

TUGAS AKHIR

PENGARUH VARIASI JENIS FILLER TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN IMPAK PADA PENGELASAN *DISSIMILAR* BAJA A36 DENGAN *STAINLESS STEEL* 304 MENGGUNAKAN METODE GMAW

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

Disusun Oleh:

MUHAMMAD FADIL NAINGGOLAN
2107230081



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2025**

HALAMAN PENGESAHAN

Laporan penelitian Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Muhammad Fadil Nainggolan
NPM : 2107230081
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir : Pengaruh Variasi jenis Filler Terhadap Kekuatan Tarik dan Impak Pada Pengelasan Dissimilar Baja A36 dengan *Stainless Steel* 304 Menggunakan Metode GMAW
Bidang ilmu : Konstruksi Manufaktur

Telah diperiksa oleh Dosen Pembimbing dan dinyatakan dapat dilanjutkan untuk mengikuti tugas akhir penelitian pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 25 Agustus 2025

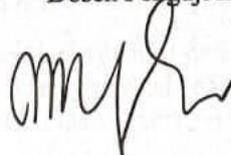
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I



Dr. Khairul Umurani, S.T., M.T

Dosen Penguji II



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

Dosen Penguji III



Dr. Suherman, S.T., M.T

Program Studi Teknik Mesin
Ketua



Chandra A Siregar, S.T., M.T

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Muhammad Fadil Nainggolan
Tempat /Tanggal Lahir : Desa Hutaimbaru, 31 Oktober 2003
NPM : 2107230081
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“Pengaruh Variasi jenis Filler Terhadap Kekuatan Tarik dan Impak Pada Pengelasan *Dissimilar* Baja A36 dengan *Stainless Steel* 304 Menggunakan Metode GMAW”

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

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

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

Medan, 25 Agustus 2025

Saya yang menyatakan,



The image shows a 10,000 Rupiah revenue stamp (Meterai Tempel) with a handwritten signature over it. The stamp features the Garuda Pancasila emblem and the text 'SEPULUH RIBU RUPIAH', '10.000 METERAI TEMPEL', and the serial number '4068AAJX014111699'.

Muhammdad Fadil Nainggolan

ABSTRAK

Pengelasan dissimilar merupakan teknik penting dalam industri manufaktur untuk menyambungkan material dengan sifat kimia dan mekanik yang berbeda. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh variasi filler terhadap sifat mekanik berupa kekuatan tarik dan ketangguhan impak pada sambungan las baja karbon rendah A36 dengan stainless steel 304 menggunakan metode Gas Metal Arc Welding (GMAW). Filler yang digunakan adalah ER70S-6 dan ER308L dengan parameter pengelasan tetap, kemudian diuji menggunakan standar ASME IX untuk uji tarik dan ASTM E23 untuk uji impak. Hasil uji tarik menunjukkan seluruh spesimen patah pada base metal baja A36, menandakan kekuatan sambungan las melebihi kekuatan baja karbon, dengan nilai rata-rata filler ER70S-6 sebesar 361,54 N/mm² lebih tinggi dibandingkan ER308L sebesar 354,41 N/mm². Sementara itu, uji impak menunjukkan filler ER308L lebih unggul dengan nilai rata-rata 277,15 J/cm² dibandingkan ER70S-6 sebesar 203,89 J/cm². Temuan ini mengindikasikan bahwa ER70S-6 lebih sesuai untuk aplikasi yang membutuhkan kekuatan tarik tinggi, sedangkan ER308L lebih cocok pada kondisi yang menuntut ketangguhan terhadap beban kejut.

Kata kunci: Pengelasan dissimilar, GMAW, baja A36, stainless steel 304, ER70S-6, ER308L, kekuatan tarik, impak.

ABSTRACT

Dissimilar welding is an essential technique in the manufacturing industry for joining materials with different chemical and mechanical properties. This study aims to analyze the effect of filler variations on the mechanical properties, namely tensile strength and impact toughness, of welded joints between low carbon steel A36 and stainless steel 304 using the Gas Metal Arc Welding (GMAW) method. Two types of filler metals, ER70S-6 and ER308L, were applied under constant welding parameters and tested according to ASME IX for tensile testing and ASTM E23 for impact testing. The tensile test results showed that all specimens fractured at the A36 base metal, indicating that the weld joint strength exceeded that of the carbon steel, with the ER70S-6 filler producing an average tensile strength of 361.54 N/mm², higher than ER308L at 354.41 N/mm². Meanwhile, the impact test results demonstrated that ER308L achieved higher toughness with an average value of 277.15 J/cm² compared to ER70S-6 at 203.89 J/cm². These findings indicate that ER70S-6 is more suitable for applications requiring higher tensile strength, while ER308L is preferable for conditions demanding greater toughness under impact loading.

Keywords: Dissimilar welding, GMAW, A36 steel, stainless steel 304, ER70S-6, ER308L, tensile strength, impact toughness.

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan penelitian ini dengan judul *“Pengaruh Variasi Jenis filler Terhadap Kekutan Tarik dan Impak Pada Pengelasan Dissimilar Baja A36 dengan Stainless Steel 304 Menggunakan Metode GMAW”*.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan Proposal Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Dr Suherman, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Chandra A Siregar, S.T., M.T, selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Ahmad Marabdi Siregar S.T., M.T selaku Sekretaris Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Dr. Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknik-mesinan kepada penulis.
6. Secara khusus kedua orang tua penulis: Bapak Khairullah Nainggolan dan Ibu Sutiem, dimana mereka berdua telah membesarkan, mengasuh, mendidik, serta memberikan semangat dan doa yang tulus tiada putus sehingga penulis dapat menyelesaikan studinya.
7. Kepada abang, kakak, dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas arahan, motivasi, dan ilmu berharga yang telah diberikan dalam proses penyusunan proposal ini.

8. Kepada Pasangan saat ini yang selalu membantu dan menemani dalam setiap proses, memberikan motivasi, kesabaran, dan dukungan emosional yang luar biasa. Kehadiranmu menjadi sumber inspirasi dan semangat bagi saya dalam menyelesaikan penelitian ini.
9. Kepada seluruh rekan seperjuangan yang turut serta dalam penelitian ini, khususnya TEAM PACU, yang namanya tidak dapat disebutkan satu per satu, terima kasih atas segala dukungan yang telah diberikan.

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

Medan, 25 Agustus 2025



Muhammad Fadil Nainggolan

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR NOTASI	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat penelitian	4
1.6 Batasan Penelitian	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pengelasan	5
2.2 Pengelasan material tak sejenis (<i>Dissimilar Welding</i>)	8
2.3 Material	9
2.3.1 Baja A36	9
2.3.2 <i>Stainless steel</i> 304	10
2.4 Metode Las GMAW	10
2.4.1 Proses Mesin Las MIG (<i>Metal Inert Gas</i>)	11
2.5 Variasi Filler pada Pengelasan	12
2.5.1 Filler AWS Metal ER70S-6	13
2.5.2 Filler AWS A5.9 ER308L	14
2.6 Sifat Mekanis	14
2.6.1 Kekuatan Tarik	14
2.6.2 Kekuatan Impak	16
BAB 3 METODE PENELITIAN	18
3.1 Tempat dan Waktu	18
3.1.1 Tempat Penelitian	18
3.1.2 Waktu Penelitian	18
3.2 Bahan dan Alat	19
3.2.1 Bahan Penelitian	19
3.2.2 Alat Penelitian	20
3.3 Bagan Alir Penelitian	21
3.4 Rancangan Penelitian	22
3.5 Prosedur Penelitian	22
3.5.1 Persiapan alat dan material	22

3.5.2	Proses Pengelasan	24
3.5.3	Pengujian Sampel	25
3.6	Variabel penelitian	28
3.6.1	Variabel Bebas	28
3.6.2	Variabel Terikat	28
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN	29
4.1	Hasil Pengelasan	29
4.2	Hasil pengujian	31
4.2.1	Hasil Pengujian Kekuatan Tarik.	31
4.2.1	Hasil Pengujian Ketangguhan Impak	35
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	38
5.1	Kesimpulan	38
5.2	Saran	39
DAFTAR PUSTAKA		40
	Lampiran 1. Hasil Penelitian	
	Lampiran 2. Lembar Asistensi	
	Lampiran 3. SK Pembimbing	
	Lampiran 4. Berita Acara Seminar Proposal	
	Lampiran 5. Daftar Riwayat Hidup	

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Literatur yang digunakan Penelitian.	6
Tabel 2. Komposisi Baja A36	9
Tabel 3. Komposisi kimia stainless steel 304.	10
Tabel 4. Komposisi Kimia Elektroda ER70S-6	13
Tabel 5. Sifat Mekanik Elektroda ER70S-6.	14
Tabel 6. Komposisi Kimia AWS A5.9 ER 308L (wt %)	14
Tabel 7. Tahapan Waktu Penelitian	19
Tabel 8. Parameter Pengelasan	23
Tabel 9. Hasil Pengujian Impak Raw Material SS304 dan A36.	35
Tabel 10. Hasil Pengujian Impak Pengelasan Dissimilar Filler ER70S-6 dan 308L.	36

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Las GMAW	11
Gambar 2. 2. Proses pengelasan (GMAW)	12
Gambar 2. 3. Mesin Uji Tarik	15
Gambar 2. 4. Mesin Uji Tarik	16
Gambar 2. 5. Ilustrasi skematis pengujian <i>Impact Charpy</i>	17
Gambar 3. 1. Gambar Diagram Alir	21
Gambar 3. 2. Filler AWS ER70S-6 dan AWS A5.9 ER308L.	22
Gambar 3. 3. Plat baja A36 dan SS304	23
Gambar 3. 4. Sambungan Plat Baja A36 dan SS 304 kampuh V.	24
Gambar 3. 5. Spesimen Uji Tarik Standar ASME IX	25
Gambar 3. 6. Spesimen Uji Impak Standar ASTM E23.	27
Gambar 4. 1 Hasil pengelasan <i>Dissimilar</i> (A)Filler ER 308L, (B)Filler ER70S-6	29
Gambar 4. 2. Spesimen Hasil Uji Tarik Raw Material SS304 (A, B)	31
Gambar 4. 3. Grafik Hasil Pengujian Kekuatan Tarik <i>Raw Material</i>	32
Gambar 4. 4. Spesimen Hasil Uji Tarik Pengelasan <i>Dissimilar</i> Filler ER308L	33
Gambar 4. 5 Grafik Hasil Pengujian Kekuatan Tarik.	33
Gambar 4. 6. Spesimen Hasil Uji Impak Pengelasan <i>Dissimilar</i> Filler ER308L	35

DAFTAR NOTASI

σ	Tegangan Tarik Maksimum (N/mm ²)
P	Beban tarikan (N)
A	Luas Penampang Awal (mm ²)
ϵ	Regangan(%)
$\Delta \ell$	Pertambahan Panjang (mm)
ℓ_0	Panjang Mula (mm)
ℓ_1	Panjang Sesudah Patah (mm)
E	Elastisitas (MPa)
ϵ	Regangan (%)
m	Massa pendulum (N)
g	Percepatan gravitasi (m/s ²)
R	Panjang lengan (m)
h_0	Ketinggian bandul sebelum dilepas (m)
h_1	Ketinggian bandul setelah dilepas (m)
α	Sudut ayunan pendulum sebelum diayun (°)
β	Sudut ayunan pendulum setelah mematahkan specimen (°)
a_{cu}	Besar Nilai Impact(J/m ²)
A_0	Luas Penampang (mm ²)
E_{serap}	Energi yang diserap (J)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Pertumbuhan industri sangat bergantung pada pengelasan, yang merupakan teknik utama dalam pembuatan dan perbaikan komponen logam. Proses pengelasan (*welding*) merupakan salah satu proses penyambungan material (*material joining*). Definisi dari proses pengelasan mengacu pada AWS (*American Welding Society*), dimana proses pengelasan adalah proses penyambungan antara metal atau non-metal yang menghasilkan satu bagian yang menyatu, dengan memanaskan material yang akan disambung sampai pada suhu pengelasan tertentu, dengan atau tanpa penekanan, dan dengan atau tanpa logam pengisi. Hampir pada setiap pembangunan suatu konstruksi dengan logam melibatkan unsur pengelasan (Yantony & Parekke, 2023).

Penyambungan logam adalah suatu proses yang dilakukan untuk menyambung 2 (dua) bagian logam atau lebih baik logam yang sejenis maupun tidak sejenis. Pengelasan logam berbeda (*dissimilar metal welding*) merupakan perkembangan dari teknologi las modern akibat dari kebutuhan akan penyambungan material-material yang memiliki jenis logam yang berbeda. Pengelasan terhadap dua material yang berbeda atau dikenal *dissimilar* banyak digunakan di industri kimia dan konstruksi-konstruksi mesin dan elektronik (Bawazir et al., 2021).

Baja adalah logam paduan antara besi (Fe) dan karbon (C), dimana besi sebagai unsur dasar dan karbon sebagai unsur paduan utamanya. Kandungan karbon dalam baja berkisar antara 0,1% hingga 1,7% sesuai tingkatannya. Dalam proses pembuatan baja akan terdapat unsur - unsur lain selain karbon yang akan tertinggal di dalam baja seperti mangan (Mn), silikon (Si), kromium (Cr), vanadium(V), dan unsur lainnya (Jordi et al., 2017).

Plat stainless steel merupakan material dasar yang esensial dalam pembuatan berbagai produk, termasuk komponen bangunan, perlengkapan rumah tangga, dan peralatan medis (Nelfianti, 2021). Baja *stainless* ialah baja paduan yang mengandung minimal 10,5% Cr. Hanya sedikit baja *stainless* mengandung lebih

dari 30% Cr atau kurang dari 50% Fe. Karakteristik khusus baja stainless adalah pembentukan lapisan film Kromium Oksida (Cr_2O_3). Lapisan ini berkarakter kuat, tidak mudah pecah dan tidak terlihat secara kasat mata. Umumnya berdasarkan paduan unsur kimia dan persentase baja *stainless* dibagi menjadi lima kategori yaitu (www.astm.org) baja *stainless* martensitik, baja *stainless ferritik*, baja *stainless austenitik*, baja *stainless dupleks*, dan baja *stainless* pengerasan endapan (Suastiyanti & Hasybi, 2018).

Proses pengelasan logam dengan las yang dibutuhkan oleh industri manufaktur adalah dengan pengelasan cair, salah satunya adalah menggunakan las busur gas atau *Gas Metal Arc Welding* (GMAW). Las busur gas adalah cara pengelasan dimana gas dihembuskan ke daerah las untuk melindungi busur dan logam yang mencair terhadap atmosfer. Gas yang digunakan sebagai pelindung adalah gas helium (He), gas Argon (Ar), dan gas karbondioksida (CO_2) atau campuran dari gas - gas tersebut (Putra et al., 2016).

Pemilihan filler yang tepat pada pengelasan baja A36 dan *stainless steel 304* berperan penting untuk mengurangi perbedaan sifat termal dan kimia, sehingga menghasilkan sambungan las yang homogen serta memengaruhi struktur mikro, sifat mekanik, dan ketahanan beban. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi filler terhadap kekuatan Tarik dan impak pada sambungan las *dissimilar* antara baja A36 dan *Stainlees Steel 304* dengan menggunakan metode pengelasan GMAW. Melalui penelitian ini, diharapkan dapat diperoleh pemahaman yang lebih baik tentang peran filler dalam pengelasan *dissimilar* material, sehingga dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan teknologi pengelasan yang lebih efektif dan efisien di berbagai aplikasi industri.

1.2 Rumusan Masalah

Penelitian ini merumuskan beberapa masalah utama, antara lain:

1. Bagaimana pengaruh variasi filler terhadap kekuatan tarik pada hasil pengelasan *dissimilar* antara baja A36 dan *stainless steel 304* menggunakan metode pengelasan GMAW?

2. Bagaimana pengaruh variasi filler terhadap kekuatan impak pada hasil pengelasan *dissimilar* antara baja A36 dan *stainless steel* 304 menggunakan metode pengelasan GMAW?

1.3 Ruang Lingkup

Penelitian ini mencakup ruang lingkup berikut:

1. Material Penelitian:

Penelitian ini menggunakan dua jenis material logam, yaitu baja A36 dan *stainless steel* 304, sebagai material utama pengelasan.

2. Metode Pengelasan:

Metode pengelasan yang digunakan adalah *Gas Metal Arc Welding* (GMAW), dengan parameter pengelasan tertentu yang akan dikontrol selama proses.

3. Variasi Filler:

Penelitian ini menganalisis dua jenis filler metal yang digunakan dalam pengelasan GMAW yaitu ER 70S-6 dan ER308L, Pengujian :

- Uji Kekuatan Tarik: Dilakukan untuk mengukur kekuatan tarik hasil pengelasan *dissimilar*.
- Uji Impak: Dilakukan untuk menentukan kekuatan impak atau ketangguhan material pada sambungan las.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian dirumuskan sebagai berikut:

1. Menganalisis pengaruh variasi jenis filler terhadap kekuatan tarik pada sambungan las *dissimilar* antara baja A36 dan *stainless steel* 304 menggunakan metode pengelasan GMAW.
2. Menganalisis pengaruh variasi jenis filler terhadap kekuatan impak pada sambungan las *dissimilar* antara baja A36 dan *stainless steel* 304 menggunakan metode pengelasan GMAW.

1.5 Manfaat penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan memberikan manfaat dalam pengembangan teknik pengelasan *dissimilar* yang lebih optimal untuk meningkatkan sifat mekanik sambungan logam. Hal ini akan berdampak pada kualitas produk, terutama dalam industri yang memerlukan sambungan logam dengan kekuatan dan ketangguhan yang tinggi.

1.6 Batasan Penelitian

Agar penelitian ini fokus dan dapat dilakukan dengan tepat, beberapa batasan ditetapkan sebagai berikut:

1. Jenis Material: Penelitian ini hanya menggunakan baja karbon rendah A36 dan stainless steel jenis AISI 304 sebagai material utama untuk pengelasan. Variasi jenis baja lainnya tidak diteliti.
2. Metode Pengelasan: Penelitian ini hanya menggunakan metode *Gas Metal Arc Welding* (GMAW). Metode pengelasan lainnya, seperti *Gas Tungsten Arc Welding* (GTAW) atau *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW), tidak dianalisis.
3. Parameter Pengelasan: Penelitian ini hanya membahas variasi filler ER 70S-6 dan ER309L terhadap kekuatan tarik dan impak. Parameter lainnya seperti arus, tegangan, dan kecepatan pengelasan tidak dianalisis.
4. Uji Mekanik: Penelitian ini hanya menguji impak (*Charpy impact test*) dan uji Tarik (*tensile test*). Sifat mekanik lainnya seperti kekerasan, keausan, atau korosi tidak dianalisis.
5. Lingkungan Uji: Uji mekanik dilakukan dalam kondisi laboratorium standar (suhu ruangan) tanpa mempertimbangkan kondisi lingkungan ekstrim seperti suhu tinggi, kelembaban, atau paparan bahan kimia.
6. Tebal Material: Penelitian dibatasi pada ketebalan material tertentu sesuai standar pengujian yang digunakan, yaitu 5 mm. Material dengan ketebalan di luar rentang tersebut tidak dianalisis.
7. Jenis Sambungan: Jenis sambungan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sambungan butt joint (G1) dengan V groove. Jenis sambungan lainnya, seperti lap joint atau fillet joint, tidak diteliti.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengelasan

Definisi pengelasan menurut AWS (*American Welding Soecity*) adalah proses penggabungan yang menghasilkan peleburan material dengan cara memanaskan material tersebut hingga temperature pengelasan, dengan atau tanpa tekanan atau hanya menggunakan tekanan, dan dengan atau tanpa menggunakan logam pengisi (Spence et al., 1972). Sejalan dengan definisi pengelasan menurut DIN (*Deutsche Industrie Norman*) adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Dengan kata lain, las merupakan sambungan setempat dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas (Dany,D.K.W 2014). Pengelasan dapat diartikan dengan proses penyambungan dua buah logam sampai titik rekristalisasi logam, dengan atau tanpa menggunakan bahan tambah dan menggunakan energi panas sebagai pencair bahan yang dilas. Pengelasan juga dapat diartikan sebagai ikatan tetap dari benda atau logam yang dipanaskan (Miranda & Made, 2018).

Kuat arus pada proses pengelasan sangat berpengaruh pada hasil pengelasan, semakin tinggi arus yang digunakan maka semakin besar energi panas yang dihasilkan, meningkatkan penetrasi dan kekuatan sambungan. Namun, arus yang terlalu tinggi dapat menyebabkan distorsi, porositas, dan retak panas, sehingga perlu disesuaikan dengan jenis material dan ketebalan logam untuk hasil optimal, hal ini sesuai dengan hasil penelitian (Sudargo & Baroto, 2017) menyatakan bahwa, hasil kekuatan tarik pada sambungan pengelasan *dissimilar stainless* Kekuatan tarik tertinggi pada pengelasan GMAW sebesar 350 MPa dengan arus 90 A, dan kekuatan tarik terendah 280 MPa pada arus 60 A. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian dari (Azwinur et al., 2020), pengujian tarik dengan arus listrik sebesar 100 A menghasilkan kekuatan tarik maksimum sebesar 74,05 kgf/mm² dengan pertambahan panjang relatif (regangan) tertinggi mencapai 10,75%. Ketika arus dinaikkan menjadi 150A, kekuatan tarik minimum yang tercatat adalah 68,60 kgf/mm² dengan pertambahan panjang relatif tertinggi sebesar 7,41%.

Pemilihan elektroda yang tepat memegang peranan krusial dalam menentukan kualitas dan ketahanan sambungan. Salah satu faktor penting yang perlu dipertimbangkan adalah ketangguhan impact, yang mengukur kemampuan sambungan las dalam menyerap energi benturan tanpa mengalami kerusakan. Hal ini sesuai dengan kajian literatur (Bawazir et al., 2021) yang menyatakan bahwa, Uji Impact menunjukkan bahwa penggunaan elektroda AWS E7018 menghasilkan nilai energi impact tertinggi sebesar 3,15 Joule/mm² dibandingkan dengan elektroda AWS E6013 (2,51 Joule/mm²) dan AWS E7016 (2,98 Joule/mm²). Hasil ini mengindikasikan bahwa sambungan las antara baja ST 37 dan ST 40 dengan menggunakan elektroda AWS E7018 memiliki ketangguhan impact yang lebih baik.

Pengelasan merupakan proses penyambungan material yang sangat penting dalam berbagai industri. Tabel 1 berikut ini menyajikan data mengenai pengaruh jenis filler terhadap kekuatan Tarik, ketangguhan impact sambungan las dan sebagainya. Data ini akan memberikan gambaran yang jelas mengenai bagaimana faktor-faktor tertentu dapat mempengaruhi kualitas sambungan las.

Tabel 1. Literatur yang digunakan Penelitian.

No	Bahan	Metode	Hasil Pengujian	Referensi
1.	Sm490 dan cast steel ER70S-6 dan ER805-6	GMAW 1G Uji Impact 100A, 175A dan 250A	Kuat arus 100A menghasilkan uji impact tertinggi karena masukan panas lasnya paling rendah, sehingga sifat mekanisnya lebih tangguh dibandingkan arus 175A dan 250A.	(Wahyudi et al., 2024)
2.	ASTM a36 dan stainless steel 304 E 316	SMAW 1G Uji Tarik Laju Korosi 90, 100, dan 110 A	Disimpulkan bahwa arus 110A adalah yang paling optimal dengan sifat mekanis terbaik dan laju korosi yang baik, hasil uji Tarik pada arus 110A ialah tegangan 631,74 MPa, regangan 4,6%, dan modulus elastisitas 101,7 GPa.	(Mubarak et al., 2024)
3.	AA 6063 dan AA 5083 Filler ER5356	GMAW 1G 110,140 dan 170 A	Pengelasan aluminium 6063-5083 menunjukkan bahwa 6063 lebih getas dengan kekerasan lebih tinggi di HAZ dan fusion line, serta nilai impact lebih	(Khoirofik, 2015)

		Uji Impak dan Uji Kekerasan	rendah (12,40J) dibandingkan 5083 (13,91J).	
4.	Stainless Steel 304 dan Stainless Steel 400 Filler ER308L dan ER 70S	GTAW 100A, 110A dan 120 A Kekeuatan Tarik dan kekerasan	Uji tarik menunjukkan tegangan tertinggi pada 110 A dengan ER 70S (513 N/mm ²) dan terendah pada 100 A dengan ER 70S (392 N/mm ²). Peningkatan arus meningkatkan penetrasi, kekuatan sambungan, tetapi juga kerapuhan. Uji kekerasan mencatat nilai terendah di HAZ baja karbon rendah (224 HVN) dan tertinggi di logam las (436 HVN).	(Mahendra, 2023)
5.	Stainless steel Ferritic AISI 409 dan Stainless steel Austenitic AISI 316L Filler AISI 308 L	GMAW 1G 100A, 112A dan 124 A Uji Tarik dan Mikro Struktur	Sampel No. 1 menunjukkan hasil terbaik dengan kekuatan tarik maksimum 421,742 MPa dan kekuatan luluh 266,322 MPa (arus 100 A, aliran gas 10 L/menit, jarak nozzle 9 mm). Sebaliknya, sampel No. 6 memiliki hasil terburuk dengan kekuatan tarik maksimum 345,678 MPa dan kekuatan luluh 230,454 MPa (arus 112 A, aliran gas 20 L/menit, jarak nozzle 9 mm).	(Ghosh et al., 2017)
6.	Baja Lunak AISI 1008 dan Stainless Steel 316 ER 309 Si	GMAW 120A, 150A dan 180 A Uji Tarik dan Uji Kekerasan	Pada pengaturan optimal, diperoleh kekuatan tarik 559,25 MPa, kekuatan luluh 382,22 MPa, persen perpanjangan 33,34%, dan kekerasan 250,63 HV.	(Ogbonna et al., 2023)
7.	Baja HB 500 dengan Baja ST 42 ER 70 S	GMAW 1G 80 – 150 A Uji Tarik dan Kekerasan	Hasil paling optimal terdapat pada perlakuan pengelasan dengan jumlah lapisan sebanyak 4 (empat) dan kuat arus antara 80 150 A dengan nilai kekuatan tarik sebesar 434,689 - 444,582 MPa, kekuatan tekuk sebesar 958.168 - 969.165 MPa dan kekerasannya sebesar 561 HB pada daerah logam las.	(Fitria, n.d.)
8.	AISI 304 dan baja A36 Filler ER 308	GMAW 1G 100 A	Percobaan menunjukkan bahwa normalisasi pada sambungan las GMAW meningkatkan kekuatan tarik. Pada 600°C, kekuatan	(Las, 2021)

		Uji Tarik	tarik mencapai 500,12 MPa dengan regangan 15,69%, lebih tinggi dibandingkan tanpa normalisasi (471,08 MPa dan 11,99%).	
9.	Aluminium seri 5083 dengan 6061 Filler ER 5356, campuran ER 5356-ER 5556, dan ER 5556	GMAW 1G 150 A Sifat Mekanik, Struktur Mikro, kekerasan dan Prediksi Korosi	Sifat Mekanik, Struktur Mikro, kekerasan dan Prediksi Korosi Pengelasan dengan elektroda ER 5556 menghasilkan kekuatan tarik tertinggi (196,68 MPa & 203,46 MPa), kekerasan optimal, serta struktur mikro dengan dendrit rapat dan fase Mg ₂ Si yang meningkatkan kekuatan. Laju korosi terendah tercatat 0,011 mmpy.	(Rizki, 2018)

2.2 Pengelasan material tak sejenis (*Dissimilar Welding*)

Pengelasan *dissimilar* merupakan pengelasan dengan dua logam dasar yang berbeda, yang biasanya digunakan untuk menyambung material baja tahan karat dengan material lainnya (Carlone & Astarita, 2019) . Dengan pengelasan dua logam dasar yang berbeda, tentunya akan ada perubahan sifat mekanik yang terjadi di hasil pengelasan tersebut. Sifat mekanik adalah sifat yang berkaitan dengan kalukan terhadap pengolahan suatu material, sifat ini dapat berupa kekuatan, kekerasan, ketahan dan sebagainya (Mubarak et al., 2024).

Dissimilar welding merupakan penyambungan dua logam yang memiliki karakteristik yang berbeda. Permasalahan yang sering muncul dalam proses penyambungan ini adalah struktur las kurang homogen karena proses pencampuran antara dua logam cair kurang sempurna sehingga rentan terhadap kegagalan. Cacat las berupa retak juga seringkali menjadi pemicu kegagalan sambungan. Retak tersebut akan merambat jika cacat yang ada mengalami pembebanan, terutama pembebanan dinamis. Melihat kenyataan tersebut perlu dipikirkan cara agar *dissimilar welding* bisa tahan terhadap pembebanan dinamis (Soenoko et al., 2016). Material yang disambung dapat berbentuk sejenis (*similar*) maupun berbeda jenis (*dissimilar*). Pengelasan *dissimilar* ini dapat lebih rumit dari pada pengelasan *similar* karena siklus termal yang berbeda dialami masing-masing logam (Amin, 2017).

2.3 Material

2.3.1 Baja A36

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 (Amanto, n.d. 1999).

Baja karbon ASTM A36 adalah salah satu spesifikasi baja karbon yang paling umum digunakan di dunia industri, contoh baja ASTM A36 yang Dimana merupakan baja karbon rendah dengan kadar karbon kurang dari 0,3%, baja ASTM A36 ini biasanya digunakan untuk pembuatan konstruksi kapal terutama pada lambung kapal (Manalu, 2022).

Pada penelitian ini menggunakan material baja ASTM A36, yang merupakan baja dengan kandungan karbon rendah yang sangat cocok dalam konstruksi lambung kapal yang mana memiliki bentuk *streamline*. Di bawah ini merupakan tabel dari komposisi baja astm A36.

Tabel 2. Komposisi Baja A36

Lambang	C	Mn	Cu	Si	P	S
Unsur	Karbon	Mangan	Tembaga	Silikon	Fosfor	Belerang
Kandungan%	0,26	1,03	0,20	0,28	0,04	0,05

Pada tabel 2, dapat dilihat komposisi baja A36 memiliki unsur karbon 0,26%, unsur mangan 1,03%, unsur tembaga 0,20%, unsur silicon 0,28%, unsur fosfor 0,04% dan unsur belerang 0,05%, Fungsi karbon dalam baja adalah sebagai unsur penguat dengan mencegah dislokasi bergeser pada kisi kristal (crystal lattice) atom besi (Manalu, 2022).

2.3.2 *Stainless steel* 304

Stainless steel merupakan baja paduan yang mengandung sedikitnya 11,5% krom berdasar beratnya. *Stainless steel* memiliki sifat tidak mudah terkorosi sebagaimana logam baja yang lain. *Stainless steel* berbeda dari baja biasa dari kandungan kromnya. Baja karbon akan terkorosi ketika diekspos pada udara yang lembab (Santoso, 2018). *Stainless steel* merupakan baja anti karat yang tahan terhadap korosi karena memiliki unsur paduan minimal 18% Cr dan 8% Ni . Bahan ini termasuk baja karbon rendah dan tahan korosi. Baja karbon adalah paduan antara besi dan karbon dengan sedikit Silikon (Si), Mangan (Mn), Fosfor (P), Belerang (S), Tembaga (Cu). SS 304 memiliki kandungan Krom 17-25% dan Nikel 8 -20% (Felani et al., 2017).

Hasil uji komposisi material seperti ditunjukkan dalam Tabel 3 berikut ini.

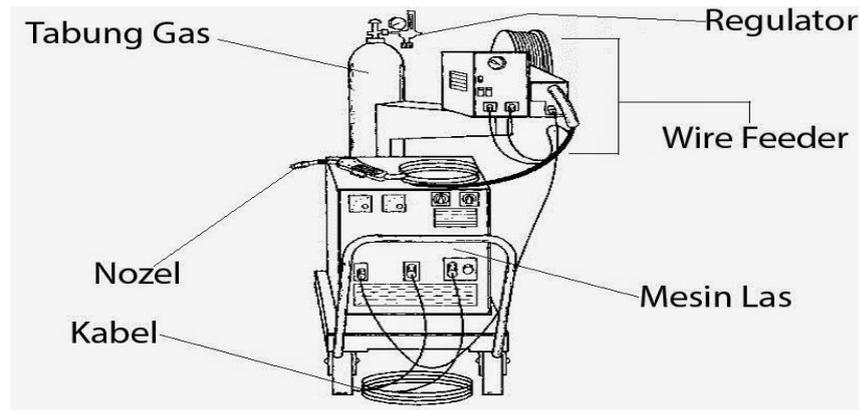
Tabel 3. Komposisi kimia stainless steel 304.

Unsur	Cr	Mn	Si	Fe	C	Ni	N	P
Kandungan %	18,47	0,94	0,296	71,334	0,053	8,232	0,039	0,0401

Material ini memiliki kandungan karbon, dimana karbon mempunyai sifat dapat meningkatkan kekerasan dan kekuatan tetapi menurunkan kemampuan tempa dan keuletan. Kandungan kromnya memberikan pengaruh dalam proses kimia terutama pada saat proses pemanasan. *Stainless steel* dipilih sebagai material kerja karena sifat tahan panas pada temperatur tinggi dan ketahan terhadap korosi (Syafa'at et al., 2018).

2.4 Metode Las GMAW

Las GMAW/MIG (*Metal Inert Gas*) adalah jenis pengelasan dengan pencairan setempat yang menggunakan gas nyala yang berasal dari busur nyala listrik yang digunakan sebagai pencair metal yang dilas serta metal penambah yang disebut *Solid Wire* (Ketaren et al., 2019). Kualitas sambungan las GMAW di pengaruhi oleh beberapa parameter diantaranya tegangan listrik (voltage) dan debit aliran gas pelindung (*gas flow rate*) (Prasetya, 2017).



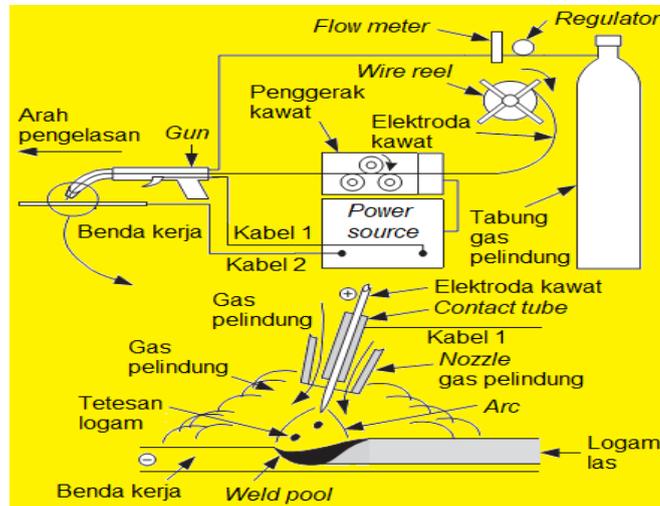
Gambar 2. 1. Las GMAW
(sumber : greenzone42arm, 2015, blogspot.com)

Las GMAW merupakan proses pengelasan busur listrik, dengan busur listrik diselubungi oleh gas di atas daerah pengelasan. Kawat las pengisi yang juga berfungsi sebagai elektroda diumpankan secara terus-menerus. Gas pelindung yang digunakan adalah Argon, Helium atau campuran dari keduanya. Untuk memantapkan busur kadang-kadang ditambahkan gas O₂ antara 2 - 5% atau CO₂ antara 5 – 20% (Wijoyo & Aji, 2015). GMAW merupakan las busur gas yang menggunakan kawat las sekaligus sebagai elektroda. Elektroda tersebut berupa gulungan kawat (rol) yang gerakannya diatur oleh motor listrik. Las ini menggunakan gas mulia dan gas CO₂ sebagai pelindung busur dan logam yang mencair dari pengaruh atmosfer. Besarnya arus listrik pengelasan dan penggunaan kawat las (filler) (Fakri et al., 2019).

2.4.1 Proses Mesin Las MIG (*Metal Inert Gas*)

Proses pengelasan MIG (*Metal Inert Gas*), panas dari proses pengelasan ini dihasilkan oleh busur las yang terbentuk diantara elektroda kawat (*wire electrode*) dengan benda kerja. Selama proses las MIG, elektroda akan meleleh kemudian menjadi deposit logam las dan membentuk butiran las. Gas pelindung digunakan untuk mencegah terjadinya oksidasi dan melindungi hasil las selama pembekuan. Proses pengelasan MIG beroperasi menggunakan arus searah DC biasanya menggunakan elektroda kawat positif. Ini dikenal sebagai polaritas terbalik (*reverse polarity*). Polaritas searah sangat jarang digunakan karena transfer logam yang kurang baik dari elektroda kawat ke benda kerja. Hal itu karena polaritas searah, panas terletak pada elektroda (ARGA, n.d.).

Komponen dasar pada GMAW antara lain: *gun* las, kabel, elektroda kawat, sumber daya, dan sumber gas pelindung. Gambar berikut menunjukkan proses GMAW.



Gambar 2. 2. Proses pengelasan (GMAW)
(Sumber: D. H. Phillips, 2016, *Welding Engineering: an Introduction*.)

Pengelasan MIG menggunakan energi panas dari busur listrik untuk melelehkan elektroda sebagai logam pengisi yang diumpankan secara terus menerus dan busur yang dihasilkan dilindungi oleh gas pelindung, las mig cocok untuk pengelasan baja karbon rendah, memiliki hasil las yang baik dan tidak ada kerak pada permukaannya hasil las tersebut. Proses pengelasan dipengaruhi oleh shielding gas. Gas mulia seperti argon dan helium dapat menyebabkan busur lebih stabil dengan percikan api yang lebih sedikit dan menghasilkan las yang berkualitas tinggi sehingga tidak terjadi cacat las (Area, 2024).

2.5 Variasi Filler pada Pengelasan

Pengelasan merupakan proses penyambungan material dengan memanaskan material tersebut hingga leleh, dengan atau tanpa menggunakan logam pengisi (*filler metal*). Penambahan logam pengisi yang berbeda dari logam induk pada proses pengelasan berperan dalam perubahan struktur mikro yang terbentuk sehingga akan berpengaruh terhadap sifat mekanik dari logam dasar/induk (Siburian, 2021). Terdapat banyak kodefikasi bahan pengisi, tergantung dari standar yang membuatnya. Misalnya:

- Amerika berstandar AWS (*American Welding Society*),
- Jerman berstandar DIN (*Deutsches Institut für Normung*),
- Jepang berstandar JIS (*Japanese Industrial Standards*), (Ariandi, 2022).

2.5.1 Filler AWS Metal ER70S-6

Elektroda AWS A5.18 ER70S-6 adalah sejenis kawat las yang memiliki kecepatan leleh kawat las relative cepat ketika proses pengelasan. Elektroda ini memiliki busur stabil, *spatter* rendah dan penampilan cantik. Tahan korosi yang baik pada permukaan bahan dasar sehingga menurunkan probabilitas formasi *blowhole*. Dapat digunakan dalam semua posisi pengelasan dan memiliki kinerja yang baik. Elektroda ini menggunakan CO₂ atau Ar + CO₂ sebagai gas perindung (ARGA, n.d.).

Kode AWS A5.18 ER70S-6 memiliki arti sebagai berikut:

- 1) AWS : American Welding Society.
- 2) A5.18 : Elektroda Low Alloy Steel.
- 3) ER : Batang Elektroda (kawat pengisi untuk pengelasan GMAW).
- 4) 70 : kekuatan tarik minimum dalam KSi.
- 5) S : kawat padat.
- 6) 6 : mendefinisikan komposisi kimia baja karbon, (Ramadhon, 2024).

Adapun komposisi kawat las baja karbon ER70S-6 adalah sebagai berikut:

Tabel 4. Komposisi Kimia Elektroda ER70S-6

Unsur	Nama	Kandungan unsur (%)
C	Karbon	0,6 – 0,15
Si	Silikon	0,80 – 1,15
Mn	Mangan	1,40 – 1,85
P	Fosforus	0,025
S	Belerang	0,035
Cr	Kromium	0,15
Ni	Nikel	0,15
Mo	Molibdenum	0,15
Cu	Tembaga	0,50
v	Vanadium	0,03

Berikut ini adalah sifat mekanik dari kawat las ER70S-6:

Tabel 5. Sifat Mekanik Elektroda ER70S-6.

Jenis	Kuat Tarik (N/mm ²)	Kuat Luluh (N/mm ²)	Regangan (%)
ER70S-6	550	455	32

(Muzadi, 2024).

2.5.2 Filler AWS A5.9 ER308L

Proses pengelasan *gas inert tungsten* telah dipilih untuk menyiapkan sambungan las karena penggunaannya yang sangat besar dan serbaguna. Argon digunakan sebagai gas pelindung, namun AWS A5.9 ER 308L telah digunakan sebagai logam pengisi. Ukuran kawat yang dipilih dari Logam pengisi berdiameter 1,0 mm. Komposisi kimia khas logam pengisi ini disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Komposisi Kimia AWS A5.9 ER 308L (wt %)

Unsur	C	Mn	Mo	S	Si	Cr	Ni	Fe
%	0.024	1.65	0.02	0.002	0.42	20.10	10.33	Bal.

(Pandey et al., 2023).

2.6 Sifat Mekanis

2.6.1 Kekuatan Tarik

Uji tarik adalah pemberian gaya atau tegangan tarik kepada material dengan maksud untuk mengetahui atau mendeteksi kekuatan dari suatu material. Tegangan tarik yang digunakan adalah tegangan aktual eksternal atau perpanjangan sumbu benda uji. Uji tarik dilakukan dengan cara penarikan uji dengan gaya tarik secara terus menerus, sehingga bahan (perpajangannya) terus menerus meningkat dan teratur sampai putus, dengan tujuan menentukan nilai tarik. Untuk mengetahui kekuatan tarik suatu bahan dalam pembebanan tarik, garis gaya harus berhimpit dengan garis sumbu bahan sehingga pembebanan terjadi beban tarik lurus. Tetapi jika gaya tarik sudut berhimpit maka yang terjadi adalah gaya lentur (Susetyo, 2013).



Gambar 2. 3. Mesin Uji Tarik

Rumus perhitungan tegangan tarik maksimum yaitu tegangan yang terjadi akibat adanya gaya Tarik.

$$\text{Rumus : } \sigma = \frac{P}{A} \quad (2.1)$$

Rumus perhitungan regangan tarik yaitu perubahan ukuran benda disebabkan gaya pada kesetimbangan berbanding dengan ukuran awal.

$$\begin{aligned} \text{Rumus : } \mathcal{E} &= \frac{\Delta \ell}{\ell_0} \times 100\% \\ \mathcal{E} &= \frac{\ell_1 - \ell_0}{\ell_0} \times 100\% \end{aligned} \quad (2.2)$$

Rumus modulus elastisitas Yakni ukuran kekakuan dari suatu bahan dalam grafik tegangan dengan regangan.

$$\text{Rumus : } E = \frac{\sigma}{\mathcal{E}} \quad (2.3)$$

2.6.2 Kekuatan Impak



Gambar 2. 4. Mesin Uji Tarik

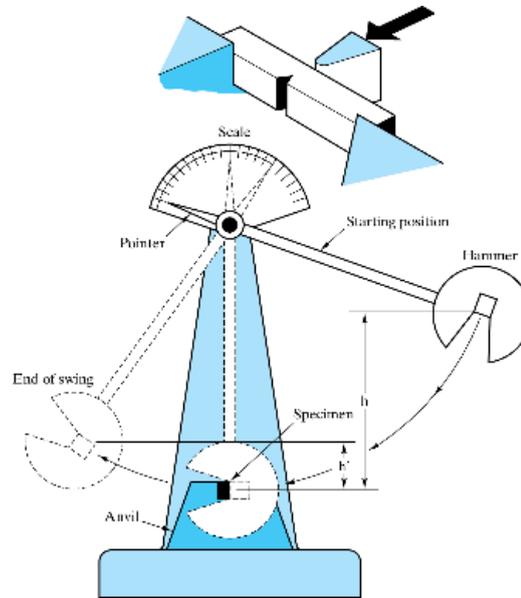
Uji impak adalah pengujian material yang dapat menyerap gaya atau beban yang diberikan secara tiba tiba dengan capaian nilai tertentu untuk menilai ketangguhan material tersebut, baik dalam keadaan normal maupun transisi. Banyaknya energi yang di terima oleh bahan untuk terjadinya pepatahan merupakan ketahanan impak atau ketangguhan material tersebut. Bahan dikategorikan tangguh apabila mempunyai kapasitas daya serap beban kejut yang besar tanpa terjadinya deformasi dengan mudah (R. R. P. N. Arifin & Yunus, 2021).

Uji impak *Charpy* dan *Izod* adalah dua metode pengujian ketangguhan material terhadap beban tumbukan secara tiba-tiba.

- 1) *Uji Charpy* mengukur energi yang dibutuhkan untuk mematahkan spesimen yang diposisikan horizontal di antara dua penyangga, dengan takik menghadap menjauhi arah tumbukan.
- 2) *Uji Izod* mengukur energi yang diserap sebelum spesimen patah, di mana spesimen diposisikan vertikal dengan satu ujung dijepit dan takik menghadap ke arah tumbukan.

Kedua metode ini digunakan untuk menilai ketahanan material terhadap benturan, dengan *Charpy* lebih umum digunakan untuk logam dan material struktural, sedangkan *Izod* lebih sering diterapkan pada plastik dan material ringan.

Pengujian impact merupakan pengujian untuk menentukan kuat Impact pada sambungan pengelasan dengan menggunakan metode *Charpy* pada pengujian Impact masing–masing benda uji pada sambungan pengelasan pada plat 316 dan 304 pada sambungan pengelasan TIG dan MIG (Sutowo & Budiawan, 2008).



Gambar 2. 5. Ilustrasi skematis pengujian *impact charpy* (Becker, W.T., & Shipley, R.J. (2002). Failure analysis and prevention.)

$$\begin{aligned}
 E_{\text{serap}} &= \text{energi awal} - \text{energi akhir} \\
 &= m.g.h - m.g.h' \\
 &= m.g.(R \cos \alpha) - m.g.(R \cos \beta) \\
 &= m.g.R.(\cos \beta - \cos \alpha)
 \end{aligned}
 \tag{2.4}$$

dengan demikian harga ketangguhan impact dapat di hitung dengan persamaan :

$$a_{\text{cu}} = \frac{E_{\text{serap}}}{A_0}
 \tag{2.5}$$

Las GMAW/MIG (Metal Inert Gas) adalah jenis pengelasan dengan pencairan setempat yang menggunakan gas nyala yang berasal dari busur nyala listrik yang digunakan sebagai pencair metal yang dilas serta metal penambah yang disebut Solid Wire (Ketaren et al., 2019).

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

3.1.1 Tempat Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan di lokasi utama:

1. Proses Pengelasan:

Proses pengelasan dengan metode GMAW (*Gas Metal Arc Welding*) akan dilakukan di Laboratorium Pengelasan ATB Politeknik Negeri Medan. Laboratorium ini dipilih karena memiliki fasilitas yang mendukung untuk pengelasan *dissimilar* material baja A36 dan *stainless steel* 304, termasuk alat las GMAW dan kelengkapan terkait.

2. Pengujian Kekuatan Tarik dan Impak:

Pengujian kekuatan tarik akan dilaksanakan di Laboratorium Pengujian Politeknik Negeri Medan, yang memiliki mesin uji tarik (*Universal Testing Machine*) sesuai standar. Sementara itu, pengujian impak akan dilakukan di laboratorium yang sama dengan menggunakan mesin uji *impact Charpy*.

3.1.2 Waktu Penelitian

Penelitian ini direncanakan dilaksanakan dalam kurun waktu delapan bulan, mulai dari Desember 2024 hingga juli 2025. Rincian tahapan pelaksanaan penelitian adalah sebagai berikut:

Waktu penelitian dijelaskan dalam bentuk tabel:

Tabel 7. Tahapan Waktu Penelitian

		2024 - 2025							
No	Rencana Kegiatan	Desember	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli
1	Mengumpulkan literatur referensi jurnal	■	■						
2	Pengajuan judul		■	■					
3	Pembuatan Proposal Penelitian		■	■	■				
4	Persiapan Alat, Material, dan Perencanaan			■	■	■			
5	Proses Pengelasan dan Pembuatan Spesimen Uji				■	■	■		
6	Pengujian Uji Tarik dan Uji Impak					■	■	■	
7	Analisis Data dan Hasil Penyusunan Laporan							■	■

3.2 Bahan dan Alat

3.2.1 Bahan Penelitian

1) Material Dasar:

- Baja A36 (baja karbon rendah), Dengan ukuran 150mm x 300mm x 5mm.
- Stainless Steel 304 (baja tahan karat), Dengan ukuran 150mm x 300mm x 5mm.

2) Filler Metal:

- Filler AWS Metal ER70S-6.
- Filler AWS A5.9 ER308L.

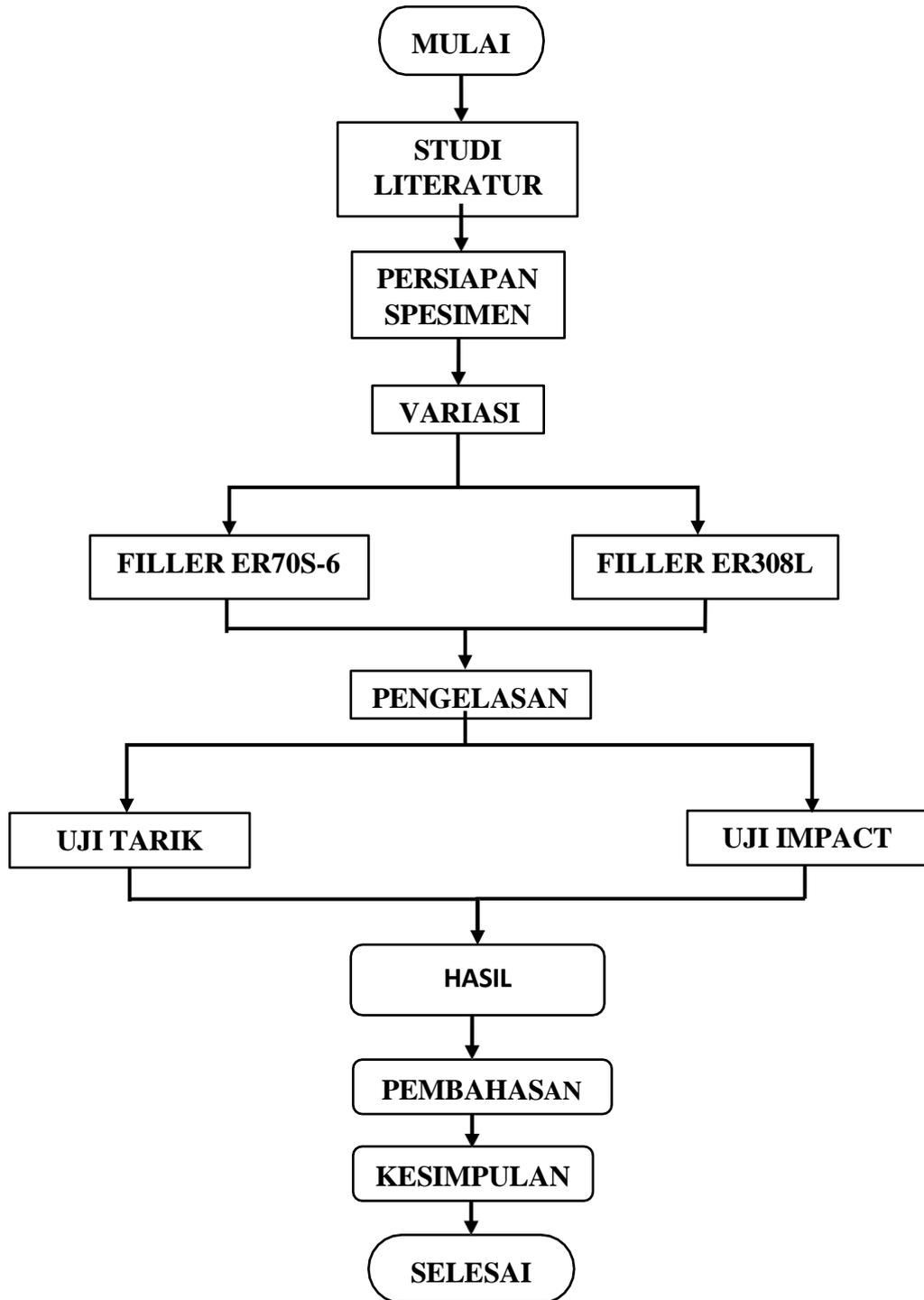
3) Gas Pelindung:

- CO₂ atau Ar + CO₂

3.2.2 Alat Penelitian

1. Mesin las GMAW (*Gas Metal Arc Welding*).
2. Mesin potong sampel.
3. Mesin pengamplas dan pemoles sampel.
4. Alat kikir.
5. Mesin uji Tarik.
6. Mesin uji impak *charpy*.
7. Peralatan pelindung diri (helm las, sarung tangan, apron).
8. Alat ukur dimensi (penggaris, jangka sorong, mikrometer).

3.3 Bagan Alir Penelitian



Gambar 3. 1. Gambar diagram alir

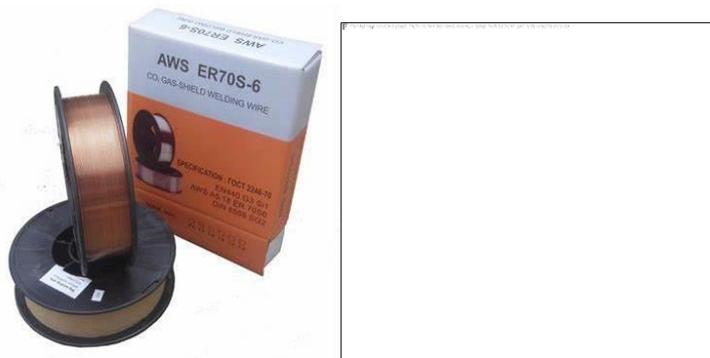
3.4 Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen laboratorium dengan langkah-langkah meliputi persiapan material berupa plat baja A36 dan stainless steel 304 berukuran $150 \times 300 \times 5$ mm yang dibuat kampuh V 60° , kemudian dilakukan proses pengelasan metode Gas Metal Arc Welding (GMAW) dengan parameter arus 110 A, tegangan 25 V, gas pelindung CO₂, serta posisi pengelasan 1G menggunakan dua jenis filler yaitu ER70S-6 dan ER308L. Hasil las dipotong sesuai standar menjadi spesimen uji tarik (ASME IX) dan uji impak (ASTM E23), kemudian dilakukan pengujian menggunakan Universal Testing Machine (UTM) untuk mengukur kekuatan tarik maksimum, yield strength, dan regangan, serta uji impak Charpy untuk mengetahui energi serap dan ketangguhan sambungan las. Data hasil pengujian dibandingkan untuk menganalisis pengaruh variasi filler terhadap sifat mekanik sambungan las dissimilar, kemudian ditarik kesimpulan mengenai filler yang lebih optimal untuk aplikasi industri.

3.5 Prosedur Penelitian

3.5.1 Persiapan alat dan material

1. Mengidentifikasi dan menyiapkan peralatan yang diperlukan, seperti mesin las GMAW dan material baja karbon A36 serta *stainless steel* 304.
2. Siapkan filler logam dengan jenis AWS Metal ER70S-6 dan AWS A5.9 ER308L.



Gambar 3. 2. Filler AWS ER70S-6 dan AWS A5.9 ER308L.

3. Menentukan parameter pengelasan yaitu arus, tegangan dan gas pelindung, seperti pada table 8 berikut ini.

Tabel 8. Parameter Pengelasan

Welding Parameter	
Arus	110 A
Tegangan (Volt)	25 Volt
Filler Metal	ER308L dan ER70S-6
Gas Pelindung	CO ₂
Posisi Pengelasan	1G
Jenis Sambungan	Kampuh V

4. Memastikan alat-alat pengujian, seperti mesin uji Uji Tarik dan Impak *Charpy*, siap digunakan.
5. Potong material dasar baja A36 dan stainless steel 304 dengan ukuran dimensi 150mm x 300mm x 5mm sebanyak 4 lembar yakni 2 lembar baja A36 dan 2 lembar stainless steel 304 2 lembar.

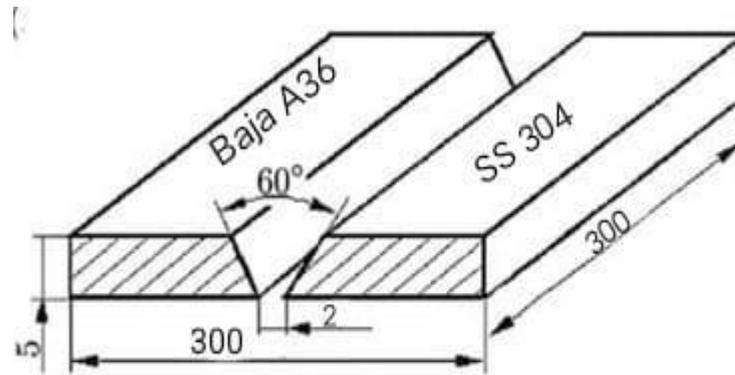


Gambar 3. 3. Plat baja A36 dan SS304

6. Bersihkan permukaan material dari kotoran, karat, dan oksida menggunakan brus kawat dan amplas.
7. Pembuatan kampuh V dengan sudut 60 ° menggunakan mesin potong dan alat bantu seperti gerinda agar kampuh rapi dan konsisten

3.5.2 Proses Pengelasan

1. Susun material baja A36 dan stainless steel 304 pada posisi penyambungan menggunakan 1G dengan membentuk kampuh V 60°.



Gambar 3. 4. Sambungan Plat Baja A36 dan SS 304 kampuh V.

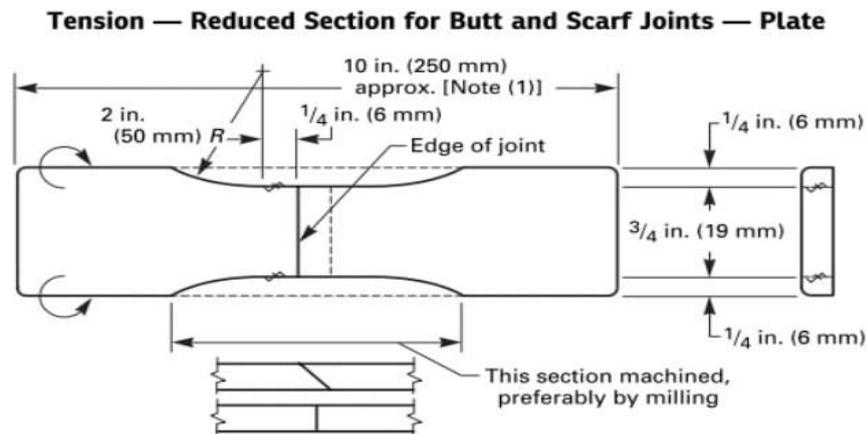
2. Pengelasan dilakukan pada material baja karbon A36 dan stainless steel 304 dengan metode GMAW, dengan ketebalan plat baja dan stainless steel 5 mm menggunakan arus las 110 A seperti pada Parameter pengelasan tabel 8, di atas.
3. Lakukan *tack weld* di beberapa titik untuk mencegah distorsi selama pengelasan dengan arus yang lebih rendah dibandingkan dengan arus pengelasan utama.
4. Gunakan teknik *stringer bead* untuk menghindari overheating, Kecepatan *wire* harus stabil untuk menghindari porositas. Kemudian Pastikan panjang *stick-out* (jarak ujung kawat ke material) sekitar 10–15 mm serta gunakan pola *zig-zag* atau *weaving* kecil jika diperlukan untuk penetrasi yang lebih merata.
5. Lakukan pengelasan dengan parameter tetap untuk setiap jenis filler.
6. Ulangi proses untuk setiap variasi filler ER70S-6 dan ER308L.
7. Biarkan spesimen mendingin pada suhu ruang. Jika perlu, lakukan *interpass cooling* dengan udara atau kain basah untuk stainless steel.
8. Melakukan pembersihan hasil las. Gunakan *wire brush stainless steel* untuk menghilangkan slag atau oksida pasca-pengelasan. Jika

diperlukan, gunakan *pickling paste* untuk *stainless steel* agar hasil lebih bersih.

9. Melakukan pemeriksaan hasil las secara visual.

3.5.3 Pengujian Sampel

1. Uji Tarik



Gambar 3. 5. Spesimen Uji Tarik Standar ASME IX
Sumber : (ASME BPVC IX-2017)

Uji Tarik dilakukan untuk menentukan kekuatan Tarik *ultimate* (UTS), *yield strength* (YS), dan elongation pada sambungan las. Hal ini penting untuk mengetahui apakah sambungan las memiliki kekuatan yang sebanding atau lebih baik dibandingkan material dasar.

Langkah Langkah Prosedur Uji Tarik

a) Persiapan Spesimen

- Material hasil las dipotong menggunakan mesin pemotong presisi atau mesin gerinda.
- Membentuk spesimen uji untuk pengujian Uji Tarik Standar ASME IX seperti pada gambar 3.5 diatas.
- Jepit spesimen pada ragum dengan benar.
- Bersihkan sisa hasil pemesinan menggunakan kikir.
- Ulangi proses ini untuk semua spesimen.

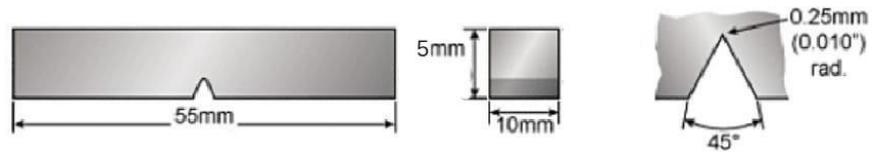
b) Pengukuran Dimensi

- Ukur dimensi masing-masing spesimen sesuai dengan gambar 3.5.
- Catat hasil pengukuran dan berikan kode identifikasi pada setiap spesimen.

c) Pelaksanaan Pengujian

- Memastikan mesin uji tarik dalam kondisi baik dan telah dikalibrasi.
- Memasang spesimen di antara penjepit mesin uji tarik dengan posisi yang tepat.
- Menyesuaikan posisi spesimen agar gaya tarik bekerja secara aksial.
- Mengencangkan penjepit untuk memastikan spesimen tidak bergeser selama pengujian.
- Menyalakan mesin dan memulai pengujian sesuai parameter yang telah ditentukan.
- Merekam data selama pengujian, termasuk gaya tarik yang diberikan dan perubahan panjang spesimen.
- Mengamati proses deformasi spesimen hingga titik patah.
- Mencatat nilai beban maksimum, regangan, dan tegangan tarik maksimum yang diperoleh.
- Menganalisis grafik tegangan-regangan untuk menentukan sifat mekanik material, seperti modulus elastisitas, batas luluh, dan kekuatan tarik maksimum menggunakan rumus Uji Tarik 2.1 di atas.
- Lakukan prosedur yang sama untuk semua spesimen.

2. Uji Impact



Gambar 3. 6. Spesimen Uji Impak Standar ASTM E23.

Uji impact dilakukan dengan tujuan untuk mengevaluasi ketangguhan suatu material dalam menahan beban kejut atau benturan yang terjadi secara tiba-tiba, terutama pada kondisi suhu rendah, guna mengetahui sejauh mana material tersebut mampu menyerap energi sebelum mengalami kegagalan atau patah. Pengujian ini sangat penting untuk menentukan kecenderungan material terhadap retak getas, yang dapat berdampak pada ketahanan dan keandalan struktur, terutama dalam aplikasi yang menghadapi kondisi lingkungan ekstrem atau perubahan suhu yang signifikan.

Langkah Langkah Prosedur Uji Impak *Charpy*:

- a) Persiapan Spesimen
 - Material hasil las dipotong menggunakan mesin pemotong presisi atau mesin gerinda.
 - Membentuk spesimen uji untuk pengujian Uji Impak dengan standar ASTM E23 seperti pada gambar 3.6 diatas.
 - Pastikan spesimen uji tersedia dalam kondisi baik.
 - Bersihkan permukaan spesimen dari kotoran atau sisa pemesinan.
 - Ulangi langkah ini untuk semua spesimen yang akan diuji.
- b) Pengukuran Dimensi.
 - Lakukan pengukuran dimensi spesimen dengan penggaris dan jangka sorong dengan ukuran 55mm X 10mm X 5mm dan sudut kampuh 45 ° seperti pada gambar 3.6 di atas.
 - Catat hasil pengukuran dan beri kode identifikasi pada setiap spesimen.
 - Pastikan seluruh spesimen telah diukur dengan akurat.

c) Pelaksanaan Pengujian

- Pastikan mesin uji impak dalam kondisi siap digunakan.
- Atur posisi bandul pada ketinggian awal dan pastikan sistem pengukuran dalam keadaan nol.
- Tempatkan spesimen pada dudukan mesin dengan posisi yang benar.
- Lepaskan bandul untuk memukul spesimen dan amati hasilnya.
- Catat energi yang diserap oleh spesimen dalam satuan Joule (J), selama pengujian berlangsung menggunakan rumus 2.4 diatas.
- Menganalisis perilaku patahan spesimen (getas, ulet, atau campuran).
- Ulangi prosedur ini untuk semua spesimen yang diuji.

3.6 Variabel penelitian

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian eksperimental karena melibatkan pengujian dan pengamatan langsung terhadap pengaruh variasi filler metal pada Uji Tarik dan Uji Impak sambungan las. Pada penelitian ini variable yang diamati antara lain:

3.6.1 Variabel Bebas

Jenis filler yang digunakan, yaitu:

1. AWS A5.18 ER70S-6.
2. AWS A5.9 ER308L.

3.6.2 Variabel Terikat

1. Nilai kekuatan tarik (*tensile strength*).
2. Nilai ketangguhan (*impact strength*).

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengelasan

Pengelasan dilakukan dengan metode Gas Metal Arc Welding (GMAW) pada sambungan disimilar antara baja karbon rendah A36 dan stainless steel 304. Dua jenis kawat las (filler metal) yang digunakan, yaitu ER70S-6 dan 308L untuk mengetahui pengaruh variasi komposisi kimia filler terhadap sifat mekanik dan mikrostruktur hasil lasan.

Parameter pengelasan yang digunakan dijaga konstan selama proses, meliputi arus, tegangan, kecepatan pengelasan, serta jenis gas pelindung (CO₂ sesuai standar GMAW). Proses pengelasan dilakukan secara *single pass* atau sesuai kebutuhan untuk menjamin penetrasi menyeluruh dan menghindari cacat las.

Proses pengelasan pada spesimen dilakukan di Laboratorium ATB Politeknik Negeri Medan oleh seorang welder yang telah memiliki sertifikat resmi, sehingga hasil pengelasan memenuhi standar prosedur. Gambar berikut memperlihatkan tampilan visual hasil pengelasan dissimilar dari kedua variasi filler (ER 308L dan ER70S-6):



Gambar 4. 1 Hasil pengelasan dissimilar, (A): Filler ER 308L, (B): Filler ER70S-6

Pengamatan hasil pengelasan metode GMAW pada sambungan logam A36 dan SS304 dengan dua jenis filler, yaitu ER308L dan ER70S-6, menunjukkan perbedaan visual dan mekanis yang mencolok. Pengelasan dengan filler ER70S-6 menghasilkan jalur las yang lebih rapi, seragam, dan minim cacat dibandingkan dengan ER308L, yang menunjukkan indikasi undercut dan terjadi lack root fusion disatu titik, khususnya di filler 308L. Dari segi distorsi yang telah diukur menggunakan alat ukur dial gauge, ER308L menghasilkan bending sebesar 7° , jauh lebih besar dibandingkan ER70S-6 yang hanya mencapai 3° . Hal ini menandakan bahwa ER308L menimbulkan tegangan sisa dan penyusutan termal yang lebih besar karena ketidaksesuaian karakteristik termal dengan material A36 atau parameter pengelasan yang kurang tepat.

Selain itu, hasil visual juga menunjukkan bahwa pada kedua jenis pengelasan terjadi ketidakraturan di bagian awal dan akhir jalur las. Permasalahan ini diduga kuat disebabkan oleh teknik penyalaan dan penghentian busur yang kurang tepat, tidak adanya run-on dan run-off tab, serta tidak optimalnya pengaturan aliran *shielding* gas. Meskipun ER308L secara material lebih cocok digunakan untuk stainless steel, dari segi kualitas visual, kestabilan bentuk, dan minimnya distorsi, pengelasan dengan ER70S-6 terbukti lebih baik untuk sambungan heterogen antara baja karbon A36 dan stainless steel SS304. Namun secara kekuatan dan ketangguhan filler ER308L lebih unggul dibanding filler ER70S-6.

Setelah proses pengelasan, spesimen dipotong untuk dilakukan berbagai pengujian, meliputi:

- Uji tarik, untuk mengetahui kekuatan tarik maksimum dari sambungan las.
- Uji *impact Charpy*, untuk mengetahui kemampuan material menyerap energi benturan.

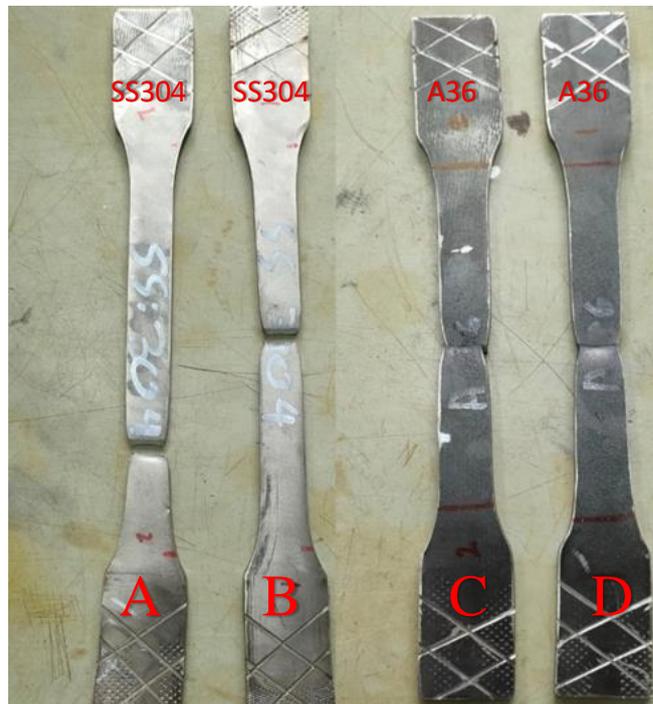
4.2 Hasil pengujian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi filler terhadap sifat mekanik berupa kekuatan tarik dan ketangguhan impact pada pengelasan *dissimilar* material antara baja A36 dan *stainless steel* 304 menggunakan metode *Gas Metal Arc Welding* (GMAW). Variasi filler yang digunakan terdiri dari:

- Filler A: ER70S-6 (filler karbon rendah)
- Filler B: ER308L (filler stainless steel)

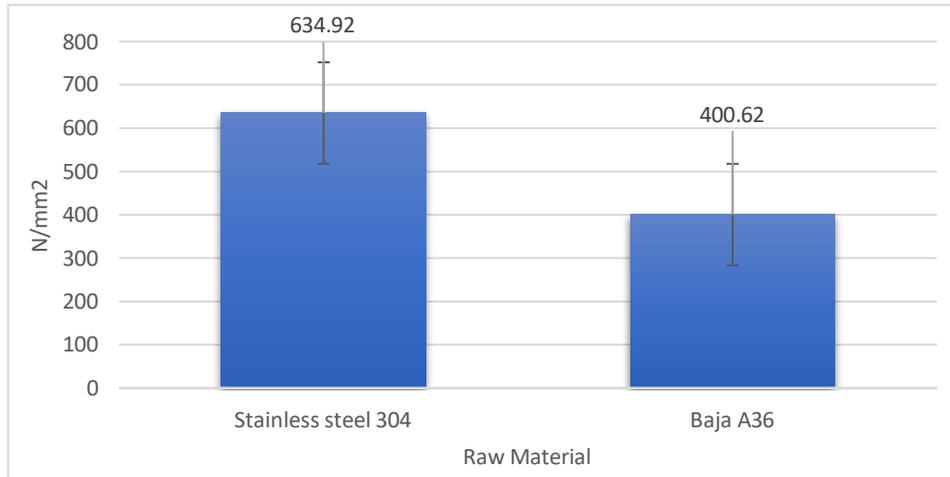
Setiap spesimen diuji untuk kekuatan tarik dan uji impact menggunakan metode standar ASME IX dan ASTM E23.

4.2.1 Hasil Pengujian Kekuatan Tarik.



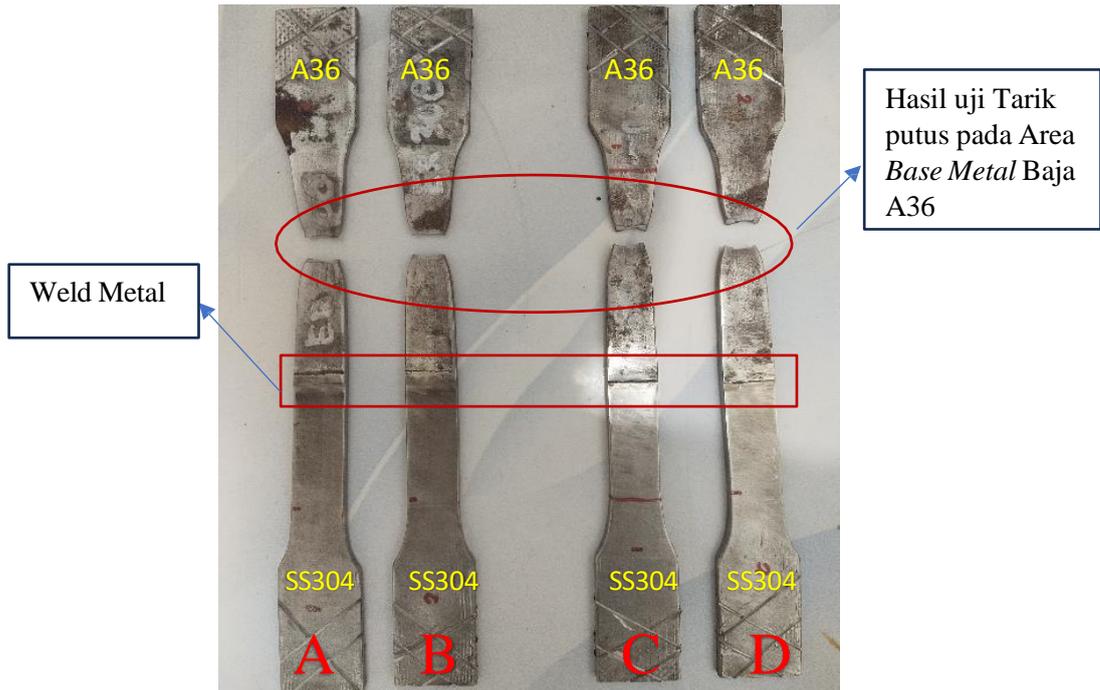
Gambar 4. 2. Spesimen Hasil Uji Tarik Raw Material SS304 (A, B) dan A36 (C, D).

Hasil pengujian tarik menunjukkan bahwa SS304 memiliki kekuatan Tarik dan keuletan yang lebih tinggi karena mampu menahan beban lebih besar serta mengalami deformasi plastis yang signifikan sebelum patah. Sementara itu, A36 tetap menunjukkan sifat ulet, namun dengan kekuatan tarik dan regangan yang lebih rendah dibandingkan SS304. Hal ini mengindikasikan bahwa SS304 lebih unggul dalam sifat mekanik dibandingkan baja A36.



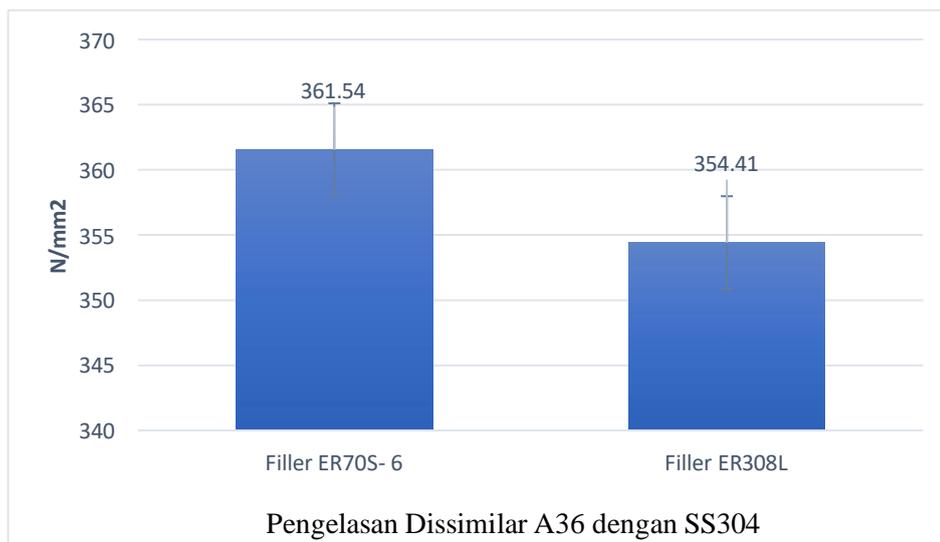
Gambar 4. 3. Grafik Hasil Pengujian Kekuatan Tarik Raw Material

Dari hasil pengujian, terlihat bahwa kekuatan tarik tertinggi diperoleh pada material stainless steel 304 dengan nilai mencapai 634,92 N/mm² sedangkan baja A36 hanya mencapai 400,62 N/mm². Angka ini mengindikasikan bahwa stainless steel memiliki ketahanan mekanik yang sangat baik dibanding material lainnya dalam pengelasan dissimilar. Hal ini tidak terlepas dari komposisi kimianya yang kaya akan unsur paduan seperti kromium (Cr) mengandung 18% dan nikel (Ni) 8% yang bisa dilihat pada tabel 3, hal tersebut tidak hanya meningkatkan ketahanan terhadap korosi tetapi juga memperkuat struktur mikro logam terhadap gaya tarik. Temuan ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Mubarak et al., 2024) di mana kekuatan tarik tertinggi juga tercatat pada stainless steel dengan nilai 631,74 MPa saat pengelasan dilakukan menggunakan arus 110 A. Konsistensi data ini memperkuat bukti bahwa stainless steel 304 unggul secara struktural dalam menahan gaya tarik, menjadikannya komponen yang dominan dalam kekuatan sambungan las antara dua jenis logam yang berbeda.



Gambar 4. 4. Spesimen Hasil Uji Tarik Pengelasan Dissimilar Filler ER308L (A, B) dan Filler ER70S-6 (C, D).

Dari gambar 4.4 diatas spesimen A dan B merupakan hasil pengelasan dissimilar metode GMAW menggunakan filler ER308L kemudian spesimen C dan D menggunakan filler ER70S-6 yang dimana hasil uji Tarik putus pada daerah *Base Metal* baja A36.



Gambar 4. 5 Grafik Hasil Pengujian Kekuatan Tarik.

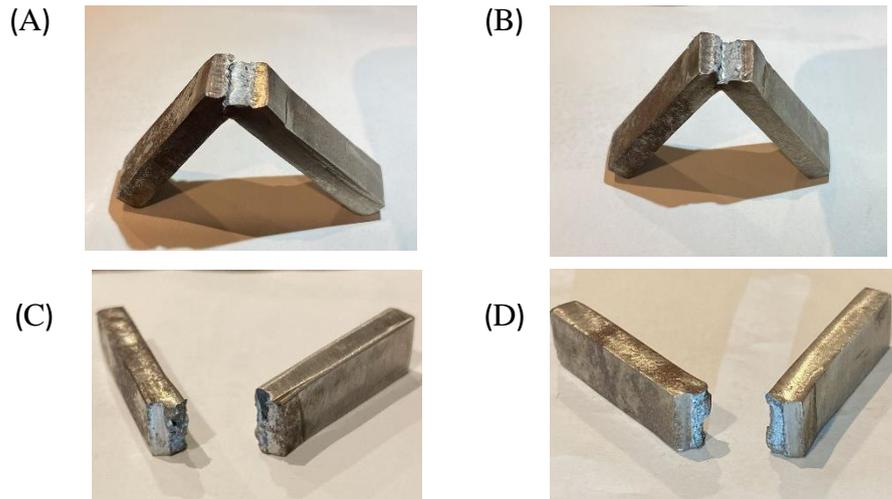
Hasil kekuatan tarik las *Dissimilar* menggunakan filler ER70S-6 dan filler ER308L masing-masing sebesar 361,54 N/mm² dan 354,41 N/mm². Pemilihan jenis filler terbukti memainkan peran krusial dalam kualitas sambungan las, terutama pada pengelasan dissimilar antara baja karbon dan stainless steel. Filler ER308L yang memiliki kandungan utama kromium (Cr) 20% dan nikel (Ni) 10% seperti halnya stainless steel 304, menunjukkan kompatibilitas kimia yang tinggi hal ini dapat dilihat pada tabel 6, sehingga mampu menghasilkan sambungan yang lebih kuat dan stabil. Hasil pengujian (M. S. Arifin, 2019) menunjukkan bahwa filler yang memiliki komposisi serupa dengan salah satu material induk, seperti ER308L yang kompatibel dengan stainless steel, cenderung memberikan performa las yang lebih baik. Kesesuaian komposisi kimia antara filler dan logam dasar membantu menciptakan ikatan metalurgi yang lebih baik serta mengurangi risiko cacat seperti retak atau patahan. Sebaliknya, penggunaan filler yang kurang sesuai, seperti ER70S-6 yang memiliki kandungan utama karbon, mangan, dan silikon yang dapat dilihat pada tabel 4, dan lebih ditujukan untuk baja karbon seperti A36, dapat menimbulkan ketidakseimbangan dalam struktur sambungan. Ketidaksesuaian ini berpotensi menciptakan zona transisi yang lemah, sehingga menurunkan kualitas dan kekuatan hasil las. Temuan ini menegaskan pentingnya pemilihan filler yang tepat sebagai salah satu kunci keberhasilan dalam pengelasan logam berbeda jenis.

Filler ER70S-6, yang cocok untuk baja karbon, kurang kompatibel dengan stainless steel, sehingga area transisi menjadi titik lemah. Sebaliknya, filler 308L lebih sesuai dengan stainless steel, namun tetap tidak menghilangkan potensi patah di sisi baja A36 karena perbedaan sifat mekanik yang signifikan. Hal ini mengakibatkan terjadinya patahan di sisi baja A36 karena perbedaan komposisi, kekuatan, dan respons termal antara material yang disambung.

Perbedaan sifat mekanik dan ketahanan terhadap panas antara baja A36 dan stainless steel 304 dapat dijelaskan melalui komposisi kimianya; baja A36, sebagai baja karbon rendah dengan kandungan karbon sekitar 0,26% yang memiliki kekuatan tarik yang lebih rendah, cenderung lebih lunak dan mudah terdeformasi, serta rentan mengalami perubahan mikrostruktur berupa pertumbuhan butir dan pelunakan di zona HAZ akibat panas pengelasan yang dapat menurunkan kekuatan

mekaniknya, berbeda dengan stainless steel 304 yang memiliki kandungan krom (Cr) 18% dan nikel (Ni) 8%, sehingga lebih tahan korosi, memiliki kekuatan tarik yang lebih besar dan menunjukkan stabilitas mikrostruktur yang lebih baik terhadap pengaruh panas dibandingkan baja A36.

4.2.1 Hasil Pengujian Ketangguhan Impak



Gambar 4. 6. Spesimen Hasil Uji Impak Pengelasan Dissimilar Filler ER308L (A, B) dan Filler 70S-6 (C, D).

Dari gambar 4.6 spesimen (A) dan (B) merupakan spesimen dengan filler ER308L yang tidak mengalami patah total melainkan hanya mengalami tekukan pada area las, sedangkan spesimen (C) dan (D) merupakan spesimen dengan filler ER70S-6 yang mengalami patah total atau patah menjadi dua bagian akibat benturan yang tinggi. Berikut nilai hasil pengujian impak pengelasan dissimilar untuk setiap variasi filler dan Raw material.

Tabel 9. Hasil Pengujian Impak Raw Material SS304 dan A36.

Spesimen	Raw Material	Nilai Impact (J/cm ²)	Lokasi Patahan
1	SS 304	205,55	Base Metal
2	SS 304	202,23	Base Metal
3	A36	280,64	Base Metal
4	A36	273,66	Base Metal

Tabel 10. Hasil Pengujian Impak Pengelasan Dissimilar Filler ER70S-6 dan 308L.

Spesimen	Pengelasan Dissimilar	Jenis Filler	Nilai Impact (J/cm ²)	Lokasi Patahan
1	A36 - SS304	ER70S-6	205,55	Daerah Logam Las
2	A36 - SS304	ER70S-6	202,23	Daerah Logam Las
3	A36 - SS304	ER308L	280,64	Daerah Logam Las
4	A36 - SS304	ER308L	273,66	Daerah Logam Las

Hasil pengujian impak dalam penelitian ini sejalan dengan temuan-temuan terdahulu yang menyatakan bahwa jenis filler logam las sangat berpengaruh terhadap ketangguhan sambungan, terutama pada pengelasan dissimilar antara baja karbon dan stainless steel. Berdasarkan data pada Tabel 10, nilai impak rata-rata spesimen yang dilas menggunakan filler ER308L mencapai 277,15 J/cm², sedangkan spesimen yang menggunakan filler ER70S-6 hanya sebesar 203,89 J/cm². Seluruh spesimen menunjukkan lokasi patahan di daerah logam las, yang menegaskan bahwa penggunaan filler ER308L menghasilkan sambungan dengan ketangguhan lebih tinggi serta kemampuan menahan beban benturan yang lebih merata.

Temuan ini sejalan dengan penelitian Hermawan et al. (2018) yang menunjukkan bahwa penggunaan filler ER308L pada sambungan dissimilar menghasilkan nilai impak yang lebih tinggi dibandingkan filler berbasis karbon seperti ER70S-6. Kandungan unsur nikel (Ni) dan kromium (Cr) dalam ER308L berperan dalam meningkatkan keuletan dan ketahanan terhadap retak, menjadikannya lebih efektif dalam menyerap energi benturan. Penelitian serupa oleh Andriyanto et al. (2020) juga mendukung hal ini, dengan menyebutkan bahwa sambungan menggunakan ER308L cenderung mengalami deformasi plastis bukan patah total, menandakan kemampuan serap energi yang tinggi di area las.

Sebaliknya, penggunaan filler ER70S-6 yang umum untuk baja karbon justru menunjukkan performa lebih rendah ketika digunakan pada pengelasan dissimilar. Studi oleh Prasetyo dan Suryawan (2017) menemukan bahwa pengelasan antara baja karbon dan stainless steel dengan ER70S-6 kerap mengalami kegagalan di daerah logam las, akibat mismatch struktur mikro dan

ketidaksesuaian sifat mekanik antara filler dan base metal stainless steel. Hasil ini konsisten dengan pengamatan dalam penelitian ini, di mana spesimen ER70S-6 mengalami patahan penuh saat diuji impact. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa filler ER308L merupakan pilihan yang lebih unggul untuk aplikasi pengelasan dissimilar antara baja A36 dan stainless steel 304, khususnya dalam menghadapi beban kejut atau benturan mekanis.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian mengenai pengaruh variasi jenis filler pada pengelasan dissimilar baja A36 dan stainless steel 304 menggunakan GMAW, dapat disimpulkan bahwa jenis filler secara signifikan memengaruhi kekuatan tarik dan ketangguhan impak sambungan las.

- Dalam pengujian kekuatan tarik, Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi filler mempengaruhi sifat mekanik sambungan las dissimilar antara baja A36 dan stainless steel 304 dengan metode GMAW. Semua spesimen mengalami patah pada logam induk baja A36, yang menunjukkan bahwa kekuatan sambungan las melebihi kekuatan baja karbon tersebut. Filler ER70S-6 memberikan kekuatan tarik yang lebih tinggi (361,54 N/mm²) dibandingkan ER308L (354,41 N/mm²). Namun, ER308L menunjukkan kompatibilitas kimia yang lebih baik dengan stainless steel karena kandungan kromium (Cr) dan nikel (Ni), sehingga menghasilkan sambungan yang lebih homogen dan tahan terhadap cacat.
- Dalam pengujian ketangguhan impak, perbedaan performa kedua filler menjadi lebih jelas. Filler ER308L menunjukkan ketangguhan yang jauh lebih unggul dengan nilai impak rata-rata 277,15 J/cm² dibandingkan ER70S-6 yang hanya mencapai 203,89 J/cm². Dengan demikian, terdapat selisih ketangguhan sekitar 27% antara kedua jenis filler tersebut. Perilaku patahan juga berbeda signifikan, di mana spesimen yang dilas dengan ER308L mengalami patah ulet, mencerminkan kemampuannya dalam menyerap energi benturan yang tinggi. Sebaliknya, spesimen dengan ER70S-6 mengalami patah menjadi dua bagian akibat beban impak. Lokasi patahan juga memberikan wawasan penting, dimana patahan pada kedua filler terjadi di daerah logam las. Hal ini mengindikasikan bahwa kualitas sambungan yang dihasilkan oleh filler ER308L lebih merata dan kuat secara keseluruhan dalam menahan beban kejut.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil dan analisis penelitian, berikut beberapa saran untuk penelitian lanjutan dan penerapan praktis:

- Pemilihan filler: Untuk aplikasi yang membutuhkan ketangguhan tinggi dan kekuatan mekanik optimal pada sambungan dissimilar baja karbon dan stainless steel, filler ER308L lebih direkomendasikan. Dan Penggunaan filler ER70S-6 dapat dipertimbangkan untuk kebutuhan visual las yang baik dan efisiensi biaya, namun perlu kompensasi pada desain sambungan atau perlakuan pasca-las.
- Parameter pengelasan: Disarankan melakukan optimasi parameter pengelasan lebih lanjut (seperti arus, tegangan, kecepatan, preheat) untuk menurunkan cacat seperti undercut dan lack of fusion, khususnya pada penggunaan filler 308L.
- Teknik pengelasan: Penggunaan *run-on dan run-off tab* serta teknik penyalaan dan penghentian busur yang tepat sangat penting untuk menghindari ketidakteraturan di awal dan akhir jalur las.

DAFTAR PUSTAKA

- Amanto, H. (n.d.). Daryanto, 1999 Ilmu bahan, cetakan pertama. *Bumi Aksara*.
- Amin, A. (2017). Pengaruh Variasi Arus Listrik Terhadap Kekuatan Tarik dan Struktur Mikro Sambungan Las Titik (Spot Welding) Logam Dissimilar Stainless Steel dan Baja Karbon Rendah. *Al Jazari: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 2(1).
- Area, U. M. (2024). *Pengaruh Material Baja Dengan Kadar Karbon Fillet Weld Lap Joint Dengan Pengelasan Mig Skripsi Oleh : Dimas Hadi Surya Fakultas Teknik Universitas Medan Area Medan Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana di Fakultas Teknik Univer*.
- ARGA, E. L. Y. S. (n.d.). *Pengaruh Variasi Filler Er70s-6 Dan E71t-1c Pada Pengelasan Baja Sa-36 Menggunakan Metode Pengelasan Gmaw Dan Fcaw*.
- Ariandi, A. (2022). *Analisis Kekuatan Sambungan Las Pada Astm A106 Sebagai Penyalur Minyak Dan Gas Menggunakan Gtaw*. Universitas Nasional.
- Arifin, M. S. (2019). *Pengaruh Arus Pada Proses Pengelasan Smaw Logam Erbeda Baja Astm A36 Dengan Baja Ss 304 Terhadap Sifat Mekanis*. Institut Teknologi Nasional Malang.
- Arifin, R. R. P. N., & Yunus, Y. (2021). Pengaruh Media Pendingin Terhadap Kekuatan Impak Dan Struktur Mikro Hasil Pengelasan Aluminium 5083 Dengan Las TIG. *Jurnal Teknik Mesin*, 9(02), 31–36.
- Azwinur, A., Ismy, A. S., Nanda, R., & Ferdiyansyah, F. (2020). Pengaruh arus pengelasan SMAW terhadap kekuatan sambungan las double lap joint pada material AISI 1050. *Journal of Welding Technology*, 2(1), 1–7.
- Bawazir, F., Bukhari, B., & Ismy, A. S. (2021). Pengaruh Variasi Elektroda Las Pada Sambungan Pengelasan SMAW Baja St. 37 dengan St. 40 Terhadap Sifat Mekanik. *Jurnal Mesin Sains Terapan*, 5(2), 91–96.
- Bo, A. 2017. (n.d.). *ASME BPVC IX-2017_with Bookmarks (1)*.
- Carlone, P., & Astarita, A. (2019). Dissimilar metal welding. In *Metals* (Vol. 9, Issue 11, p. 1206). MDPI.
- Fakri, Z., Bukhari, B., & Juhan, N. (2019). Analisa Pengaruh Kuat Arus Pengelasan Gmaw Pada Pengujian Impak Baja AISI 1050. *Journal of Welding Technology*, 1(1), 5–10.
- Felani, F. N., Kosjoko, K., & Finali, A. (2017). Uji Perbandingan Kekuatan Tarik Pengelasan Stainless Steel Aisi 304 Menggunakan Las Tig (Tungsten Inert Gas) Dan Las Mig (Metal Inert Gas) Dengan Variasi Media Pendingin. *J-Proteksion: Jurnal Kajian Ilmiah Dan Teknologi Teknik Mesin*, 1(2), 13–16.
- Fitria, C. (n.d.). *Analisis Hasil Pengelasan Baja HB 500 dengan Baja ST 42 menggunakan Metode Gas Metal Arc Welding (GMAW) di PT. Pindad Persero*. Fakultas Sains dan Teknologi UIN Syarif Hidayatullah Jakarta.

- Ghosh, N., Pal, P. K., & Nandi, G. (2017). GMAW dissimilar welding of AISI 409 ferritic stainless steel to AISI 316L austenitic stainless steel by using AISI 308 filler wire. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 20(4), 1334–1341.
- Jordi, M., Yudo, H., & Jokosisworo, S. (2017). Analisa Pengaruh Proses Quenching Dengan Media Berbeda Terhadap Kekuatan Tarik dan Kekerasan Baja St 36 Dengan Pengelasan SMAW. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 5(1).
- Ketaren, L. P., Budiarto, U., & Santosa, A. W. B. (2019). Analisa pengaruh variasi kampuh las dan arus listrik terhadap kekuatan tarik dan struktur mikro sambungan las GMAW (gas metal arc welding) pada aluminium 6061. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 7(4).
- Khoirofik, I. (2015). Analisa Teknis Pengelasan Dissimilar Material Antara Aa 6063 Dan Aa 5083 Ditinjau Dari Aspek Mekanik Dan Metalurgi Pada Bangunan Kapal. *Institut Teknologi Sepuluh November*.
- Las, T. K. T. S. (2021). JURNAL APTEK. *Jurnal APTEK Vol*, 13(2), 69–74.
- Mahendra, B. R. (2023). *Pengaruh Variasi Filler dan Arus Pengelasan Terhadap Kekuatan Tarik Dan Nilai Kekerasan Sambungan Dissimilar Metal Baja SS 304 dan SS 400*. Politeknik Negeri Jember.
- Manalu, S. L. P. (2022). Analisa Hasil Pengelasan Bawah Air Baja A36 Dengan Elektroda Air AWS E7018. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 10(3), 31–40.
- Miranda, Y., & Made, A. M. (2018). Analisa Perbedaan Temperatur Pada Material Baja Karbon Rendah S355JO Terhadap Distorsi Pada Pengelasan SMAW. *Zona Mesin: Program Studi Teknik Mesin Universitas Batam*, 9(1).
- Mubarak, F., Budiarto, U., & Amiruddin, W. (2024). Analisis Pengaruh Variasi Arus Las Terhadap Laju Korosi dan Kekuatan Tarik Pengelasan Dissimilar Baja ASTM A36 dan Stainless SS304. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 12(2).
- Muzadi, A. (2024). *Kekuatan Tarik Sambungan Las Mig Co2 Pada Baja Karbon Rendah St 37 Dan Ss 400 Dengan Sudut Kampuh V 60 Derajat Dan Variasi 60 Dan 70 Ampere*. Politeknik Harapan Bersama.
- Nelfianti, F. (2021). Analisis Bauran Pemasaran Produk Plat Stainless Steel (Studi Kasus pada Suplier Stainless Steel di Jakarta). *Jurnal Administrasi Bisnis*, 1(2), 88–92.
- Ogbonna, O. S., Akinlabi, S. A., Madushele, N., Fatoba, O. S., & Akinlabi, E. T. (2023). Grey-based taguchi method for multi-weld quality optimization of gas metal arc dissimilar joining of mild steel and 316 stainless steel. *Results in Engineering*, 17, 100963.
- Pandey, P. K., Rathi, R., Singh, M., & Verma, J. (2023). Experimental analysis on microstructure, mechanical properties, and corrosion behavior of TIG welded AISI 444 ferritic stainless steels. *Engineering Solid Mechanics*, 12(1), 93–102.
- Prasetya, A. W. (2017). Pengaruh debit gas pelindung dan tegangan listrik terhadap tingkat kekerasan dan struktur mikro sambungan las GMAW pada baja karbon

sedang EMS-45. *Jurnal Kompetensi Teknik*, 8(2), 42–52.

- Putra, R. P., Jokosisworo, S., & Kiryanto, K. (2016). Pengaruh Arus Listrik Dan Temperatur Terhadap Kekuatan Tarik Dan Impact Alumunium 5083 Pengelasan GMAW (Gas Metal Arc Welding). *Jurnal Teknik Perkapalan*, 4(1).
- Ramadhon, G. (2024). *Pengaruh Variasi Kampuh Terhadap Ketangguhan Sambungan Las Mig Pada Baja St 37 Arus 60 Ampere Dengan Variasi Sudut 45° Dan 60°*. Politeknik Harapan Bersama.
- Rizki, A. M. (2018). *Analisis Pengaruh Variasi Elektroda Pada Pengelasan Aluminium 5083 Dengan 6061 Terhadap Sifat Mekanik, Struktur Mikro, dan Prediksi Korosi*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Santoso, K. A. (2018). Analisa Pengaruh Laju Korosi Plat Baja St 40 Dan Stainless Steel 304 Terhadap Larutan Asam Sulfat. *Majalah Techno*, 1–8.
- Siburian, A. N. P. (2021). *Pengaruh Filler Metal Terhadap Struktur Mikro Dan Sifat Mekanik Baja Paduan Hardfacing*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Soenoko, R., Purnowidodo, A., & Irawan, Y. S. (2016). Perubahan Laju Perambatan Retak Dissimilar Welding Akibat Penambahan Fluks Magnet. *Prosiding SENIATI*, 2(1), 229-A.
- Spence, J. T., Helmreich, R. L., & AWS, W. S. (1972). The Attitudes toward Women Scale (AWS). *An Objective Instrument to Measure the Attitudes toward the Rights and Roles of Women in Contemporary Society*. *JJAS. Catalog of Selected Documents in Psychology*, 2, 66–67.
- Suastiyanti, D., & Hasybi, M. K. (2018). Kekerasan Hasil Pengelasan TIG dan SMAW pada Stainless Steel SS 304 untuk Aplikasi Boiler Shell. *Prosiding Seminar Nasional Pakar*, 47–52.
- Sudargo, P. H., & Baroto, B. T. (2017). Pengaruh Filler Dan Arus Listrik Pengelasan Logam Tak Sejenis Baja (AISI 1045) Dengan Baja Tahan Karat (AISI 316L) Terhadap Sifat Mekanis Dan Struktur Mikro. *Prosiding Sains Nasional Dan Teknologi*, 1(1).
- Susetyo, F. B. (2013). Studi Karakteristik Hasil Pengelasan MIG Pada Material Aluminium 5083. *MECHANICAL*, 4(2).
- Sutowo, C., & Budiawan, I. (2008). Analisa Pengaruh Pengelasan Tig dan Mig pada Sambungan Las dengan Material Tipe Ss316 dan Ss304. *SINTEK JURNAL: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 2(1).
- Syafa'at, I., Purwanto, H., Ilhamudin, M., & Ratnani, R. D. (2018). Analisa Kekuatan Sambungan Las Argon pada Stainless Steel 304 Menggunakan Variasi Kuat Arus. *Jurnal Ilmiah Momentum*, 14(2).
- Wahyudi, M. T., Valentino, L. E., & Pratiwi, W. D. (2024). Analisis Pengaruh Variasi Filler dan Kuat Arus Pengelasan Dissimilar SM490YA dengan Cast Steel terhadap Ketangguhan. *Jurnal Teknologi Maritim*, 7(2), 40–53.

- Wijoyo, W., & Aji, B. K. (2015). Kajian Kekerasan Dan Struktur Mikro Sambungan Las Gmaw Baja Karbon Tinggi Dengan Variasi Masukan Arus Listrik. *Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro Dan Ilmu Komputer*, 6(2), 243–248.
- Yantony, D., & Parekke, S. (2023). *Buku Ajar Teknologi Pengelasan Logam (Jilid 1)*. Penerbit NEM.

Lampiran 1.



LABORATORIUM TEKNIK MESIN POLITEKNIK NEGERI MEDAN

Nama Mahasiswa : Muhammad Fadil
Kampus : UMSU
Jenis Pengujian : Uji Tarik
NPM : 21077230081

Tanggal uji : 24 April 2025

No	Kode Spesimen	Lebar (W)	Tebal (T)	Luas (A)	Panjang Awal (Lo)	Panjang Akhir (Li)	Perubahan Panjang (ΔL)	Fy	Fu	Ty	Tu	e
		mm	mm	mm ²	mm	mm	mm	N	N	N/mm ²	N/mm ²	%
1	SS 304	18,90	5,00	94,50	129,53	186,32	56,79	37500	60600	396,83	641,27	43,84
2	SS 304	19,60	5,00	98,00	131,75	189,68	57,93	38000	61600	387,76	628,57	43,97
										392,29	634,92	43,91
3	Carbon A36	19,30	5,00	96,5	122,99	151,72	28,73	27000	38600	279,79	400,00	23,36
4	Carbon A36	19,44	5,00	97,20	117,72	148,23	30,51	27400	39000	281,89	401,23	25,92
										280,84	400,62	24,64
5	ER 706 - S	19,01	5,00	95,05	107,83	127,90	20,07	27600	33600	290,37	353,50	18,61
6	ER 706 - S	19,25	5,00	96,25	86,19	92,75	6,56	28600	34200	297,14	355,32	7,61
										293,76	354,41	13,11
7	ER 308	19,05	5,00	95,25	96,83	111,17	14,34	27600	34400	289,76	361,15	14,81
8	ER 308	19,12	5,00	95,60	78,30	83,76	5,46	27600	34600	288,70	361,92	6,97
										289,23	361,54	10,89

keterangan : Gravitasi, $g = 9,81 \text{ m/s}^2$, F_y = gaya luluh, F_u = gaya maks
 σ_y = tegangan luluh, σ_u = tegangan tarik, ϵ = regangan.



Jenis Pengujian : Uji Impak

No	Kode Spesimen	Present Angle (°)	Impact Angle (°)	Energy (Joule/kg·m ² /s ²)	Strength (Joule/cm ²)	Pendulum Length (m)	Pendulum Weight (kg)	Specimen Width (cm)	Angle Calibration
1	Pengelasan Dissimilar Filler ER 70S-6	38,5	126,3	51,39	205,55	0,86	35	0,5	Cal.140
2	Pengelasan Dissimiar Filler ER 70S-6	37,1	126,5	50,56	202,23	0,86	35	0,5	Cal.140
3	Pengelasan Dissimilar Filler ER 308L	31,4	121,9	70,16	280,64	0,86	35	0,5	Cal.140
4	Pengelasan Dissimilar Filler ER 308L	33,3	122,3	68,41	273,66	0,86	35	0,5	Cal.140
5	Raw Material A36	35,6	122,3	68,41	273,66	0,86	35	0,5	Cal.140
6	Raw Material A36	37,9	122,7	66,68	266,7	0,86	35	0,5	Cal.140
7	Raw Material SS 304	41	124,1	60,65	242,61	0,86	35	0,5	Cal.140
8	Raw Material SS 304	39,3	122,3	68,41	273,66	0,86	35	0,5	Cal.140



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

Bila membaca surat ini agar disebutkan nomor dan tanggalnya

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

UMSU Terakreditasi Unggul Berdasarkan Keputusan Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi No. 174/SK/BAN-PT/Ak.Pg/PT/IIU/2024
Pusat Administrasi: Jalan Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - 66224567 Fax. (061) 6625474 - 6631003
<https://fatek.umsu.ac.id> fatek@umsu.ac.id [umsu](#) [umsu](#) [umsu](#) [umsu](#)

PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN
DOSEN PEMBIMBING

Nomor : 2107/II.3AU/UMSU-07/F/2024

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Mesin Pada Tanggal 11 November 2024 dengan ini Menetapkan :

Nama : MUHAMMAD FADIL NAINGGOLAN
Npm : 2107230081
Program Studi : TEKNIK MESIN
Semester : 7 (Tujuh)
Judul Tugas Akhir : PENGARUH VARIASI KUAT ARUS TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN KETANGGUHAN IMPACT SAMBUNGAN LAS DISSIMILAT BAJA AISI 1008 DAN STAINLESS STEEL 304 DENGAN PROSES GTAW .

Pembimbing : Dr SUHERMAN ST. MT

Dengan demikian diizinkan untuk menulis tugas akhir dengan ketentuan :

3. Bila judul Tugas Akhir kurang sesuai dapat diganti oleh Dosen Pembimbing setelah mendapat persetujuan dari Program Studi Teknik Mesin
4. Menulis Tugas Akhir dinyatakan batal setelah 1 (satu) Tahun dan tanggal yang telah ditetapkan.

Demikian surat penunjukan dosen Pembimbing dan menetapkan Judul Tugas Akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya



Munawar Alfansury Siregar, ST.,MT
NIDN: 0101017202





A. Identitas Diri

Nama lengkap : Muhammad Fadil Nainggolan
Tempat / Tanggal Lahir : Hutaimbaru, 31 Oktober 2003
Alamat : Hutaimbaru, Kec. Halongonan, Kab. Padang Lawas Utara
Jenis Kelamin : Laki – Laki
Umur : 21 Tahun
Agama : Islam
Kewarganegaraan : Indonesia
Status : Belum menikah
Tinggi / Berat badan : 163 cm / 58 kg
E-mail : fadilnainggolan09@gmail.com
Nomor telepon / hp : 0813 – 9623 – 1378
Motto hidup : “Tidak Ada Hasil Besar Tanpa Usaha Besar”

B. Riwayat Pendidikan

Tahun 2009 – 2015 : SD Negeri 100670 Hutaimbaru
Tahun 2015 – 2018 : SMP Negeri 2 Padang Bolak
Tahun 2018 – 2021 : SMA Negeri 1 Halongonan
Tahun 2021 – 2025 : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara