, benda kerja hampir sejajar dan tidak tumpang tindih. Butt weld dapat dilihat pada gambar 2.8



Gambar 2.8. *But Weld*

2. *Fillet weld*

Fillet weld adalah jenis las yang memiliki penampang segitiga kasar. Las fillet biasanya membutuhkan persiapan sambungan yang lebih sedikit dari pada las alur, menjadikannya metode penyambungan yang sangat hemat biaya dan karena itu jauh lebih melimpah di industri pengelasan (Destarius Mahardika, 2020). *Fillet weld* dapat dilihat pada gambar 2.9



Gambar 2.9. *Filled Weld*

2.3 *Tailor Welded Blank (TWB)*

Tailor Welded Blank (TWB) adalah part atau komponen setengah jadi hasil dari sambungan pengelasan pada lembaran logam yang memiliki paduan, ketebalan, pelapis atau sifat material yang berbeda. Komponen setengah jadi hasil dari sambungan pengelasan adalah sambungan las yang telah selesai dikerjakan namun belum melalui proses *finishing*. *Tailor welded blank (TWB)* merupakan salah satu proses yang mulai digunakan dalam industri otomotif. Di beberapa industri kebutuhan akan produk yang ringan dan hemat biaya dengan kinerja luar biasa sangat penting untuk kesuksesan (Khoirudin et al. 2021). 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 (Jannifar et al. 2020) penggunaan TWB dalam industri otomotif membantu meningkatkan efisiensi bahan bakar dan mengurangi emisi gas rumah kaca dengan mengurangi berat kendaraan.

Keuntungan penggunaan TWB antara lain:

1. Mengurangi berat produk
2. Menurunkan kebisingan
3. Mengurangi biaya produksi dan efisien waktu

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

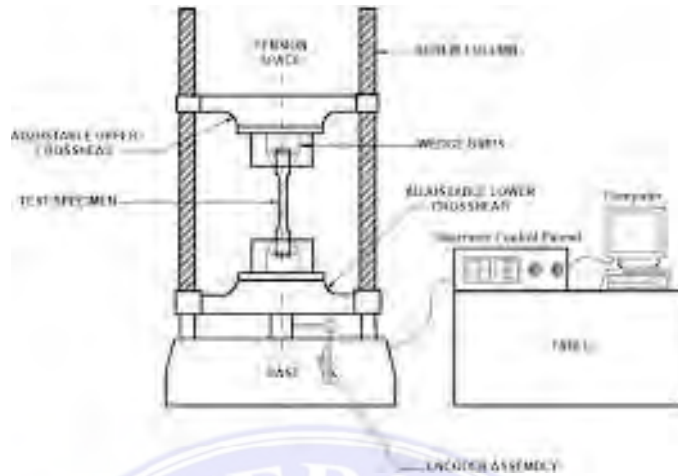
et al. (2020), penggunaan TWB dalam industri otomotif membantu meningkatkan efisiensi bahan bakar dan mengurangi emisi gas rumah kaca dengan mengurangi berat kendaraan. Proses produksi TWB dimulai dengan pemotongan lembaran logam menjadi bentuk yang diinginkan sebelum digabungkan. Setelah pengelasan, 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 perubahan bentuk asli (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.

2.4 Uji Tarik Material

Salah satu hal yang bisa menyebabkan kegagalan pada elemen sebuah konstruksi mesin adalah beban yang bekerja pada elemen mesin besarnya melebihi kekuatan material. Kekuatan merupakan sifat yang dimiliki oleh setiap material. Kekuatan pada material dibagi menjadi dua bagian yaitu kekuatan tarik dan kekuatan mulur. Kekuatan material bias diperoleh dari sebuah pengujian yang dikenal dengan nama uji tarik. Dari pengujian itu selain diperoleh spesimen kerja yang putus karena proses penarikan, juga dihasilkan sebuah kurva uji tarik. Kurva ini merupakan gambaran dari proses pembebanan pada spesimen kerja mulai dari

awal penarikan hingga spesimen kerja itu putus. (Test, Strength, and Cell 2016).



Gambar 2.10. Skema peralatan yang digunakan dalam uji tarik

Uji tarik banyak dilakukan untuk melengkapi informasi rancangan dasar kekuatan suatu bahan dan sebagai data pendukung bagi spesifikasi bahan. Pada uji tarik benda uji diberi beban gaya tarik sesumbu yang bertambah secara kontiniu, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan mengenai perpanjangan yang dialami benda uji. Uji tarik banyak digunakan di industri karena informasi yang diberikannya mengenai sifat mekanik material cukup banyak dan mudah untuk diolah. Selain itu, pengujian ini juga dapat digunakan untuk hampir semua jenis material, dimulai dari logam, keramik, dan polimer.

Untuk mengetahui kekuatan tarik suatu bahan dalam pembebanan tarik, garis gaya harus berhimpit dengan garis sumbu bahan sehingga pembebanan terjadi beban tarik lurus. Tetapi jika gaya tarik sudut berhimpit maka yang terjadi adalah gaya lentur. Mesin uji tarik terdiri dari beberapa bagian pendukung utama, diantaranya kerangka, mekanisme pencekam spesimen, sistem penarik dan mekanisme, serta sistem pengukur.

2.5 Sifat Fisik Material Baja Karbon

1. Baja Karbon

Baja karbon adalah paduan besi karbon di mana unsur karbon sangat menentukan sifat-sifatnya, sedang unsur-unsur paduan lainnya yang biasa terkandung di dalamnya terjadi karena proses pembuatannya. Sifat baja karbon biasa ditentukan oleh persentase karbon dan mikrostruktur (Smaw and Astm 2017). Menurut Amanto dan Daryanto (1999), baja karbon dapat diklasifikasikan berdasarkan jumlah kandungan karbonnya, yaitu baja karbon rendah disebut baja ringan (*mild steel*) atau baja perkakas, bukan baja yang keras, karena kandungan karbonnya rendah kurang dari 0,3%. Baja karbon sedang mengandung karbon 0,3-0,6% dan memungkinkan baja untuk dikeraskan sebagian dengan pengerjaan panas (*heat treatment*) yang sesuai. Baja karbon tinggi mengandung karbon 0,6-1,5%, dibuat dengan cara digiling panas.

Baja karbon dapat diklasifikasikan berdasarkan jumlah persentase komposisi kimia karbon dalam baja yakni sebagai berikut:

A. Baja Karbon Rendah (*Low Carbon Steel*)

Baja karbon rendah merupakan baja dengan kandungan unsur karbon dalam struktur baja kurang dari 0,3% C. Baja karbon rendah ini memiliki ketangguhan dan keuletan tinggi akan tetapi memiliki sifat kekerasan dan ketahanan aus yang rendah. Pada umumnya baja jenis ini digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan komponen struktur bangunan, pipa gedung, jembatan, bodi mobil, dan lain-lainya.

B. Baja Karbon Sedang (*Medium Carbon Steel*)

Baja karbon sedang merupakan baja karbon dengan persentase kandungan karbon pada besi sebesar 0,3% C – 0,59% C. Baja karbon ini memiliki kelebihan.

bila dibandingkan dengan baja karbon rendah, baja karbon sedang memiliki sifat mekanis yang lebih kuat dengan tingkat kekerasan yang lebih tinggi dari pada baja karbon rendah.

C. Baja Karbon Tinggi (*High Carbon Steel*)

Baja karbon tinggi adalah baja karbon yang memiliki kandungan karbon sebesar 0,6% C – 1,4% C. Baja karbon tinggi memiliki sifat tahan panas, kekerasan serta kekuatan tarik yang sangat tinggi akan tetapi memiliki keuletan yang lebih rendah sehingga baja karbon ini menjadi lebih getas. Baja karbon tinggi ini sulit diberi perlakuan panas untuk meningkatkan sifat kekerasannya, hal ini dikarenakan baja karbon tinggi memiliki jumlah martensit yang cukup tinggi sehingga tidak akan memberikan hasil yang optimal pada saat dilakukan proses pengerasan permukaan.

Tabel 2.2. Klasifikasi baja karbon berdasarkan kandungan karbon

No	Jenis Baja Karbon	Presentase Unsur Karbon (% C)
1	Baja Karbon Rendah	0,3 %C
2	Baja Karbon Sedang	0,3% C – 0,59% C
3	Baja Karbon Tinggi	0,6% C – 1,4% C

2.6 Sifat Mekanik Material

Sifat mekanik didefinisikan sebagai ukuran kemampuan suatu bahan untuk membawa atau menahan gaya atau tegangan yang diberikan padanya. Pada saat menahan beban, atom-atom atau struktur molekul berada dalam kesetimbangan. Gaya ikatan pada struktur menahan setiap usaha untuk mengganggu kesetimbangan ini, misalnya gaya luar atau beban. Untuk dapat mengetahui sifat mekanik dari suatu material maka diperlukan suatu pengujian, salah satu pengujian yang paling sering dilakukan yaitu uji tarik (*tensile test*). Pengujian ini memiliki fungsi untuk mengetahui tingkat kekuatan material dan untuk mengenali karakteristik pada

material tersebut.

Terdapat beberapa spesimen pada uji tarik. Uji Tarik (*Tensile Test*) adalah suatu metode yang digunakan untuk menguji kekuatan (*tensile strength*) suatu material/bahan dengan cara memberikan beban (gaya statis) yang sesumbu dan diberikan secara lambat atau cepat. Diperoleh hasil sifat mekanik dari pengujian ini berupa kekuatan, regangan dan elastisitas dari material/bahan.

2.6.1 Kekuatan (*Strength*)

Kekuatan adalah nilai yang paling sering dituliskan sebagai hasil suatu uji tarik dan kekuatan tekan. Kekuatan pada sifat mekanis material adalah suatu kesiapan atau dapat menerima suatu tegangan tanpa menyebabkan terjadinya kerusakan pada material.

2.6.2 Regangan (*Strain*)

Strain atau regangan di definisikan sebagai perbandingan perubahan panjang benda terhadap panjang mula-mula akibat suatu gaya dengan arah sejajar perubahan panjang tersebut. Dalam satuan internasional, strain memiliki lambang ε dengan satuan mm atau %. Dengan pengujian kekuatan tarik maka didapatkan gejala fisis yaitu perubahan pertambahan panjang dari suatu komposit uji dengan panjang semula menjadi pertambahan panjang setelah uji tarik.

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana

ε = Regangan

Δl = Perubahan Panjang

l_0 = Panjang Awal

2.7 Pengujian Tarik

Pengujian tarik (*tensile test*) adalah pengujian secara mekanik statis dengan cara sampel/spesimen ditarik dengan menggunakan beban pada kedua ujung spesimen, dimana beban yang diberikan akan perlahan-lahan naik hingga spesimen uji tersebut patah. Uji tarik banyak dilakukan untuk melengkapi informasi rancangan dasar kekuatan suatu bahan dan sebagai data pendukung bagi spesifikasi bahan. Pada uji tarik benda uji diberi beban gaya tarik sesumbu yang bertambah secara kontiniu, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan mengenai perpanjangan yang dialami benda uji (Salindeho, Soukota, and Poeng 2018). Pengujian tarik merupakan salah satu pengujian material yang paling banyak dilakukan di dunia industri. Karena pengujian ini terbilang yang paling mudah dan banyak data yang bisa diambil dari pengujian ini. Diantaranya yang bisa didapat dari pengujian tarik ini adalah Kekuatan tarik (*Ultimate Tensile Strenght*), Kekuatan mulur (*Yield Strenght or Yield Point*), Elongasi (*Elongation*) dan Elastisitas (*Elasticity*). Secara umum prinsip kerja pengujian tarik adalah menarik sebuah spesimen dengan alat penarik yang dilengkapi alat pencatat data, sampai spesimen tersebut putus. Pencatatan data dilakukan mulai spesimen ditarik sampai spesimen tersebut putus (Al Ayubbi, Darmanto, and Ariwibowo 2022).

Karena pentingnya pengujian tarik ini, kita sebagai mahasiswa teknik mesin hendaknya mengetahui mengenai pengujian ini. Dengan adanya kurva tegangan regangan kita dapat mengetahui kekuatan tarik, kekuatan luluh, keuletan, modulus elastisitas, dan lain-lain. Pada pegujian tarik ini kita juga harus mengetahui dampak pengujian terhadap sifat mekanis dan fisik suatu logam. Dengan mengetahui parameter tersebut, kita dapat data dasar mengenai kekuatan suatu bahan atau logam.

Tujuannya untuk mengetahui karakteristik mekanik tarik (kekuatan tarik) dari komposit. Pengujian tarik antara lain bertujuan untuk mengetahui kekuatan tegangan, regangan, modulus elastisitas pada bahan komposit. Untuk menghitung nilai tegangan, regangan dan modulus dapat menggunakan persamaan:

Menghitung kekuatan tarik

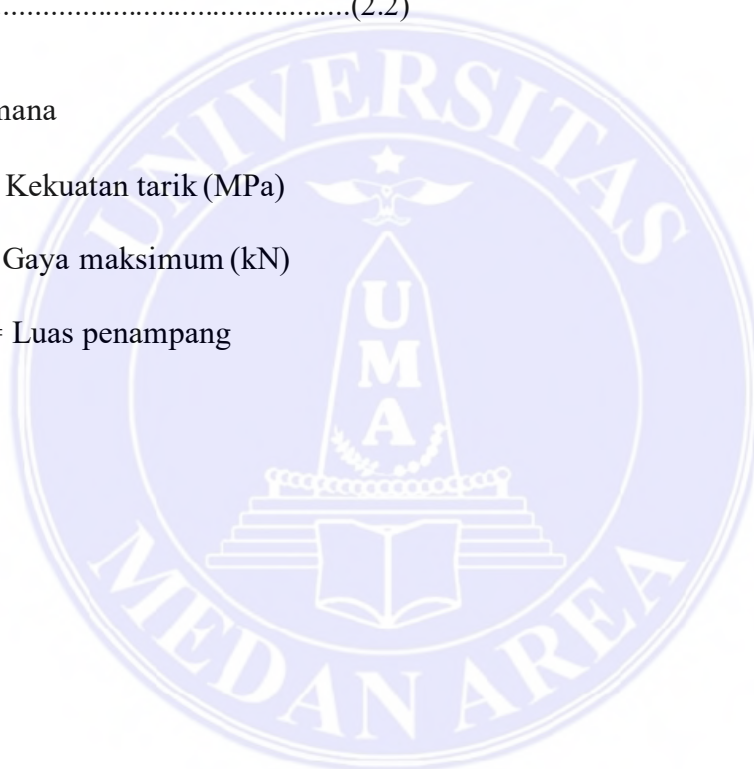
$$\sigma = \frac{F}{A} \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana

σ = Kekuatan tarik (MPa)

F = Gaya maksimum (kN)

A = Luas penampang



BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

3.1.1 Waktu

Adapun waktu penelitian yang dilaksanakan sejak tanggal dikeluarkannya surat keputusan tugas akhir dan penentuan dosen pembimbing. Berikut ini tabel 3.1 waktu pelaksanaan penelitian.

Tabel 3.1. Jadwal Pelaksanaan Penelitian

Aktifitas	2024				2025				
	Okt	Nov	Des	Jan	Feb	juni	juli	Agst	Okt
Pengajuan Judul									
Penulisan Proposal									
Seminar Proposal									
Pembuatan spesimen									
Pengujian tarik									
Pengolahan data									
Seminar Hasil									
Evaluasi dan Persiapan sidang									

3.1.2 Tempat

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

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian tentang analisis kekuatan tarik hasil pengelasan SMAW pada Proses *Tailor Welded Blank* menggunakan bahan logam yang berbeda kandungan karbon yaitu :

3.2.1 Alat

Alat adalah perangkat yang digunakan dalam proses penelitian. Berikut ini adalah alat – alat yang digunakan dalam penelitian antara lain:

1. Mesin las SMAW

Mesin las SMAW (*Shield Metal Arc Welding*) adalah mesin yang digunakan untuk menyambungkan dua atau lebih keping logam dengan cara meleburnya menggunakan panas dari loncatan elektroda. Mesin las SMAW menggunakan arus listrik bolak-balik (AC) atau arus searah (DC).



Gambar 3.1. Mesin Las SMAW

Berikut ini spesifikasi mesin las yang digunakan pada penelitian ini :

Tabel 3.2 Spesifikasi Mesin Las SMAW

Parameter	Nilai
Standar	EN 60974-1:2005
<i>Input Voltage</i> (U1)	220-240 V
Frekuensi	50/60 Hz
<i>Duty Cycle</i> (%)	25% pada 120A, 60% pada 93A

Arus Las Maksimum (I ₂)	120A
Tegangan Tanpa Beban (U ₀)	56 V
Tegangan Kerja (U ₂)	24.8 V @ 120A, 23.7 V @ 93A
Arus Input Maksimum (I _{1 max})	22A
<i>Rating Fuse</i> (I _{1 eff})	11A
Kelas Perlindungan	IP23
Kelas Isolasi	F
Jenis Proses Las	SMAW / MMA (Manual Metal Arc)

2. Sikat 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 dapat dilihat pada gambar 3.2 berikut ini.



Gambar 3.2. Sikat Kawat Baja

3. Alat ukur Las (Jangka Sorong)

Untuk memastikan ketebalan material yang akan dilas agar proses pengelasan dilakukan dengan tepat, menghindari pemborosan bahan dan energi. Serta mengukur suhu las dan lingkungan untuk menghindari distorsi atau kerusakan pada logam yang dapat terjadi akibat panas berlebih. Seperti dilihat pada gambar 3.3 berikut



Gambar 3.3. Jangka Sorong

4. 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. Seperti dilihat pada gambar 3.4 berikut.



Gambar 3.4. Helm Las

5. Palu Las

Palu las digunakan untuk memukul dan mengangkat slag (lapisan oksida) yang terbentuk setelah proses pengelasan, sehingga hasil las menjadi lebih bersih. Dan juga dapat disesuaikan dalam berbagai situasi sehingga dapat disesuaikan pada posisi bagian yang akan dilas untuk menggeser komponen agar lebih pas.



Gambar 3.5. Palu Las

6. Mesin Uji Tarik

Mesin uji Tarik digunakan untuk menentukan kekuatan dan perilaku deformasi material hingga titik patah seperti dilihat pada gambar 3.6.



Gambar 3.6. Mesin Uji Tarik

Tabel 3.3 Spesifikasi Mesin Uji Tarik

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

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian tentang analisis kekuatan tarik hasil pengelasan SMAW pada proses *tailor welded blank* (TWB) menggunakan bahan logam yang berbeda kandungan karbon yaitu:

1. Bahan baja

Dalam melakukan penelitian ini untuk membuat spesimen atau bahan uji terdapat beberapa bahan yang digunakan dalam penelitian. Bahan-bahan yang digunakan terdiri dari:

2. Plat Baja ST37

Bahan yang dipilih dalam penelitian ini memakai bahan baja dengan kandungan karbon rendah, baja ST37 dengan kadar karbon dibawah 0,25%. Baja karbon rendah ini sering digunakan untuk bagian-bagian mesin seperti: gear, rantai dll. Gambar baja tipe ST37 dapat dilihat pada gambar 3.7



Gambar 3. 7. Logam Baja ST37

3. Plat Baja AISI 1050

Plat baja AISI 1050 itu ialah baja yang punya kadar karbon 0,50% yang memberikan kekuatan tarik yang relatif tinggi dibandingkan baja dengan kandungan karbon lebih rendah. banyak sekali digunakan untuk pembuatan peralatan perkakas, roda gigi dll. Gambar baja AISI 1050 dilihat pada gambar 3.8



Gambar 3.8. Baja AISI 1050

4. Elektroda

Bahan inti kawat yang dilapisi (*fluks*) dari bahan kimia tertentu disesuaikan dengan jenis pengelasan. Elektroda ini disebut juga *consumable electrode*, karena bisa habis saat digunakan mengelas. Adapun spesifikasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah AWS A5.1 E6013, JIS Z 3211 D4313.

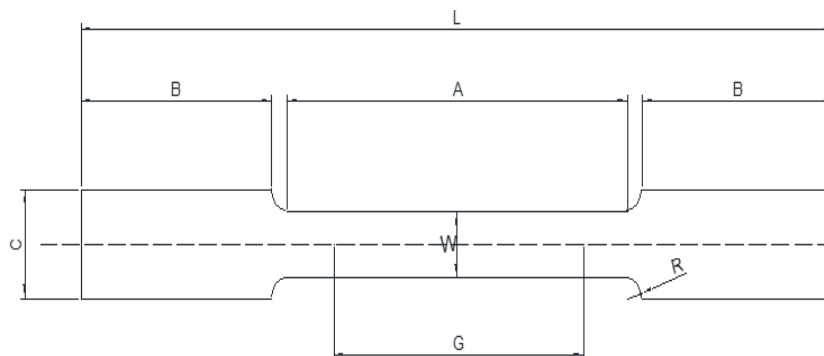


Gambar 3.9. Elektroda

3.3 Metode Penelitian

Dalam melakukan penelitian, analisis kekuatan tarik hasil pengelasan SMAW pada proses *tailor welded blank* (TWB) menggunakan bahan logam yang berbeda kandungan karbon. Digunakan metode eksperimen secara umum metodologi yang digunakan dalam penelitian ini ada beberapa tahapan, diantaranya dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Studi Literatur adalah proses pencarian, pengumpulan, dan analisis berbagai sumber referensi yang relevan untuk memahami topik atau masalah tertentu dan melakukan diskusi mengenai penelitian ini pada dosen pembimbing.
2. Persiapan alat dan bahan, melakukan survei atau observasi lapangan untuk mencari alat dan bahan yang digunakan pada penelitian, serta mempelajari dan membandingkan alat dan bahan yang lebih efisien dari segi kualitas dan ekonomis.
3. Pembuatan spesimen pada penelitian ini untuk membuat spesimen dapat ditentukan bahan jenis logam yang digunakan yaitu baja ST 37 dan baja AISI 1050 lalu di lanjutkan dengan pemotongan material sesuai standar ASTM-A370-07A. Dimensi spesimen kekuatan tarik dapat dilihat pada gambar 3.10



Gambar 3.10. Dimensi Spesimen

4. Pengujian spesimen uji tarik, Pengujian spesimen uji tarik digunakan untuk menilai sifat mekanis material, terutama untuk mengetahui kemampuan material dalam menahan gaya tarik sebelum mengalami kerusakan.
5. Validasi data pengujian, validasi pengujian digunakan untuk memastikan bahwa proses pengujian menghasilkan data yang akurat sesuai standar ASTM-A370-07A untuk memastikan keandalan hasil pengujian.
6. Analisis data dalam penelitian ini adalah analisis data digunakan untuk mengolah dan menginterpretasi hasil pengujian atau eksperimen, guna menarik kesimpulan yang valid.
7. Parameter proses pengelasan.

Dalam proses pengelasan SMAW pada penelitian ini, digunakan parameter pengelasan yang dikontrol agar hasil las dapat seragam dan sesuai dengan standar pengujian. Parameter yang digunakan antara lain:

- 1) Jenis elektroda : E6013
- 2) Diameter elektroda : 2,6 mm
- 3) Arus pengelasan : 80-100 A
- 4) Tegangan pengelasan : 20-24 V
- 5) Panjang busur : 2-3 mm
- 6) Posisi pengelasan : Datar
- 7) Jumlah lapisan : 1 Lapisan
- 8) Waktu pendinginan : Pendinginan alami pada suhu ruang
- 9) Pembersihan permukaan : Dilakukan dengan sikat baja sebelum dan sesudah pengelasan.

3.4 Populasi dan Sampel

Dalam melakukan penelitian ini populasi yang digunakan adalah jenis baja. Baja yang digunakan dalam penelitian ini yaitu baja karbon rendah sebanyak 3 populasi, baja karbon sedang 3 populasi, dan gabungan baja karbon rendah dengan baja karbon sedang sebanyak 3 populasi. Jadi, pada setiap masing-masing variasi dilakukan percobaan keseluruhan 9 kali dengan 1 variasi 3 spesimen.

Untuk data spesimen di tunjukan oleh tabel 3.4

Tabel 3.4 Hasil pengujian bahan logam

No	Material	W (mm)	L (mm)	C (mm)	B (mm)	A (mm)	R (mm)	Kandungan Karbon	Ampare	Jumlah
1	Baja ST37	12,5	200	20	50	75	12,5	0,1%	80	3
2	Baja AISI 1050	12,5	200	20	50	75	12,5	0,5%	80	3
3	Baja ST37 Baja AISI 1050	12,5	200	20	50	75	12,5	0,1% 0,5%	80	3

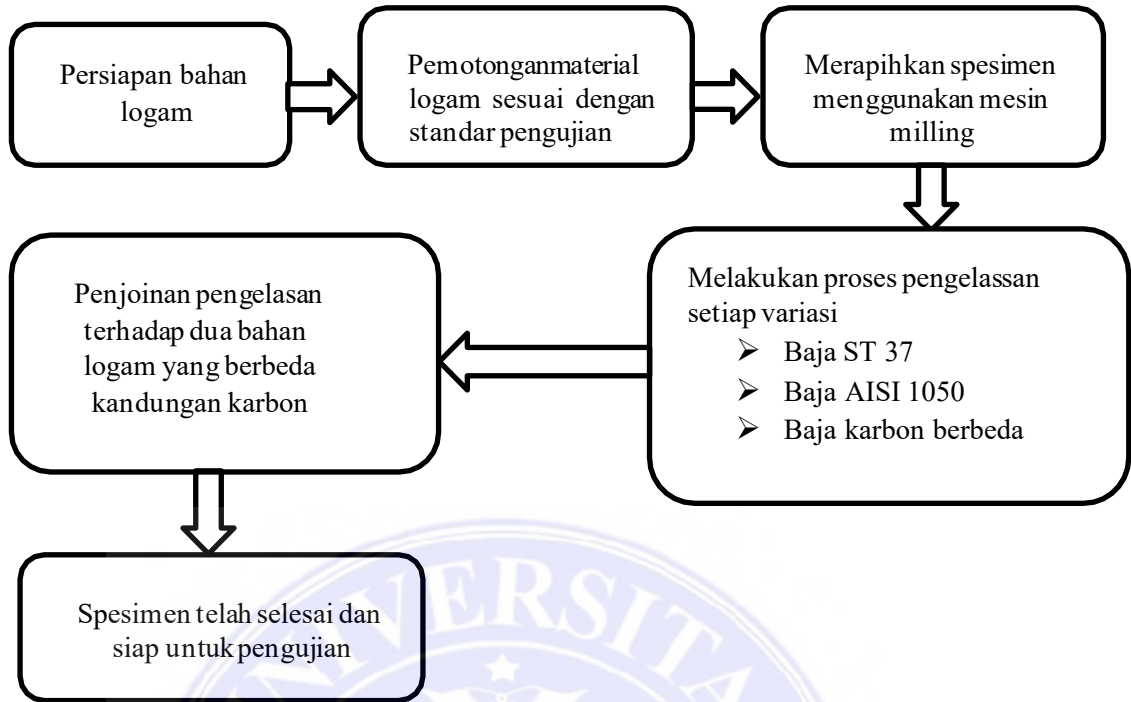
Tabel diatas merupakan populasi dan sampel dari penelitian yang akan dilakukan.

3.5 Prosedur Kerja

Dalam proses penelitian ini berikut merupakan prosedur dalam pembuatan dan pengujian spesimen dapat di lihat di diagram alir di bawah ini.

3.5.1 Prosedur Pembuatan Spesimen

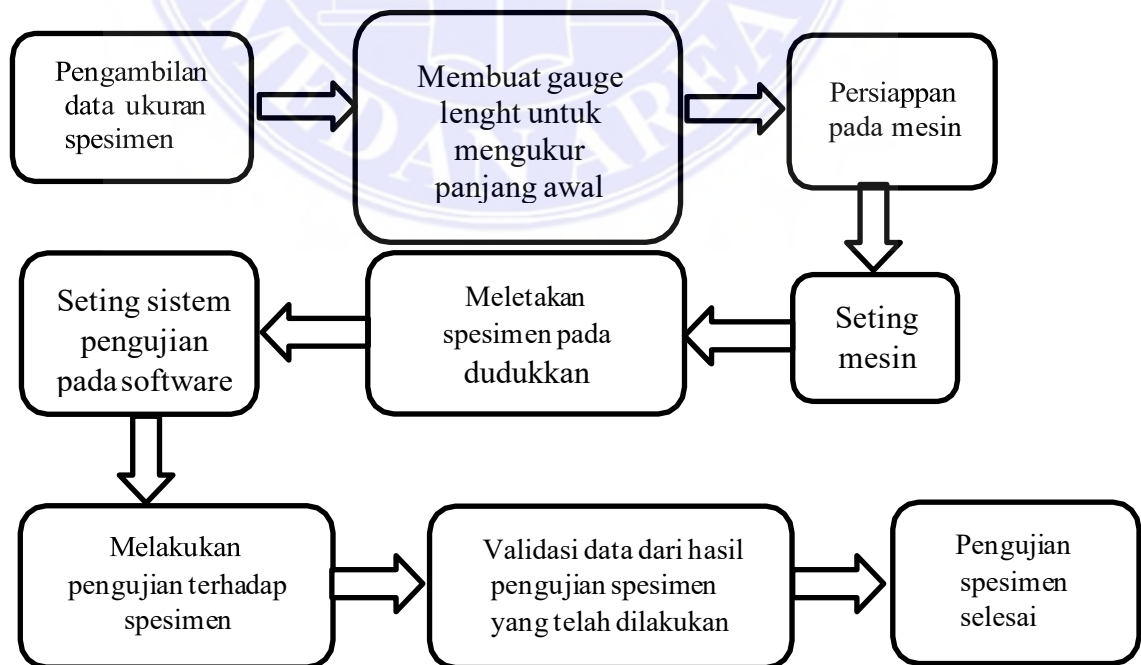
Pada prosedur kerja pembuatan spesimen ini dilakukan dengan beberapa tahap salah satunya tahap persiapan bahan dan logam yang berbeda kandungan karbon dapat di lihat pada diagram 3.11 berikut ini.



Gambar 3.11. Diagram Alir Prosedur Pembuatan.

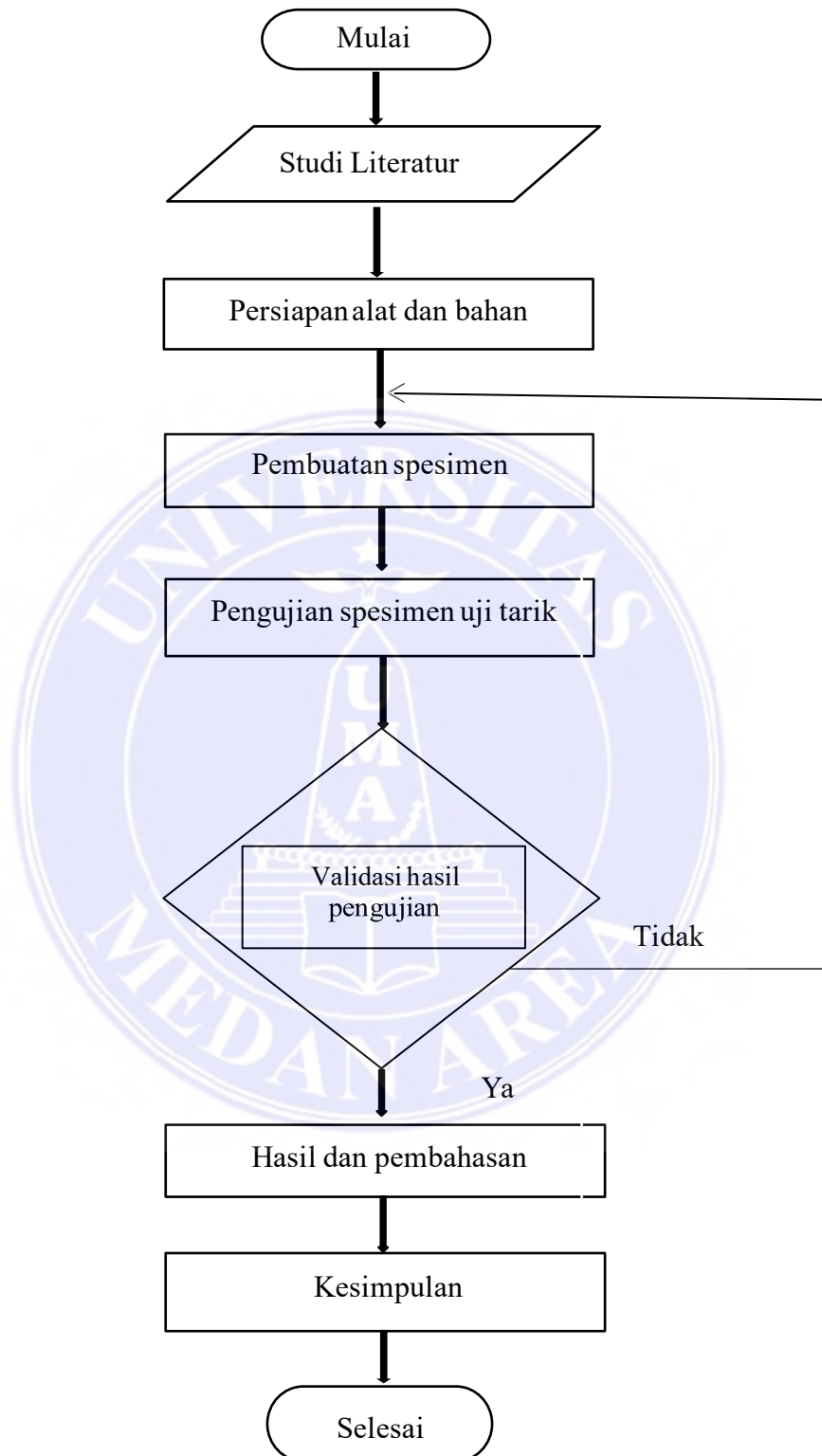
3.5.2 Prosedur pengujian

Pada proses pengujian tarik pada bahan logam material baja meliputi beberapa tahapan yang dapat kita lihat pada diagram 3.12 berikut ini



Gambar 3.12. Diagram Alir Prosedur Pengujian

3.6 Diagram alir penelitian



Gambar 3.13. Diagram Alir.

Berikut ini adalah definisi dari diagram alir penelitian diatas:

1. Mulai

Ini adalah langkah awal proses, yang menandakan dimulainya kegiatan penelitian atau pengujian.

2. Studi Literatur

Tahap pengumpulan dan mempelajari referensi dari berbagai sumber literatur (buku, jurnal, artikel, atau laporan penelitian) untuk mendapatkan dasar teori dan pengetahuan terkait topik yang sedang diteliti.

3. Persiapan Alat dan Bahan

Tahap menyiapkan semua alat dan bahan yang akan digunakan dalam proses penelitian, seperti mesin pengujian, material spesimen, dan alat ukur.

4. Pembuatan Spesimen

Tahap membuat spesimen uji sesuai dengan standar atau spesifikasi tertentu yang relevan dengan penelitian.

5. Pengujian Spesimen Uji Tarik

Proses pengujian mekanik (uji tarik) pada spesimen untuk mengukur sifat-sifat seperti kekuatan tarik, regangan, atau modulus elastisitas.

6. Validasi Hasil Pengujian

Tahap untuk memeriksa apakah hasil pengujian memenuhi kriteria atau standar yang telah ditentukan. Jika hasilnya tidak valid, kembali ke langkah sebelumnya untuk melakukan pengujian ulang atau revisi.

7. Hasil dan Pembahasa.

Tahap menganalisis data hasil pengujian dan membahas temuan yang diperoleh, sering kali mencakup perbandingan dengan literatur atau teori sebelumnya.

8. Kesimpulan

Tahap menyimpulkan hasil penelitian berdasarkan data yang telah dianalisis dan dibahas.

9. Selesai

Menandai berakhirnya rangkaian kegiatan atau penelitian.

Diagram ini merupakan alur penelitian atau prosedur eksperimental yang sistematis, digunakan untuk memastikan kelancaran proses dan hasil yang valid.



BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

1. Pembuatan spesimen uji tarik berhasil dilakukan dengan menggunakan baja ST37 (karbon rendah), AISI 1050 (karbon sedang), serta kombinasi keduanya sesuai standar ASTM A370-07A.
2. Pengujian tarik pada spesimen menunjukkan hasil yang berbeda:
 - 1) Baja ST37 memiliki tegangan tarik rata-rata terendah namun lebih ulet.
 - 2) Baja AISI 1050 memiliki tegangan tarik tertinggi tetapi lebih getas.
 - 3) Kombinasi ST37–AISI 1050 memberikan hasil kekuatan tarik menengah, namun sifatnya cenderung dipengaruhi oleh baja dengan kandungan karbon lebih rendah.
3. Analisis hasil uji tarik membuktikan bahwa perbedaan kandungan karbon pada logam berpengaruh signifikan terhadap kekuatan tarik sambungan pengelasan SMAW pada proses TWB. Kombinasi material memang dapat menghasilkan sifat transisi, tetapi titik lemah tetap dipengaruhi oleh material dengan kekuatan lebih rendah.
4. Hasil penelitian ini menunjukkan pentingnya pemilihan material yang tepat pada proses TWB untuk memperoleh sambungan dengan kekuatan optimal sesuai kebutuhan pemakaian.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian yang telah dilakukan, maka dapat diberikan saran sebagai berikut:

1. Pada penelitian ini bisa mempelajari unsur-unsur yang mempengaruhi pengelasan terhadap sifat mekanis.
2. Untuk penelitian selanjutnya, diharapkan bisa dikembangkan dengan variasi yang berbeda agar terciptanya penelitian yang baru.



DAFTAR PUSTAKA

- Antaqiya, Farel Mauluvi Akmal, Untung Budiarto, and Sarjito Jokosisworo. 2019. “Analisa Pengaruh Variasi Proses Preheating Pada Pengelasan Shielded Metal Arc Welding (SMAW) Terhadap Kekuatan Tarik Dan Struktur Mikro Baja ST 60.” *Jurnal Teknik Perkapalan* 7(4): 334–44.
- Al Ayubbi, Irfan, Seno Darmanto, and Didik Ariwibowo. 2022. “Analisa Perbandingan Hasil Uji Tarik Pada Beberapa Spesimen Dengan Load Cell Berkapasitas 500 Kn.” *Jurnal Mekanova : Mekanikal, Inovasi dan Teknologi* 8(2): 304.
- Destarius Mahardika, Asnawi Lubis. 2020. “Kekuatan Geser dan Integritas Struktur sambungan *Fillet Weld* Pada *Support Lug* Bejana Tekan Silinder Vertikal”. *Jurnal Mechanical*.
- Jannifar, A et al. 2020. “Pengaruh Media Pendingin Terhadap Kekerasan Dan Ketangguhan Hasil Pengelasan Material AISI 1050 Pada Proses Las MAG The Effect of Cooling Media on the Hardness and Toughness of AISI 1050 Material in the MAG Welding Process.” 18: 124–30.
- Khoirudin, Khoirudin et al. 2021. “Evaluasi Kekuatan Resistance Spot Welding Pada Proses Tailor Welded Blankss Menggunakan Mill-Steel Beda Ketebalan.” *Borobudur Engineering Review* 1(2): 96–105.
- Las, Mesin et al. 2021. “= 446.54 N/Mm² Dan Pada Pengelasan Mesin Las DC Sebesar σ .” : 1–7.
- Muku, Krishna M.D.I. 2009. “Kekuatan Sambungan Las Aluminium Seri 1100 Dengan Variasi Kuat Arus Listrik Pada Proses Las Metal Inert Gas (MIG) Welding Connection Strenght of Aluminium 1100 with Current Variations at Metal Inert Gas (MIG) Welding Process.” *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin* 3(1): 11–17.
- Salindeho, Robert Denti, Jan Soukota, and Rudy Poeng. 2018. “Pemodelan Pengujian Tarik Untuk Menganalisis Sifat Mekanik Material.” *Jurnal Online Poros Teknik Mesin* 2(2): 88–98. Santoso, Trinova Budi et al. 2011. “Pengaruh kuat arus listrik pengelasan terhadap kekuatan tarik dan struktur mikro las smaw dengan elektroda e7016.” : 56–64.

- Saputra Ismy, Adi, Rizky Nanda, Politeknik Negeri Lhokseumawe, and PT Pupuk Iskandar Muda JIBanda Aceh-Medan Km. 2020. "Pengaruh Arus Pengelasan SMAW Terhadap Kekuatan Sambungan Las Double Lap Joint Pada Material AISI 1050." *Journal of Welding Technology* 2(1): 1–7.
- Smaw, Pengelasan, and Baja Astm. 2017. "Baja Adalah Logam Paduan Dengan Besi Sebagai Unsur Dasar Dan Karbon Sebagai Unsur Paduan Utamanya . Kandungan Karbon Dalam Baja Berkisar Antara 0,2 % Hingga Karbon Dalam Baja Adalah Sebagai Unsur Pengeras Dengan Mencegah Dislokasi." 13(1): 27–31.
- Studi, Program, Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, and Universitas Diponegoro. 2008. "Analisis Kekuatan Sambungan Las Smaw (Shielded Metal Arc Welding) Pada Marine Plate St 42 Akibat Faktor Cacat Porositas Dan Incomplete Penetration." 5(2): 102–13.
- Tarkono, Sugiyanto, Andriyanto. 2010. "Jurnal Mechanical, Volume 1, Nomor 1, Maret 2010." 1: 43–53.
- Test, Tensile, Tensile Strenght, and Load Cell. 2016. "analisis pengujian tarik (tensile test) pada baja st37." 03(01): 9–13.

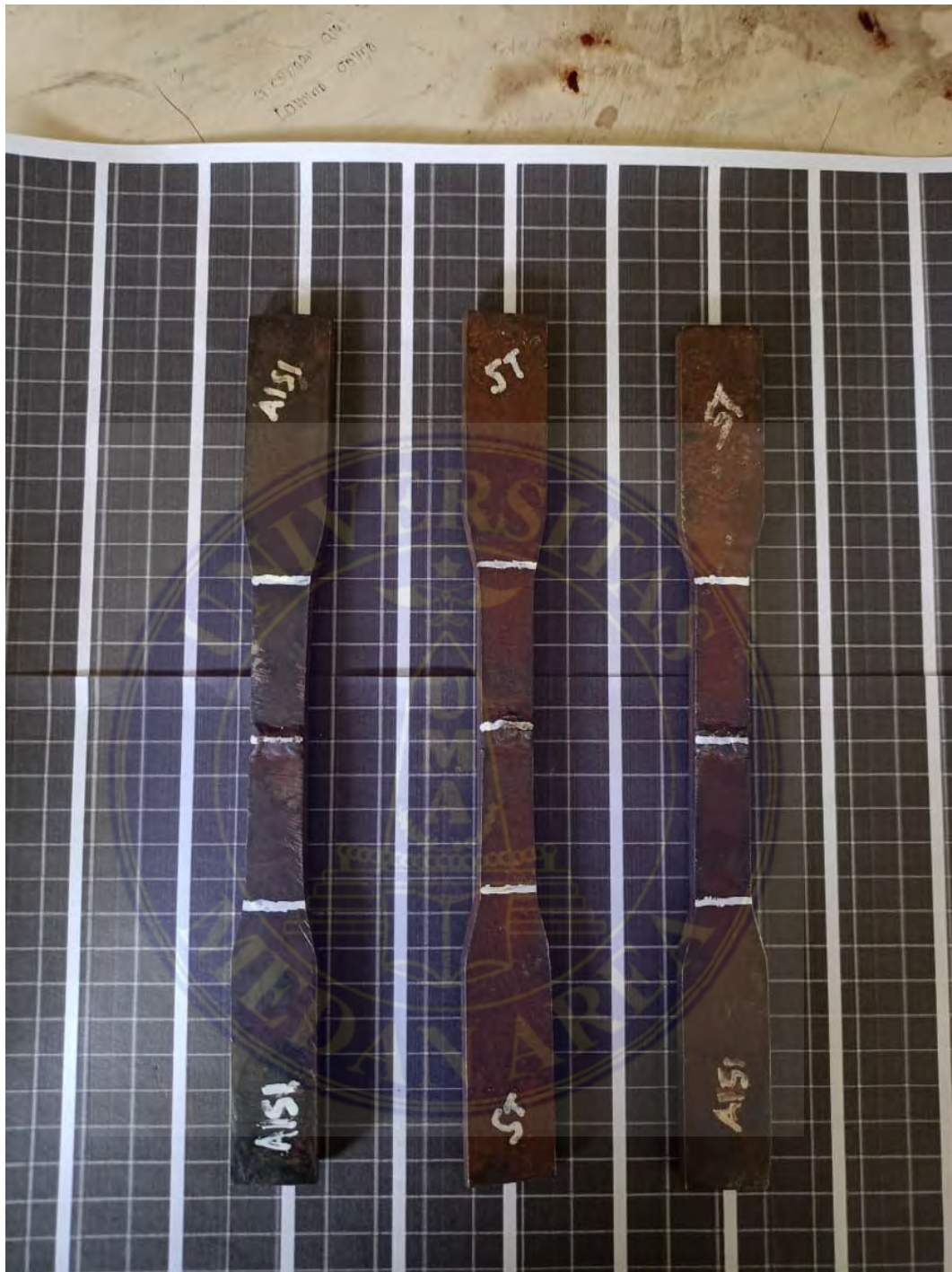
LAMPIRAN



Lampiran 1. Spesimen Las Miring Sebelum Patah



Lampiran 2. spesimen Las Miring sesudah patah



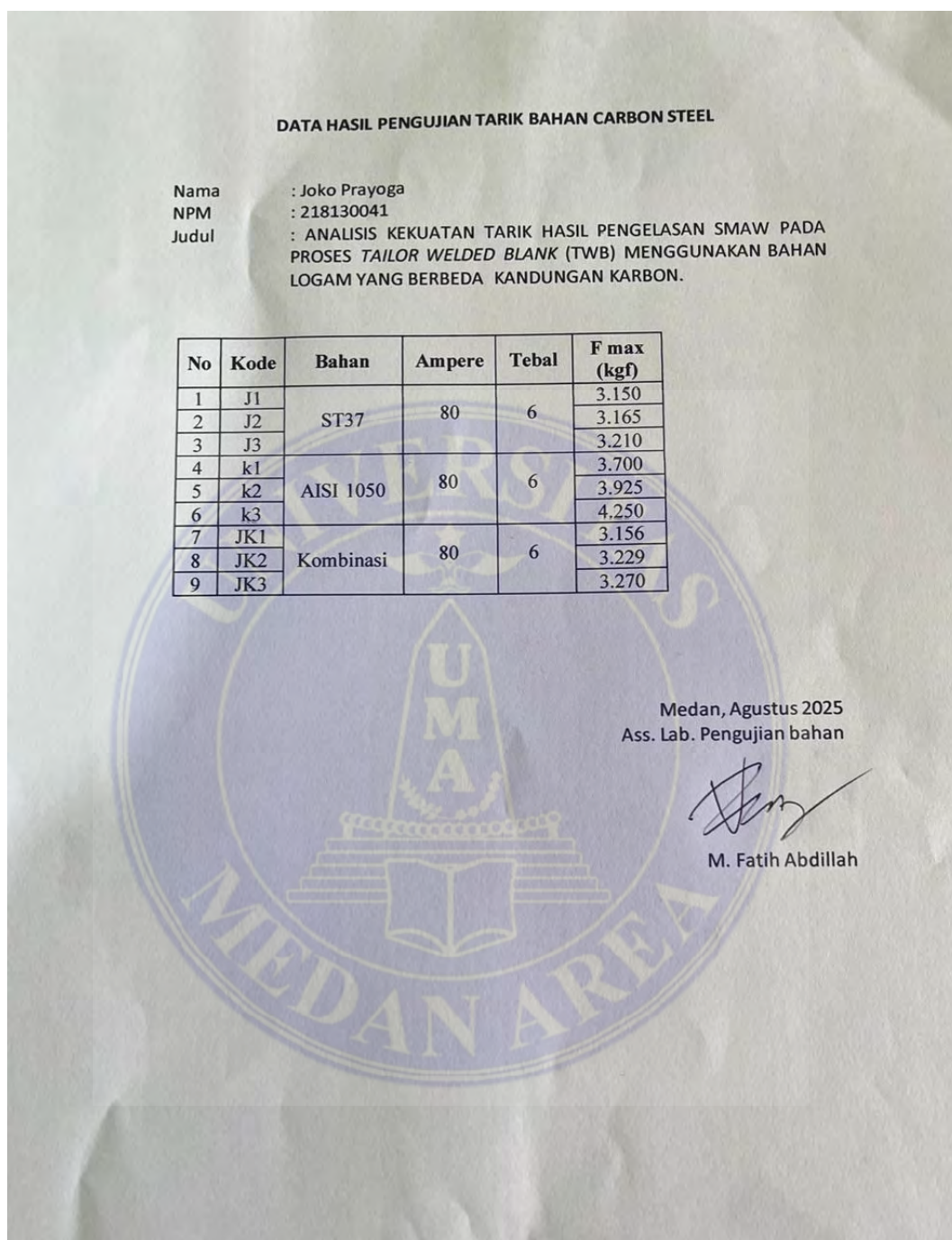
Lampiran 3. spesimen las lurus sebelum patah



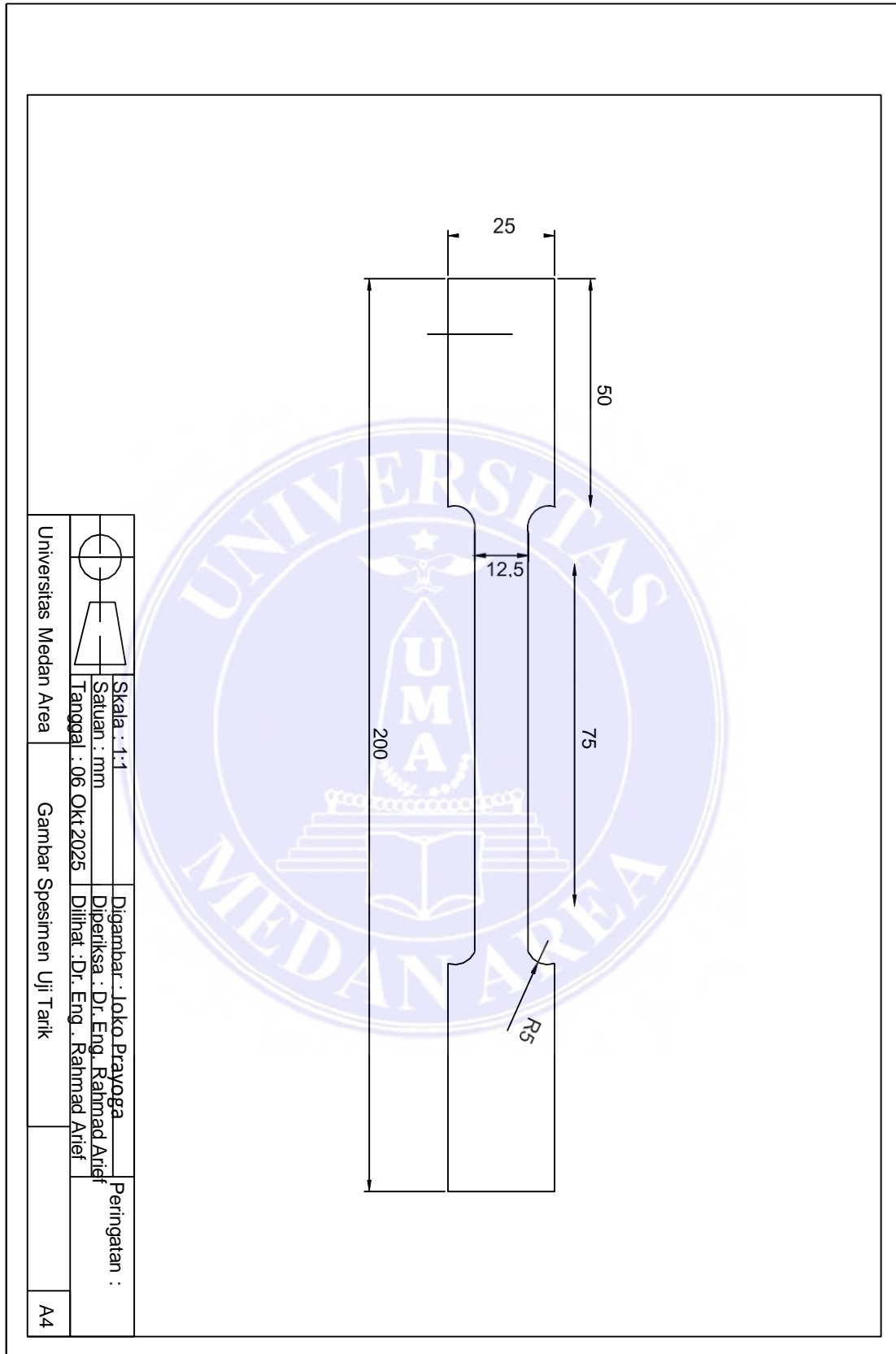
Lampiram 4. spesimen Las Lurus setelah patah



Lampiran 5. Proses pengujian Tarik menggunakan mesin uji Tarik



Lampiran 6. Data hasil pengujian spesimen



Lampiran 7. Sketsa spesimen pengujian tarik



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 14/4/26

Access From (repositori.uma.ac.id)14/4/26