

TUGAS AKHIR
PENGARUH VARIASI FILLER METAL TERHADAP
MIKROSTRUKTUR DAN KEKERASAN 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:

HARIA BAGAS SWARA

2107230069



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 : Haria Bagas Swara
NPM : 2107230069
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir : Pengaruh Variasi filler Metal Terhadap Mikrostruktur dan Kekerasan Pada Pengelasan Dissimilar Baja A36 dengan Stainless Steel 304 Menggunakan Metode GMAW

Bidang ilmu : Konstruksi Manufaktur

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 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

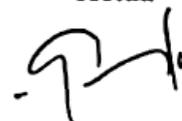
Dosen Penguji III



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 : Haria Bagas Swara
Tempat /Tanggal Lahir : Helvetia, 13 Maret 2003
NPM : 2107230069
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

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

“Pengaruh Variasi Filler Metal Terhadap Mikrostruktur dan Kekerasan Pada Pengelasan *Dissimilar* Baja A36 dengan *Stainless Steel* 304 Menggunakan Metode GMAW”

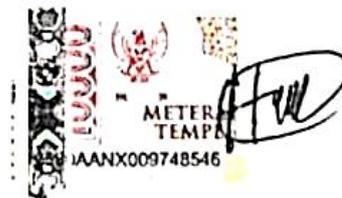
Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

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 an official stamp of Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. The stamp includes the university's name in Indonesian, the acronym 'UMSU', and the text 'METER TEMPORAL' and 'IAANX009748546'. A handwritten signature in black ink is written over the stamp.

Haria Bagas Swara

ABSTRAK

Pengelasan material yang tidak sejenis (*dissimilar welding*) antara baja karbon dan baja tahan karat adalah proses krusial dalam industri manufaktur. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi filler metal terhadap mikrostruktur dan kekerasan pada sambungan las antara baja A36 dan Stainless Steel 304 menggunakan metode Gas Metal Arc Welding (GMAW). Penelitian ini menggunakan dua jenis filler metal, yaitu ER70S-6 dan ER308L, untuk mengelas material induk baja A36 dan Stainless Steel 304. Pengujian yang dilakukan meliputi analisis mikrostruktur dan pengujian kekerasan Vickers pada tiga zona utama: Weld Area, Heat-Affected Zone (HAZ), dan Base Metal. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pemilihan filler metal secara signifikan mempengaruhi nilai kekerasan. Pada pengelasan dengan filler metal ER70S-6, nilai kekerasan rata-rata tertinggi berada pada Weld Area (234,1 VHN), diikuti oleh HAZ (159,6 VHN) dan Base Metal (135,2 VHN). Sementara itu, pada pengelasan dengan filler metal ER308L, nilai kekerasan tertinggi juga berada pada Weld Area (193,3 VHN), diikuti oleh HAZ (152,8 VHN) dan Base Metal (133,1 VHN). Pengamatan mikrostruktur menunjukkan adanya perbedaan fasa dan ukuran butir pada setiap zona. Di mana ukuran butir terbesar ditemukan di *Weld Area* dan berangsur-angsur mengecil menuju *Base Metal*. Selain itu, ditemukan juga cacat mikro seperti porositas dan segregasi di area HAZ. Berdasarkan data tersebut, dapat disimpulkan bahwa penggunaan filler metal ER70S-6 menghasilkan nilai kekerasan yang lebih tinggi pada semua zona dibandingkan dengan filler metal ER308L. Oleh karena itu, pemilihan filler metal yang tepat sangat penting untuk mengoptimalkan sifat mekanik sambungan las.

Kata Kunci: Pengelasan *Dissimilar*, Gas Metal Arc Welding (GMAW), *Filler Metal* (ER70S-6 dan ER308L), Mikrostruktur, Kekerasan

ABSTRACT

Dissimilar welding of carbon steel and stainless steel is a crucial process in the manufacturing industry. This study aims to analyze the effect of filler metal variations on the microstructure and hardness of welded joints between A36 steel and Stainless Steel 304 using the Gas Metal Arc Welding (GMAW) method. This study used two types of filler metals, namely ER70S-6 and ER308L, to weld A36 steel and Stainless Steel 304 parent materials. Tests conducted included microstructural analysis and Vickers hardness testing in three main zones: Weld Area, Heat-Affected Zone (HAZ), and Base Metal. The test results showed that the selection of filler metal significantly affected the hardness value. In welding with ER70S-6 filler metal, the highest average hardness value was in the Weld Area (234.1 VHN), followed by the HAZ (159.6 VHN) and Base Metal (135.2 VHN). Meanwhile, in welding with filler metal ER308L, the highest hardness value was also in the Weld Area (193.3 VHN), followed by the HAZ (152.8 VHN) and Base Metal (133.1 VHN). Microstructural observations showed differences in phase and grain size in each zone, where the largest grain size was found in the Weld Area and gradually decreased towards the Base Metal. In addition, micro defects such as porosity and segregation were also found in the HAZ area. Based on these data, it can be concluded that the use of filler metal ER70S-6 produced higher hardness values in all zones compared to filler metal ER308L. Therefore, selecting the right filler metal is very important to optimize the mechanical properties of welded joints.

Keywords: Dissimilar Welding, Gas Metal Arc Welding (GMAW), *Filler Metal* (ER70S-6 dan ER308L), Microstructure, Hardness

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 tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan proposal penelitian ini dengan judul *“Pengaruh Variasi Jenis filler Metal Terhadap Mikrostruktur dan Kekerasan 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 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 Pariono dan Ibu Syamsinar, dimana mereka berdua telah membesarkan, mengasuh, mendidik, serta memberikan semangat dan doa yang tulus tiada putus sehingga penulis dapat menyelesaikan studinya.
7. Kepada kakak saya Syamira Anggi Swari, adik-adik saya Bagus Tri Hariono, Atallah Faris Permana, Aqila Misha Shafana 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 Tugas Akhir ini.

8. Kepada Anak Pertama yang tidak saya sebetukan namanya disini, terima kasih atas segala dukungan, kesabaran, dan doanya. Kehadiranmu memberikan semangat dan motivasi yang luar biasa dalam menyelesaikan skripsi ini. Semoga kebersamaan kita selalu diberkahi dan menjadi awal dari perjalanan yang indah ke depan.
9. Kepada seluruh rekan seperjuangan yang turut serta dalam penelitian ini, khususnya Muhammad Fadil Nainggolan , Azi Dian Syaputra dan 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

Haria Bagas Swara

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Ruang Lingkup Penelitian	3
1.4. Tujuan Penelitian	4
1.5. Manfaat Penelitian	4
1.6. Batasan Penelitian	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Pengelasan	6
2.2. Pengelasan Material Tidak Sejenis (Dissimilar Welding)	10
2.3. Karakteristik Material yang Digunakan	10
2.3.1. Baja A36	10
2.3.2. Stainless Steel 304	11
2.4. Pengelasan GMAW	11
2.4.1. Proses pengelasan	12
2.5. Filler Metal ER70S-6 dan ER308L	13
2.5.1. Filler Metal ER70S-6	13
2.5.2. Filler Metal ER308L	13
2.6. Pengujian Microstruktur Dan Kekerasan (Hardness Test)	14
2.6.1. Pengujian Microstruktur	14
2.6.2. Pengujian Kekerasan (Hardness Test)	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. Alat dan Bahan	19
3.2.1. Alat	19
3.2.2. Bahan	20
3.3. Diagram Alir Penelitian	21
3.4. Metode Pengelasan	22
3.5. Prosedur Penelitian	23
3.6. Variabel Penelitian	27
3.6.1. Variabel Bebas	27
3.6.2. Variabel Terikat	27

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	28
4.1. Hasil Pengelasan	28
4.2. Hasil Pengujian	30
4.2.1. Hasil Pengujian Mikrostruktur	30
4.2.2. Hasil Pengujian Kekerasan	33
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	37
5.1. Kesimpulan	37
5.2. Saran	37
DAFTAR PUSTAKA	39
Lampiran 1. Hasil Penelitian	
Lampiran 2. Lembar Asistensi	
lampiran 3. SK Pembimbing	
LAMPIRAN 4. berita acara seminar hasil	
Lampiran 5. Daftar Riwayat Hidup	

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Literatur yang digunakan Penelitian	7
Tabel 2. Komposisi Baja A36	10
Tabel 3. Komposisi Stainless Steel 304	11
Tabel 4. Komposisi Kimia Filler Metal ER70S-6 (Chong et al., 2024)	13
Tabel 5. Komposisi Kimia Filler Metal ER308L (Gupta et al., 2018)	14
Tabel 6. Tahapan Waktu Penelitian	19
Tabel 7. Parameter Pengelasan	22

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Mesin Las	12
Gambar 2.2 Cara Kerja Las MIG	12
Gambar 2. 3 Alat Pengujian Mikrostruktur	15
Gambar 2. 4 Alat uji Kekerasan	17
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	21
Gambar 3. 2 Dua Matera yang Sudah Di las	23
Gambar 3. 3 Pembuatan Kampuh V	23
Gambar 3. 4 Potongan Spesimen Uji Mikro	23
Gambar 3. 5 Potongan Spesimen Uji Kekerasan	23
Gambar 3. 6 Plat baja A36 dan SS304	23
Gambar 3. 7 Filler AWS ER70S-6 dan AWS A5.9 ER308L.	23
Gambar 4. 1 Hasil pengelasan, A: (Filler ER 308L), B: (Filler ER70S-6)	28
Gambar 4. 2 Cacat undercat dari hasil pengelasan	29
Gambar 4. 3 (a) Base metal baja A36 dan (b) Base metal SS 304	31
Gambar 4. 4 (a) Daerah HAZ / Weld Baja A36 dengan Filler ER 70s-6 dan (b) Daerah HAZ / Weld A36 Filler ER 308 L	31
Gambar 4. 5 (a) Weld Area Filler ER 70S-6. Dan (b) Weld Area Filler ER 308 L	32
Gambar 4. 6 (a) Daerah Weld/Has SS 304 Filler ER 70S-6. Dan (b) Daerah Weld/Has SS 304 Filler ER 308 L.	32
Gambar 4. 7 Letak Titik uji kekerasan Filler ER 70S-6	34
Gambar 4. 8 Grafik Kekerasan Filler ER 70S-6	34
Gambar 4. 9 Letak Titik uji kekerasan Filler ER 308 L	34
Gambar 4. 10 Grafik Kekerasan FILLER ER 308 L	34

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pengelasan (*welding*) merupakan suatu teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi baik menggunakan tekanan maupun tanpa tekanan sehingga menghasilkan sambungan yang kontinyu. Dalam industri manufaktur selalu dibutuhkan penyambungan material beda jenis. Pemaduan material beda jenis dibutuhkan untuk menghasilkan produk yang unggul, seperti pemaduan material antara baja karbon dengan stainless steel. Pemaduan baja karbon dan stainless steel ditujukan untuk menghasilkan konstruksi yang kuat dan tahan karat tetapi tetap ekonomis. Penyambungan material beda jenis merupakan suatu tantangan tersendiri karena adanya perbedaan sifat-sifat antara kedua material yang berbeda tersebut. (Nurisna & Setiawan, 2020)

Baja adalah logam campuran yang terdiri dari besi (Fe) dan karbon (C). Jadi baja berbeda dengan besi (Fe), aluminium (Al), seng (Zn), tembaga (Cu), dan titanium (Ti) yang merupakan logam murni. Dalam senyawa antara besi dan karbon (unsur nonlogam) tersebut besi menjadi unsur yang lebih dominan dibanding karbon. Kandungan karbon berkisar antara 0.2 - 2.1% dari berat baja tergantung dari tingkatannya. (R. Wahyudi et al., 2019)

Stainless steel merupakan 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 baja *stainless* martensitik, baja stainless ferritik, baja *stainless* austenitik, baja stainless dupleks, dan baja stainless pengerasan endapan. Baja tahan karat SS 304 tergolong pada baja stainless austenitik. *Austenitic stainless steel* merupakan baja paduan yang memiliki kandungan 16–26% Cr, 0.75–19.0% Mn, 1–40% Ni, 0.03–0.35% C, dan kandungan N sebagai penstabil *austenite* pada temperatur ruang dan kenaikan temperatur

tertentu [6]. Tabel 1 menunjukkan komposisi kimia baja tahan karat SS 304 dan Tabel 2 menunjukkan *mechanical properties* dari baja tahan karat SS 304.(Suastiyanti & Hasybi, 2018)

Las busur logam-gas atau *Gas metal arc welding* (GMAW) merupakan salah satu proses pengelasan yang paling umum dipakai di industri. *GMAW* menghasilkan sambungan las yang baik dengan efisiensi deposisi yang tinggi. Perlakuan pada sambungan las sebelum dan setelah proses pengelasan juga tidak banyak dibutuhkan, hal tersebut dapat meningkatkan produktifitas dan pengurangan biaya produksi. Pengelasan logam tak sejenis antara baja karbon dan baja tahan karat sangat umum digunakan di industry manufaktur, pembangkit listrik, dan konstruksi. Pengelasan logam tak sejenis bertujuan untuk mengurangi biaya material dan memperoleh sifat tertentu dari salah satu logam induk yang tidak dimiliki oleh logam induk lain. Penelitian ini menggunakan logam induk baja karbon ASTM A36 dan baja tahan karat austenitik AISI 304 yang dilas dengan GMAW.(Wicaksono & Ilman, 2021)

Pengelasan *dissimilar* merupakan pengelasan dengan dua logam dasar yang berbeda, yang biasanya digunakan untuk menyambung material baja tahan karat dengan material lainnya 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)

Dengan memahami pengaruh variasi kuat arus terhadap mikrostruktur dan kekerasan pada pengelasan dissimilar baja A36 dan stainless steel 304 menggunakan metode GMAW, penelitian ini diharapkan dapat memberikan solusi untuk meningkatkan kualitas sambungan las dalam berbagai aplikasi industri. Penelitian ini juga bertujuan untuk menjawab tantangan teknis dalam pengelasan material dengan sifat berbeda, sekaligus memberikan kontribusi bagi pengembangan teknologi pengelasan yang lebih efisien dan andal. Melalui analisis yang komprehensif, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi praktisi dan peneliti di bidang teknik pengelasan untuk mencapai kualitas las yang optimal.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi filler metal terhadap mikrostruktur sambungan dissimilar antara baja A36 dan Stainless Steel 304 menggunakan metode GMAW?
2. Bagaimana pengaruh variasi filler metal terhadap kekerasan sambungan dissimilar antara baja A36 dan Stainless Steel 304 menggunakan metode GMAW?

1.3. Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian ini mencakup ruang lingkup berikut:

- **Material yang Digunakan:** Penelitian menggunakan baja karbon rendah A36 sebagai material base metal pertama dan Stainless Steel 304 sebagai material base metal kedua.
- **Proses Pengelasan:** Proses pengelasan dilakukan menggunakan metode GMAW dengan parameter tetap seperti arus dan tegangan pengelasannya, dan disesuaikan dengan spesifikasi masing-masing filler metal.
- **Filler Metal:** Penelitian ini akan menggunakan dua jenis filler metal berbeda yaitu ER70S-6 dan ER 308 L
- **Karakterisasi Mikrostruktur:** Mikrostruktur akan dianalisis menggunakan mikroskop optic metalurgi dan, jika diperlukan, mikroskop elektron untuk mengidentifikasi perubahan struktur di zona fusi dan *heat-affected zone* (HAZ).
- **Pengujian Kekerasan:** Pengujian kekerasan dilakukan pada zona las, HAZ, dan base metal untuk mengevaluasi distribusi sifat mekanik sepanjang sambungan.
- **Batasan Lingkungan:** Penelitian ini dilakukan dalam lingkungan laboratorium dengan pengelasan di bawah kondisi terkontrol, tanpa

mempertimbangkan pengaruh lingkungan eksternal seperti suhu atau kelembapan.

1.4. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menganalisis pengaruh variasi filler metal terhadap mikrostruktur pada sambungan dissimilar baja A36 dengan Stainless Steel 304 menggunakan metode GMAW.
2. Menganalisis pengaruh variasi filler metal terhadap nilai kekerasan pada sambungan dissimilar baja A36 dengan Stainless Steel 304 menggunakan metode GMAW.

1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Memberikan informasi yang bermanfaat bagi praktisi teknik pengelasan mengenai pemilihan filler metal yang optimal untuk sambungan dissimilar antara baja A36 dan Stainless Steel 304.
2. Menyediakan data ilmiah yang dapat digunakan sebagai referensi dalam pengembangan teknologi pengelasan pada material dissimilar.
3. Mendukung peningkatan efisiensi dan kualitas sambungan dalam aplikasi industri.

1.6. Batasan Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa batasan, yaitu:

- Penelitian hanya melibatkan dua jenis filler metal yang berbeda, yang dipilih berdasarkan kesesuaian dengan material yang digunakan.
- Analisis mikrostruktur hanya dilakukan pada zona fusi dan heat-affected zone (HAZ) untuk memahami perubahan struktur akibat proses pengelasan.

- Pengujian kekerasan dilakukan pada beberapa titik di sepanjang sambungan, termasuk zona las, HAZ, dan base metal, untuk mengevaluasi distribusi sifat mekanik.
- Parameter pengelasan seperti arus, tegangan, dan kecepatan dilaksanakan sesuai standar spesifikasi masing-masing filler metal, tanpa melakukan variasi parameter tersebut.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengelasan

Berdasarkan definisi dari *American Welding Society* (AWS) las adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Proses pengelasan merupakan salah satu proses yang sangat penting di dalam industri manufaktur. Proses tersebut telah banyak digunakan untuk menyambungkan logam dengan logam lain menggunakan logam pengisi. (Aditia et al., 2019) dan Definisi las menurut *Deutsche Industrie Normen* (DIN) adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Penggunaan teknik pengelasan sangat luas pada konstruksi bangunan baja dan konstruksi mesin. Luasnya penggunaan las ini disebabkan konstruksi yang dibuat dengan teknik penyambungan las ini menjadi lebih ringan, proses pembuatannya lebih sederhana sehingga biaya keseluruhannya lebih murah di banding penyambungan dengan cara lain. (Utomo & Joko Sedyono, 2019)

Menurut penelitian yang dilakukan (Baroto & Sudargo, 2017) hasil pengujian kekerasan menunjukkan adanya perbedaan signifikan antara baja karbon dan baja tahan karat (*stainless steel*). Perbedaan ini terjadi karena berbagai faktor, seperti adanya pemanasan setempat selama proses pengelasan, perbedaan laju pendinginan, serta karakteristik intrinsik dari kedua material tersebut. Dalam penelitian tersebut, kekerasan baja karbon tercatat sebesar 95 VHN, sedangkan kekerasan baja tahan karat mencapai 200 VHN. Hal ini menunjukkan bahwa baja tahan karat memiliki kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan baja karbon, yang dapat dikaitkan dengan struktur mikro dan komposisi kimianya yang berbeda. Selain itu, penelitian tersebut juga mengamati kekerasan pada hasil pengelasan menggunakan metode Gas Metal Arc Welding (GMAW). Kekerasan tertinggi tercatat pada pengelasan dengan arus sebesar 90 A, sementara kekerasan terendah ditemukan pada arus 60 A. Perbedaan ini dapat dijelaskan oleh pengaruh arus pengelasan terhadap

distribusi panas, pembentukan mikrostruktur, dan sifat mekanik pada daerah pengelasan. Hasil ini memberikan wawasan penting mengenai pengaruh parameter pengelasan terhadap sifat material mekanik, khususnya pada baja karbon dan baja tahan karat.

Dalam penelitian sebelumnya yang dibuat (Sudargo & Baroto, 2017) hasil pengujian mikrostruktur menunjukkan adanya perbedaan signifikan pada jenis, ukuran, dan fasa mikrostruktur di berbagai zona, yaitu logam las (manik-manik), daerah pengaruh panas (HAZ), dan logam induk. Perbedaan ini terlihat jelas pada batas las yang memisahkan manik-manik las dari HAZ. Ukuran butir terbesar ditemukan di manik-manik las akibat pemanasan intensif selama pengelasan, kemudian ukuran butir semakin kecil setelah melewati batas las menuju HAZ, dan menjadi lebih halus di logam induk. Pada arus pengelasan 60 A, struktur mikro didominasi oleh ferit yang lebih lunak dan ulet, sedangkan pada arus 90 A, struktur yang terbentuk adalah perlit yang lebih keras dan terlihat gelap. Zona HAZ menunjukkan perubahan ukuran butir yang signifikan, dengan ukuran lebih besar di dekat logam las akibat pemanasan tinggi, dan semakin halus menjauh dari logam las karena pendinginan dan rekristalisasi. Penelitian ini menegaskan bahwa parameter pengelasan, seperti arus, sangat berpengaruh terhadap struktur mikro dan sifat material mekanik, sehingga perlu dipilih dengan cermat sesuai kebutuhan aplikasi.

Tabel 1. Literatur yang digunakan Penelitian.

No	Bahan	Metode	Hasil Pengujian	Refrensi
1	Sm490 dan cast steel ER70S-6 dan ER805-6	GMAW 1G Uji Impak 100, 175 dan 250 A	Kuat arus 100A menghasilkan uji impak tertinggi karena masukan panas lasnya paling rendah, sehingga sifat mekanisnya lebih tangguh dibandingkan arus 175A dan 250A.	(Wahyudi et al., 2024)

2	AA 6063 dan AA 5083 Filler ER 5356	GMAW 1G Uji Impak dan kekerasan 110, 140 dan 170 A	Impak dan kekerasan Pengelasan aluminium 6063-5083 menunjukkan bahwa 6063 lebih getas dengan kekerasan lebih tinggi di HAZ dan fusion line, serta nilai impact lebih rendah (12,40 J) dibandingkan 5083 (13,91 J).	(Khoirofik, 2015)
3	SS 304 dan SS 400 Filler ER 308 L dan ER 70S	GTAW 1G Kekeuatan Tarik dan kekerasan 100, 110 dan 120 A	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)
4	ASTM a36 dan stainless steel 304 Filler E 316	SMAW 1G Uji Tarik dan 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)
5	Baja Lunak AISI 1008 dan Stainless Steel 316 Filler ER 309 Si	GMAW 1G Uji Tarik dan Kekerasan 120,150 dan 180 A	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)
6	AISI 304 dan baja A36 Filler ER 308	GMAW 1G Uji Tarik 100 A	Percobaan menunjukkan bahwa normalisasi pada sambungan las GMAW meningkatkan kekuatan tarik. Pada 600°C, kekuatan tarik mencapai 500,12 MPa dengan regangan 15,69%, lebih tinggi dibandingkan tanpa normalisasi (471,08 MPa dan 11,99%).	(Unggul et al., 2021)

7	Aluminium seri 5083 dengan 6061 Filler ER 5356, campuran ER 5356-ER 5556, dan ER 5556	GMAW 1G Sifat Mekanik, Struktur Mikro, kekerasan dan Prediksi Korosi 150 A	Sifat Mekanik, Struktur Mikro, 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)
8	Baja HB 500 dengan Baja ST 42 Filler ER 70 S	GMAW 1G Uji Tarik dan Kekerasan 80 – 150 A	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.)
9	ASTM 36 ER70S-6	GMAW 1G Bending Test 84 A, 95 A dan 103 A	Uji bending pada baja ASTM A36 ketebalan 10 mm dengan WPS standar AWS D1.1 memenuhi syarat pengelasan, dengan hasil uji sebesar 3,528 kN/mm. Bevel 30° tidak menunjukkan cacat las visual, sehingga WPS ini dapat digunakan di BBPVP Serang. Proses pengelasan GMAW 1G yang optimal menggunakan ampere 94A–106A dan voltase 23V–25V sebagai acuan pengaplikasian WPS.	(Veronika et al., 2023)
10	SS Ferritic AISI 409 dan SS Austenitic AISI 316L Filler AISI 308 L	GMAW 1G Uji Tarik dan Mikro Struktur 100,112 dan 124 A	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)

2.2. Pengelasan Material Tidak Sejenis (*Dissimilar Welding*)

Pengelasan *dissimilar* material adalah pengelasan antara dua logam yang memiliki karakteristik yang berbeda, seperti komposisi kimia, struktur mikro, dan sifat mekanik. Pengelasan dissimilar material dapat dilakukan berbagai proses pengelasan, salah satunya adalah pengelasan gas metal arc welding (GMAW) dan shielded metal arc welding (SMAW) (Kuncoro, 2024). Pengelasan dengan dua logam dasar berbeda DMW (Dissimilar Metal Welding) sangat diperlukan di dalam konstruksi dan peralatan serta perlengkapan manufaktur yang maju. Macam-macam perbedaan pada logam mempunyai keistimewaan pada komposisi kimia, serta sifat mekaniknya. Pengelasan dengan dua logam berbeda ditujukan untuk menekan biaya pembuatan perlengkapan peralatan industry. (S. Nugroho & Sudiarso, n.d.)

2.3. Karakteristik Material yang Digunakan

2.3.1. Baja A36

Baja ASTM A36 merupakan baja dengan kandungan unsur karbon dalam struktur baja kurang dari 0,3% C. Baja karbon ASTM A36 memiliki ketangguhan dan keuletan tinggi akan tetapi memiliki sifat kekerasan dan ketahanan aus yang rendah jenis ini sangat rekatif dan mudah sekali untuk berubah kembali ke bentuk betuk besi oksida (berkarat) jika terkontaminasi air, oksigen dan ion. Baja karbon ASTM A36 mempunyai sifat mampu las yang dipengaruhi oleh kekuatan takik dan kepekaan terhadap retak las. (Arifin et al., 2017)

Tabel 2. Komposisi Baja A36

	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. 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%.(Rifaldi et al., 2021)

2.3.2. Stainless Steel 304

Stainless steel 304 adalah salah satu jenis stainless steel yang umum dipakai pada dunia industri karena memiliki sifat mekanik yang cukup kuat, tahan terhadap korosi, mampu mencegah kontaminasi dan mudah dibersihkan. baja tahan karat 304 ini merupakan jenis austenitic dimana memiliki karakteristik koefisien ekspansi termal yang lebih tinggi dan konduktivitas termal yang lebih rendah dibandingkan dengan baja karbon maupun baja paduan, sehingga setelah dilakukan proses pengelasan pada baja tahan karat ini, dapat terjadi sejumlah besar distorsi, penyusutan, dan juga tegangan sisa.(Sundari et al., 2022)

Tabel 3. Komposisi Stainless Steel 304

	C	Cr	Ni	Mn	Si	P	S
Unsur	Karbon	Chrome	Nikel	Mangan	Silikon	Fosfor	Belerang
Kandungan %	0,08	18-20	8-10.5	2	1	0.045	0.03

Pada tabel 3. komposisi stainless steel 304 memiliki unsur karbon 0,08%, unsur chrome 18-20% , unsur nikel 8-10.5%, unsur mangan 2%, unsur silicon 1%, unsur fosfor 0,045% dan unsur belerang 0,03%.(Afriany et al., 2020)

2.4. Pengelasan GMAW

Pengelasan dengan metode GMAW (Gas Metal Arc Welding) merupakan salah satu proses pengelasan yang pemanasan logamnya terjadi akibat terbentuknya busur listrik diantara permukaan logam benda kerja dengan ujung kawat las (wire). Penggunaan gas pelindung pada GMAW berfungsi untuk melindungi busur las dari kontak langsung dengan udara luar pada saat proses pengelasan sehingga tidak ada benda asing yang masuk ke

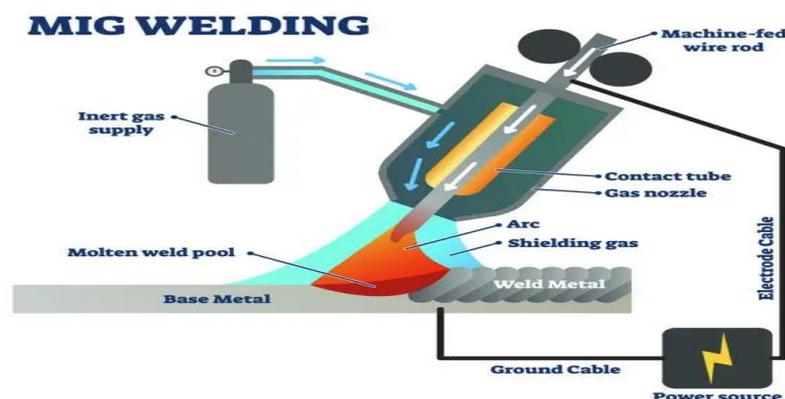
area logam las yang dapat menyebabkan kontaminasi. Gas pelindung karbon dioksida (CO_2) biasa diaplikasikan untuk pengelasan bahan logam atau baja karbon rendah, Pengelasan GMAW menggunakan gas karbondioksida (CO_2) yang biasa disebut MIG.(Fadilah et al., 2021)



Gambar 2.1 Mesin Las

2.4.1. Proses pengelasan

Pada pengujian ini menggunakan proses pengelasan Metal Inert Gas (MIG), panas dari proses pengelasan ini dihasilkan oleh busur las yang terbentuk di antara elektroda kawat (*wire electrode*) dengan benda kerja. Selama proses las metal inert gas (MIG), elektroda akan meleleh kemudian menjadi deposit logam las dan membentuk butiran las (*weld beads*), gas pelindung di gunakan untuk mencegah terjadinya oksidasi dan melindungi hasil las selama masa pembekuan.(Saputra, 2022)



Gambar 2.2 Cara Kerja Las MIG

2.5. Filler Metal ER70S-6 dan ER308L

2.5.1. Filler Metal ER70S-6

ER70S-6 adalah filler metal berbasis baja karbon rendah yang dirancang untuk digunakan pada pengelasan baja karbon dan baja paduan rendah. Karakteristik utama ER70S-6 meliputi:

- **Komposisi Kimia:** Kandungan silikon (Si) dan mangan (Mn) yang tinggi meningkatkan ketahanan terhadap retak panas.
- **Sifat Mekanik:** Memberikan kekuatan tarik tinggi hingga 483 MPa dan ketahanan yang baik terhadap deformasi.
- **Keunggulannya:**
 - Cocok untuk pengelasan dengan gas pelindung CO₂ murni atau campuran argon-CO₂.
 - Menghasilkan zona las dengan sifat mekanik yang konsisten.

Tabel 4. Komposisi Kimia Filler Metal ER70S-6 (Chong et al., 2024)

	C	Cu	Mn	Si	P	S
Unsur	Karbon	Tembaga	Mangan	Silikon	Fosfor	Belerang
Kandungan%	0,12	0,50	1.40- 1.85	0.80- 1.15	0.025	0,035

2.5.2. Filler Metal ER308L

ER308L adalah filler metal berbasis Stainless Steel yang dirancang untuk pengelasan baja tahan karat jenis 304 dan material serupa. Karakteristik utama ER308L meliputi:

- **Komposisi Kimia:** Kandungan kromium (Cr) sekitar 20% dan nikel (Ni) sekitar 10% memberikan ketahanan korosi tinggi.
- **Sifat Mekanik:** Memberikan kekuatan tarik tinggi serta ketahanan terhadap panas dan lingkungan korosif.

- Keunggulan:
 - Cocok untuk pengelasan dengan gas pelindung argon atau campuran argon-CO₂.
 - Ideal untuk aplikasi pada Stainless Steel dan pengelasan material dissimilar.

Tabel 5 Komposisi Kimia Filler Metal ER308L (Gupta et al., 2018)

Unsur	C	Cr	Ni	Mo	Cu	Mn	Si	P	S
Kandungan	0.03	19.0-	9.0-	0.75	0.7	1.0-	0.65	0.03	0.0
%		21.0	11.0		5	2.5			3

2.6. Pengujian Mikrostruktur Dan Kekerasan (Hardness Test)

Seluruh spesimen yang selesai dilakukan pengelasan akan dipotong sesuai dengan ukuran yang dibutuhkan untuk melakukan pengujian sifat mekanik melalui uji kekerasan, dan pengamatan mikrostruktur.

2.6.1. Pengujian Mikrostruktur

Pengamatan struktur mikro adalah suatu pengujian untuk mengetahui susunan fasa pada suatu benda uji atau spesimen. Struktur mikro dan sifat paduannya dapat diamati dengan berbagai cara bergantung pada sifat informasi yang dibutuhkan. Salah satu cara dalam mengamati struktur suatu bahan yaitu dengan teknik metalografi pengujian mikroskopik. (Kusuma et al., 2024)

Struktur bahan dalam orde kecil sering disebut struktur mikro. Struktur ini tidak dapat dilihat dengan mata telanjang, tetapi dapat dilihat dengan menggunakan alat pengamat struktur mikro diantaranya: mikroskop electron, mikroskop field ion, mikroskop field emission dan mikroskop sinar-X. Penelitian ini menggunakan mikroskop mikroskop electron. (Mizhar et al., 2017)

asil dari pengamatan struktur mikro ini akan diperlihatkan berbagai fase untuk diidentifikasi. Penyebaran dan bentuk fase dapat dipelajari dan jika sifat-sifatnya diketahui dapat digunakan untuk mengetahui

informasiinformasi tentang sifat-sifat specimen. Namun pada saat ini akan dilakukan pengamatan struktur mikro pada suatu specimen.Pada pengamatan struktur mikro umumnya yang diamati adalah ukuran butiran, bentuk butiran, dan larutan padat yang terbentuk, semakin halus dan kecil bentuk butiran, kekuatan mekanis akan bertambah baik. Larutan padat yang tersebar merata, maka kekuatan tariknya akan bertambah baik pula.



Gambar 2. 3 Alat Pengujian Mikrostruktur

Langkah-langkah pengujian struktur mikro:

- a. Sebelum specimen yang akan dilakukan pengujian dihaluskan dan diratakan permukaannya terlebih dahulu agar dapat dilihat struktur mikronya.
- b. Setelah itu permukaan yang telah selesai dihaluskan dan diratakan kemudian di etsa menggunakan HF (hydrofluoric acid), HCl (hydrogenchloride) dan HNO₃ (nitric acid) benda di celupkan selama kurang lebih sepuluh detik kemudian dibilas menggunakan air dan keringkan.
- c. Benda uji yang telah di etsa diletakkan diatas landasan (anvil) tegak lurus dengan lensa mikroskop.
- d. Pembesaran yang dipakai 300X
- e. Menaikkan landasan (anvil) atau digeser sampai benda kerja uji terfokus ke lensa dan mendapatkan hasil gambar yang bagus, setelah focus kemudian dilakukan pemotretan.

- f. Pemotretan (pengambilan gambar) dilakukan pada tiga lokasi yang berbeda pada satu permukaan saja yaitu daerah logam induk, HAZ, dan daerah lasan.
- g. Setelah selesai pemotretan benda dilepas dari landasan.

2.6.2. Pengujian Kekerasan (Hardness Test)

Uji Kekerasan merupakan salah satu metode yang lebih cepat dan lebih murah untuk menentukan sifat mekanik suatu material. Kekerasan bukanlah konstanta fisika, nilainya tidak hanya bergantung pada material yang diuji, namun juga dipengaruhi oleh metode pengujiannya. Apabila metode pengujian yang digunakan berbeda, maka hasil dari sifat mekanisnya pun akan berbeda. Kekerasan suatu bahan didefinisikan sebagai ketahanan suatu bahan terhadap penetrasi material lain pada permukaan. (Juwanda et al., 2021)

Metode pengujian kekerasan yang bisa digunakan yaitu:

1. Uji Kekerasan Vickers (HV): Menggunakan indenter berbentuk piramidal untuk mengukur kekerasan di titik-titik tertentu. Cocok untuk material tipis dan zona kecil.
2. Uji Kekerasan Brinell (HB): Menggunakan bola baja atau tungsten untuk pengujian material dengan permukaan lebih luas.
3. Uji Kekerasan Rockwell (HR): Cepat dan mudah digunakan, dengan berbagai skala untuk material keras maupun lunak.
4. Uji Kekerasan Microhardness: Cocok untuk analisis detail pada zona kecil, seperti HAZ atau FZ.

Pengujian kekerasan ini dilakukan dengan metode Vickers dan Pengujian kekerasan dengan alat vickers hardness testing machine, bertujuan untuk menghitung kekerasan logam paduan tersebut karena nilai kekerasan setiap logam berbeda. Angka kekerasan Vickers didefinisikan sebagai bebandibagi luas permukaan lekukan. Pada s prakteknya. Luas ini dihitung dari pengukuran mikroskopik panjang diagonal jejak. HV/VHN dapat ditentukan dari persamaan rumus berikut ini:



Gambar 2. 4 Alat uji Kekerasan

Langkah -langkah pengujian kekerasan:

1. Pemasangan landasan untuk benda kerja
2. Pemasangan indenter
3. Letakkan benda kerja dilandasan
4. Pengaturan beban sesuai dengan standard pengujian
5. Putar handle landasan sampai jarum minor (jarum kecil) ketitik merah dan jarum mayor (jarum besar) keposisi nol
6. Tarik handle beban sampai jarum indicator berubah
7. Tarik handle indicator
8. Kembalikan handle indicator kemudian data dapat dibaca pengujian ini dilakukan sebanyak 3 penekanan pada daerah lasan, daerah HAZ, dan daerah logam induk.

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu

3.1.1. Tempat Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan di dua lokasi utama:

1. Proses Pengelasan

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

2. Pengujian Kekerasan dan Mikrostruktur

Pengujian Kekerasan akan dilaksanakan di Laboratorium Material dan Mekanika Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara. Sementara itu, pengujian mikro struktur akan dilakukan di laboratorium yang sama dengan menggunakan Mikroskop Optik Metalurgi

3.1.2. Waktu Penelitian

Penelitian ini direncanakan dilaksanakan dalam kurun waktu 8 bulan, mulai dari Desember 2024 hingga Juli 2025. Rincian tahapan pelaksanaan penelitian adalah sebagai berikut:

Tabel 6. 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 Mikrostruktur dan Uji Kekerasan					■	■		
7	Analisis Data dan Hasil Penyusunan Laporan							■	■

3.2. Alat dan Bahan

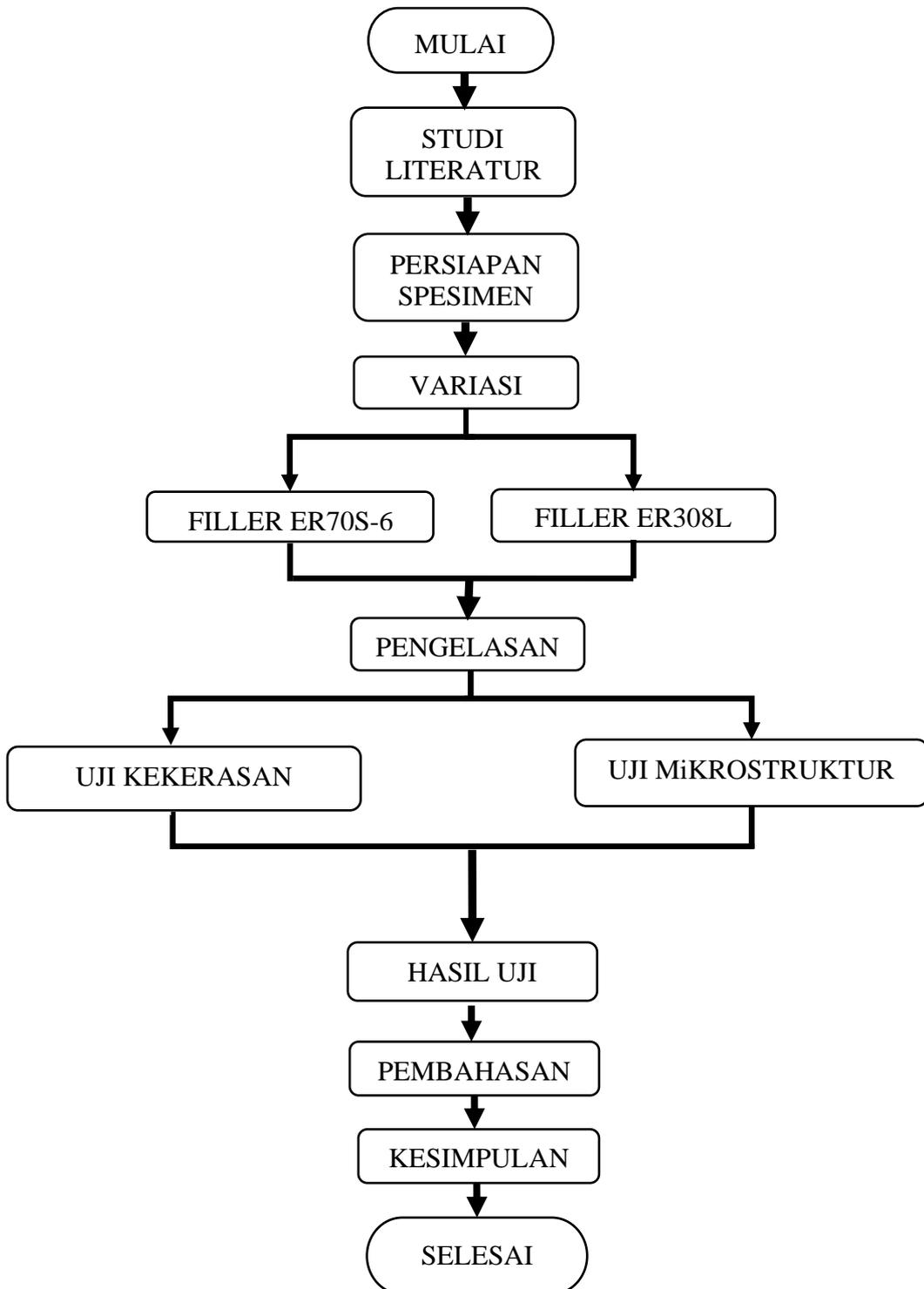
3.2.1. Alat

1. Mesin las GMAW (Gas Metal Arc Welding).
2. Mesin potong sampel atau mesin gerinda
3. Mesin pengamplas dan pemoles sampel.
4. Protractor atau angle gauge
5. Mikroskop optic metalurgi.
6. Mesin uji kekerasan Vickers.
7. Peralatan pelindung diri (helm las, sarung tangan, apron).
8. Alat ukur dimensi (jangka sorong, mikrometer).

3.2.2. Bahan

1. Material Dasar:
 - Baja A36 dengan ukuran 15 x 30 cm dan ketebalan plat 5 mm
 - Stainless Steel 304 dengan ukuran 15 x 30 cm dan ketebalan plat 5 mm
2. Filler Metal:
 - ER70S-6
 - ER308L
3. Gas Pelindung:
 - Argon atau campuran Argon-CO₂.
4. Larutan *etching* untuk pengamatan mikrostruktur (misalnya, larutan Nital dan larutan berbasis asam oksalat).

3.3. Diagram Alir Penelitian

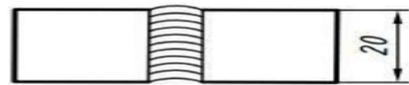


Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

3.4. Metode Pengelasan

Jenis Sambungan:

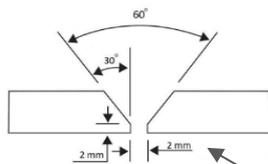
- Sambungan menggunakan kampuh V dengan sudut 60° pada masing-masing sisi material.
- Celah kampuh sebesar 2 mm di antara dua material (baja A36 dan Stainless Steel 304).



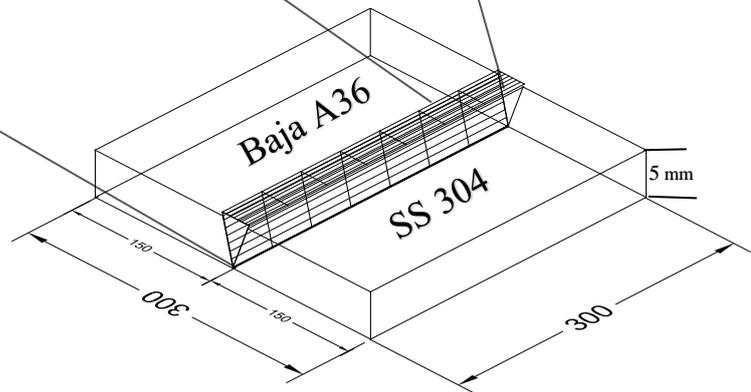
GAMBAR 3.4 POTONGAN SPESIMEN UJI MIKRO



GAMBAR 3.5 POTONGAN SPESIMEN UJI KEKERASAN



GAMBAR 3.3 PEMBUATAN KAMPUH V



GAMBAR 3.2 MENUNJUKAN DUA MATERIAL YANG SUDAH DI LAS

Tabel 7. Parameter Pengelasan

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

3.5. Prosedur Penelitian

Tahapan Penelitian

1. Persiapan Alat dan Material

- Mengidentifikasi dan menyiapkan peralatan yang diperlukan, seperti mesin las GMAW dan material baja karbon serta stainless steel.



Gambar 3. 6 Plat baja A36 dan SS304

- Siapkan filler logam dengan jenis AWS Metal ER70S-6 dan AWS A5.9 ER308L.



Gambar 3. 7 Filler AWS ER70S-6 dan AWS A5.9 ER308L.

- Menentukan parameter pengelasan seperti arus, tegangan dan gas pelindung sesuai pada tabel 7.

- Memastikan alat-alat pengujian, seperti mesin uji kekerasan Vickers dan mikroskop optik, siap digunakan.

2. Proses Pengelasan

Persiapan:

- Membersihkan permukaan material baja karbon dan stainless steel untuk menghilangkan kotoran atau minyak.
- Memastikan masing-masing material dipotong sesuai dimensi yaitu 15 x 30 cm pada gambar 3.2
- Membuat kampuh V dengan sudut 60° menggunakan mesin potong dan alat bantu seperti gerinda agar kampuh rapi dan konsisten. Selain itu, perlu diperhatikan adanya celah 2 mm untuk memastikan kualitas sambungan yang optimal seperti pada gambar 3.3

Proses Pengelasannya:

- Mengatur parameter mesin las sesuai dengan table 7.
- Melakukan pengelasan pada material baja karbon dan stainless steel dengan metode GMAW sesuai spesifikasi dari baja karbon dan stainless steel pada table 2. dan 3.
- Mencatat kondisi lingkungan, seperti suhu ruang dan gas pelindung, selama proses pengelasan.
- Pemeriksaan Awal: Memeriksa hasil pengelasan untuk memastikan kualitas sambungan sebelum diproses lebih lanjut.

3. Pembuatan Spesimen Uji

- Pemotongan Spesimen
 - Material hasil las dipotong menggunakan mesin pemotong presisi atau mesin gerinda.
 - Membentuk spesimen uji untuk pengujian kekerasan Vickers dan pengamatan mikrostruktur seperti pada gambar 3.4 dan 3.5

- Persiapan Permukaan
 - Melakukan grinding bertahap (dari kasar ke halus) untuk meratakan permukaan spesimen.
 - Polishing menggunakan pasta abrasif untuk mendapatkan permukaan halus.
 - Melakukan etching dengan larutan kimia untuk mengungkap pola mikrostruktur.
- Pengecekan Dimensi
 - Memastikan spesimen sesuai dengan ukuran standar uji kekerasan dan mikrostruktur

4. Pengujian Kekerasan dan Mikrostruktur

- Pengujian Kekerasan
 - Melakukan uji kekerasan Vickers dengan beban dan waktu indentasi yang sesuai standar pada gambar 2.4.
- Persiapan Spesimen
 - Bersihkan permukaan spesimen menggunakan kain lap bersih untuk menghilangkan debu dan kotoran.
 - Jika diperlukan, amplas permukaan spesimen secara bertahap menggunakan kertas amplas (grit kasar hingga halus) untuk mendapatkan permukaan rata dan bebas dari goresan.
 - Lakukan polishing menggunakan pasta abrasif untuk memastikan permukaan halus dan siap diuji.
- Pengukuran Dimensi Spesimen
 - Ukur dimensi spesimen (panjang, lebar, dan tebal) menggunakan alat ukur seperti jangka sorong atau mikrometer.
 - Catat dimensi spesimen untuk memastikan sesuai dengan standar pengujian.

- Pelaksanaan Pengujian
 - menempatkan spesimen dengan stabil di meja uji pada alat pengujian Vickers.
 - Atur beban penekanan yaitu 500 gf dan waktu tahan sesuai dengan standar pengujian.
 - Lakukan indentasi pada permukaan spesimen dengan menurunkan indenter berlian secara perlahan hingga beban penuh diterapkan.
 - Angkat indenter setelah waktu tahan selesai, dan gunakan mikroskop pada alat untuk mengukur jejak indentasi diagonal.
 - Ulangi pengujian pada beberapa titik spesimen untuk mendapatkan hasil rata-rata.
- Dokumentasi Hasil
 - Catat nilai kekerasan Vickers (VHN) berdasarkan hasil pengukuran indentasi diagonal.
 - Dokumentasikan data untuk pengujian analisis lebih lanjut.

Pengamatan Mikrostruktur

- Pengujian Mikrostruktur
 - Menggunakan mikroskop optik untuk menganalisis pola mikrostruktur pada spesimen baja karbon dan stainless steel pada gambar 2.3.
- Persiapan Spesimen
 - Potong spesimen sesuai dimensi standar seperti pada gambar 3.4.
 - Lakukan proses pengamplasan bertahap menggunakan amplas dari grit kasar (80) hingga halus (2000).
 - Pemolesan spesimen menggunakan kain tiang dengan pasta abrasif berbahan alumina atau silika hingga permukaan spesimen mengkilap.
 - Pengetsaan (etching) dibagian yang mau diamati menggunakan larutan etsa(nital)
- Pelaksanaan Pengujian
 - menempatkan spesimen pada meja mikroskop secara optik stabil.
 - Pastikan permukaan spesimen yang telah dipol dan di-etching menghadap ke atas.

- Atur pembesaran mikroskop sebesar 300X
- Bahan amati pola mikrostruktur, seperti ferit, perlit, martensit, dan austenit
- Dokumentasi Hasil
 - Ambil foto mikrostruktur menggunakan kamera mikroskop.
 - Kata-kata pola mikrostruktur yang diamati, termasuk ukuran butir atau jenis fasa.

5. Analisis Data

- Membandingkan hasil kekerasan dan mikrostruktur antara baja karbon dan stainless steel.
- Mengidentifikasi pengaruh parameter pengelasan terhadap sifat material.

6. Penyusunan Laporan

- Menyusun laporan penelitian berdasarkan hasil analisis data, dilengkapi dengan grafik dan tabel pendukung.

3.6 Variabel Penelitian

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

Hasil Pengujian:

1. Kekerasan material (diukur dengan skala Vickers)
2. Mikrostruktur hasil las

BAB 4

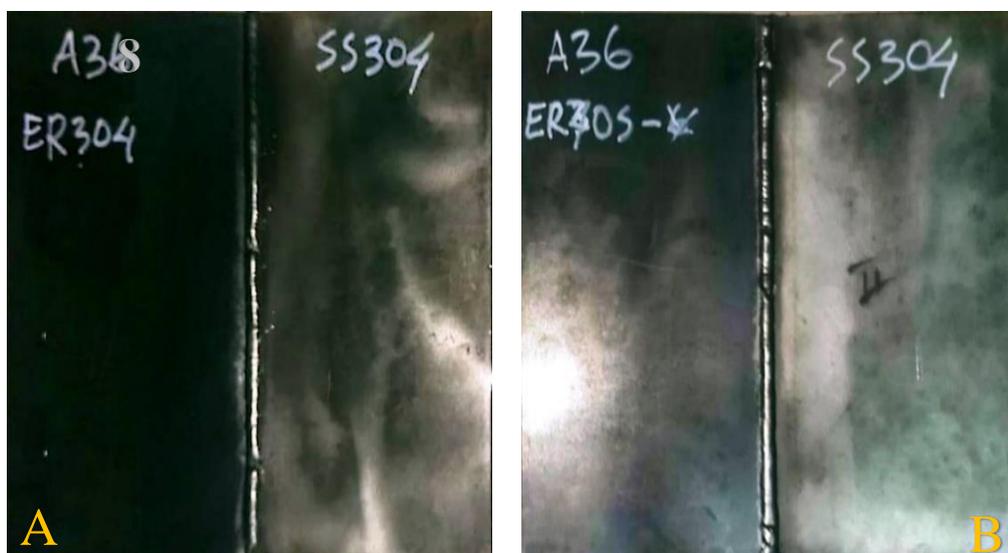
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengelasan

Proses pengelasan berbeda antara baja karbon A36 dan stainless steel 304 dilakukan menggunakan metode Gas Metal Arc Welding (GMAW) dengan dua jenis filler metal yang berbeda, yaitu ER70S-6 dan ER308L.

Parameter pengelasan yang digunakan dibuat konstan selain pada variasi jenis filler, dengan arus pengelasan sebesar 110 A dan tegangan 25 V. Sambungan dilas dengan kampuh V pada posisi datar (1G) dan menggunakan teknik pengelasan dua layer (las 2 lapis) untuk memastikan penetrasi dan fusi logam yang lebih merata di seluruh permukaan sambungan. Proses dilakukan satu arah dari sisi baja A36 menuju SS 304. Pengamatan visual selama proses menunjukkan bahwa ER308L menghasilkan manik las yang lebih stabil dan bersih pada permukaan SS 304 dibandingkan ER70S-6, yang menunjukkan cipratan (percikan) lebih tinggi. Hal ini disebabkan oleh ketidaksesuaian komposisi kimia ER70S-6 terhadap stainless steel, sehingga menciptakan ketegangan permukaan yang kurang stabil saat pelehan.

Gambar berikut memperlihatkan tampilan visual hasil pengelasan dari kedua variasi filler (ER 308L dan ER70S-6):



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

Pengamatan terhadap hasil pengelasan dengan metode *Gas Metal Arc Welding* (GMAW) pada sambungan logam tidak sejenis antara baja karbon A36 dan stainless steel 304 (SS304) menggunakan dua jenis pengisi logam, yaitu ER308L dan ER70S-6, menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan baik dari segi tampilan visual maupun sifat mekanis. Hasil pengelasan dengan filler metal ER70S-6 menghasilkan jalur las yang lebih rapi, seragam, dan relatif minim cacat. Sebaliknya, pengelasan dengan filler metal ER308L cenderung menunjukkan adanya cacat berupa undercut, dibawah ini contoh gambar cacat undercat dari hasil pengelasan penelitian ini.



Gambar 4. 2 Cacat undercat dari hasil pengelasan

Pada gambar 4.2 hasil Pengelasan penelitian ini mengalami cacat undercut, yang dimana cacat undercut adalah salah satu jenis cacat Pengelasan yang ditandai dengan terbentuknya lekukan atau alur cekung di sepanjang tepi jalur las. Bagian ini biasanya muncul di sisi sambungan (fusion line) karena logam dasar meleleh tetapi tidak terisi kembali oleh logam las.

Dari segi distorsi, pengelasan menggunakan filler ER308L menghasilkan pembengkokan sebesar 7° , sedangkan pengelasan dengan filler ER70S-6 hanya menghasilkan pembengkokan sebesar 3° . Pengukuran distorsi dilakukan dengan cara mengamati perubahan sudut pada spesimen setelah pengelasan menggunakan alat ukur sudut (*protractor* atau *angle gauge*). Nilai distorsi yang lebih besar pada ER308L disebabkan oleh perbedaan sifat termal antara filler dan logam induk. ER308L yang berbahan dasar stainless steel memiliki termal lebih rendah dibandingkan baja karbon, sehingga panas lebih terakumulasi di daerah las selama proses pengelasan. Akumulasi panas ini mengakibatkan pemuaihan yang lebih besar pada logam. Ketika proses pembakaran berlangsung

logam mengalami kontraksi termal yang tidak merata, sehingga menimbulkan distorsi atau perubahan bentuk. Sesuai dengan penelitian Prasetyo et al. (2020), penggunaan filler metal dengan karakteristik termal yang tidak sesuai dengan logam induk, seperti ER308L pada baja karbon A36, dapat menyebabkan peningkatan tegangan sisa dan deformasi termal. Dalam penelitian tersebut, hasil pengelasan menggunakan ER308L menunjukkan nilai distorsi yang lebih besar dibandingkan dengan pengelasan menggunakan filler ER70S-6.

Selain itu, perbedaan koefisien muai termal antara filler ER308L dan logam induk A36 turut menyebabkan sisa tegangan yang lebih besar, yang memperparah terjadinya distorsi. Di sisi lain, filler ER70S-6 memiliki karakteristik termal yang lebih sesuai dengan baja karbon A36, sehingga panas yang dihasilkan selama proses pengelasan dapat menyebar lebih merata. Dengan penyebaran panas yang seimbang, penyusutan logam terjadi secara seragam, sehingga distorsi yang dihasilkan lebih kecil. Sama dengan penelitian serupa yang dilakukan oleh Wahyudi dan Kurniawan (2019) juga menunjukkan bahwa filler ER70S-6 lebih kompatibel secara termal dengan baja A36, menghasilkan penyebaran panas yang lebih merata dan deformasi termal yang lebih kecil.

Berdasarkan hal tersebut, dapat disimpulkan bahwa pengelasan menggunakan filler ER70S-6 lebih unggul secara visual dan memiliki tingkat distorsi yang lebih rendah dibandingkan ER308L, meskipun secara material ER308L lebih cocok untuk stainless steel.

4.2. Hasil Pengujian

Penelitian ini melakukan pengujian mikrostruktur dan kekerasan untuk menilai pengaruh penggunaan dua jenis filler metal, yaitu ER308L dan ER70S-6, pada sambungan las dissimilar antara baja A36 dan stainless steel 304 dengan metode GMAW.

4.2.1. Hasil Pengujian Mikrostruktur

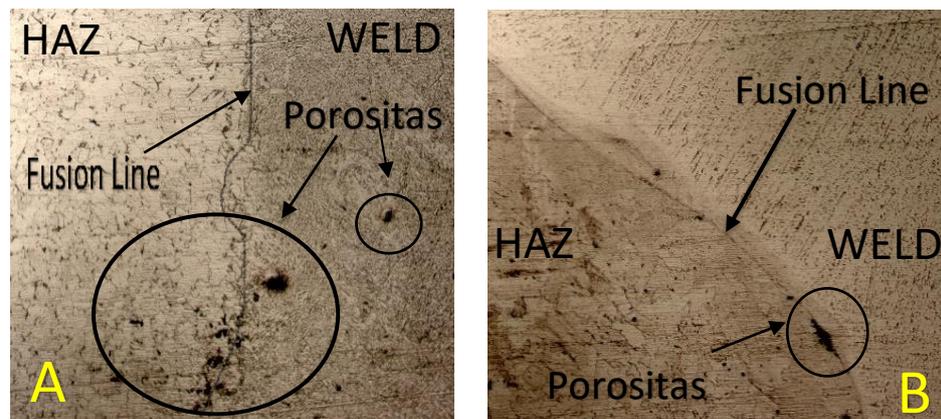
Pengamatan mikrostruktur pada penyambungan las antara baja A36 dan stainless steel 304 dengan dua jenis filler metal (ER70S-6 dan ER308L) dengan

pembesaran 300X menunjukkan perbedaan signifikan pada setiap daerah las dan HAZ.



Gambar 4. 3 (a) Base metal baja A36 dan (b) Base metal SS 304

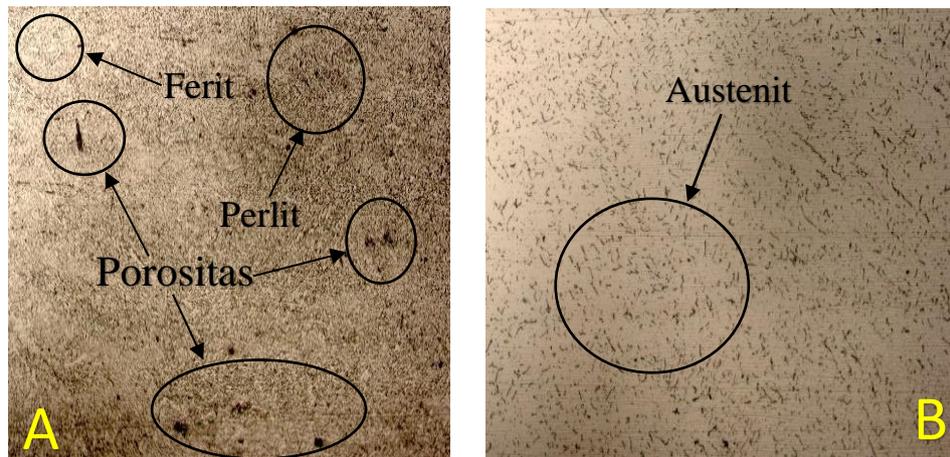
Pada gambar 4.3 (a) Base metal pada baja A36, mendominasi struktur ferit dan perlit, sesuai karakter baja karbon rendah. Sementara pada gambar 4.3 (b) Base metal SS 304, struktur austenit terlihat stabil dan homogen, menunjukkan ketahanan terhadap panas yang baik.



Gambar 4. 4 (a) Daerah HAZ / Weld Baja A36 dengan Filler ER 70s-6 dan (b) Daerah HAZ / Weld A36 Filler ER 308 L

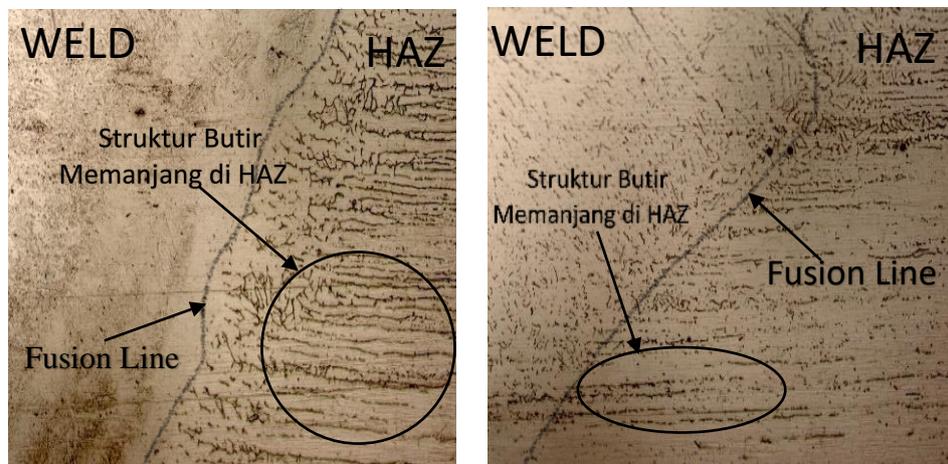
Pada gambar 4.4 (a) menunjukkan batas daerah HAZ Baja A36 dan logam las pada sambungan baja A36–stainless steel 304 dengan filler ER70s-6 menggunakan metode GMAW. Terlihat cacat mikro seperti porositas berupa titik hitam gelap akibat gas terjebak yang membentuk pori pada logam las. sementara Pada gambar 4.4 (b) batas daerah HAZ Baja A36 dan logam las dengan filler ER308L, juga ditemukan porositas berupa bintang gelap yang dapat menurunkan kekuatan penyambungan, serta fusion line tidak rata di batas

HAZ–Weld yang tampak melengkung dan berpotensi menjadi titik awal retakan.



Gambar 4. 5 (a) Weld Area Filler ER 70S-6. Dan (b) Weld Area Filler ER 308 L

Pada gambar 4.5 (a), Di daerah las dengan Filler ER70S-6 menghasilkan struktur dominan ferit dan perlit, kurang cocok dengan sisi SS 304. Selain itu, terdapat cacat mikro berupa porositas yang muncul sebagai titik-titik gelap akibat gas hidrogen, yang terjebak saat proses pengelasan. Sementara pada gambar 4.4 (b) penggunaan filler ER308L menghasilkan struktur dominan austenite, yang lebih serasi dengan SS 304 dan membentuk ikatan mikrostruktur yang lebih stabil.



Gambar 4. 6 (a) Daerah Weld/Has SS 304 Filler ER 70S-6. Dan (b) Daerah Weld/Has SS 304 Filler ER 308 L.

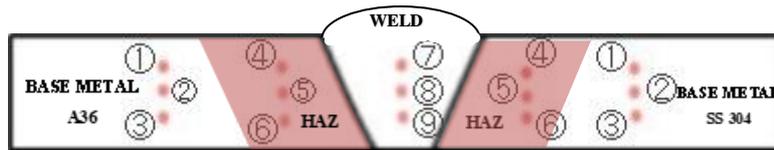
Pada Gambar 4.6 (a) menunjukkan batas antara daerah logam las dan HAZ pada stainless steel 304 dengan filler ER70S-6. Pada bagian HAZ terlihat struktur butir memanjang akibat pengaruh panas pengelasan. Sementara itu, pada Gambar 4.5 (b) dengan filler ER308L juga terlihat struktur butir memanjang di daerah HAZ, namun bentuknya lebih halus. apabila ukuran butir terlalu kasar, kondisi tersebut berpotensi memicu terjadinya retakan panas.

Secara keseluruhan, filler ER308L menunjukkan hasil mikrostruktur yang lebih baik, dengan transisi yang halus dan struktur lebih seragam di seluruh area sambungan las, khususnya pada sisi SS 304. Sedangkan untuk filler ER70S-6, mikrostrukturnya kurang seragam dengan porositas, butir kasar, serta orientasi butir tidak teratur pada daerah HAZ, sehingga transisi sambungan menjadi kurang stabil dan berpotensi menimbulkan tegangan sisa. Dan dilihat dari Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Baroto, B. T., & Sudargo, P. H. (2017) Hasil pengujian mikrostruktur memperlihatkan terjadinya perbedaan jenis/ukuran struktur mikro dan fasa yang terbentuk dan dinyatakan dengan warna kontras, terutama antara logam las (manik-manik) dengan daerah pengaruh panas sangat jelas perbedaannya yang dipisahkan pada batas las. Ukuran butir terbesar adalah pada manik-manik las kemudian berubah semakin halus setelah melewati batas las masuk kedalam HAZ dan kemudian logam induk.

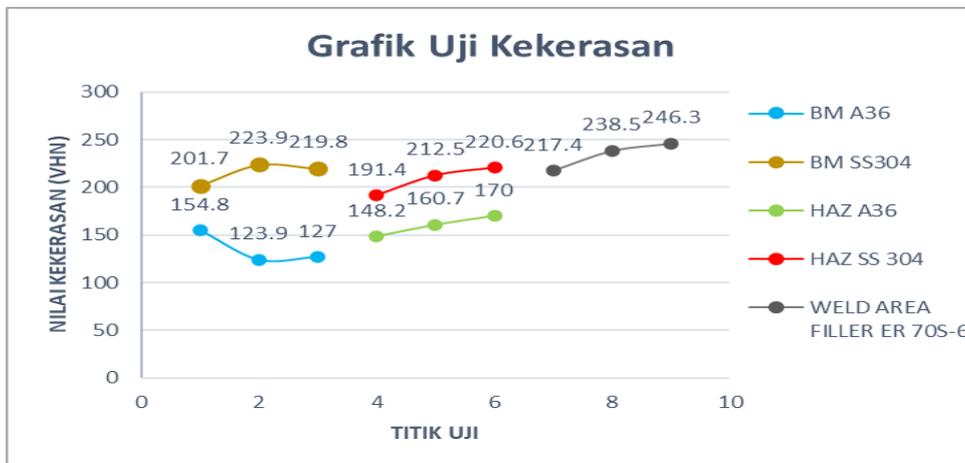
4.2.2. Hasil Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh variasi filler metal terhadap nilai kekerasan pada setiap zona pengelasan berbeda antara baja A36 dan stainless steel 304. Pengujian ini dilakukan dengan metode Vickers pada lima zona utama, yaitu: logam induk baja A36, Daerah HAZ sisi baja A36, logam las (weld area), Daerah HAZ sisi Stainless Steel 304, dan logam induk Stainless Steel 304. Dua jenis filler metal yang digunakan adalah ER70S-6 dan ER308L.

- Filler ER 70S-6

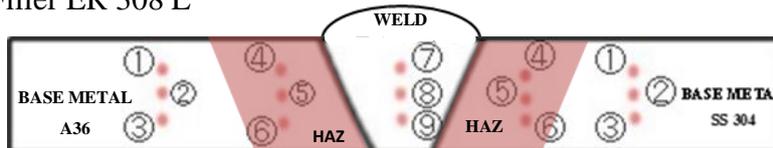


Gambar 4. 7 Letak Titik uji kekerasan Filler ER 70S-6

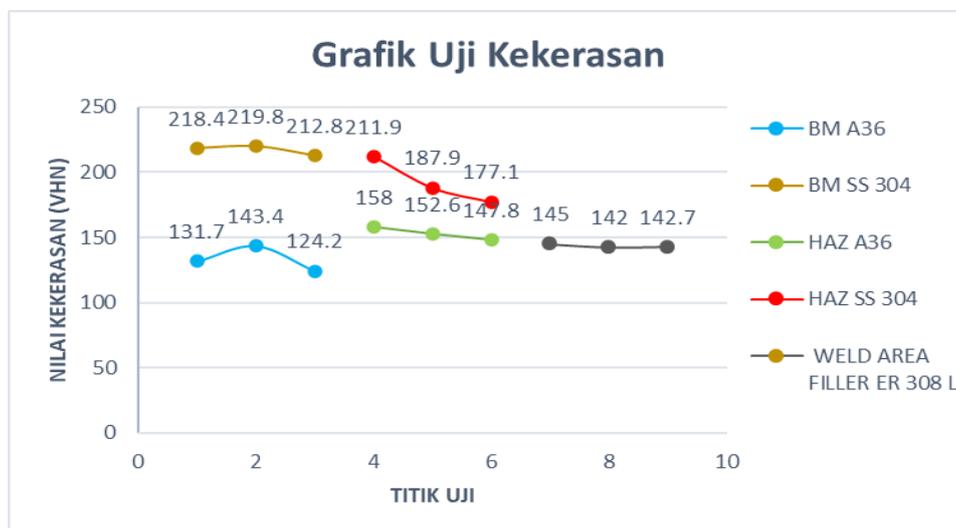


Gambar 4. 8 Grafik Kekerasan Filler ER 70S-6

- Filler ER 308 L



Gambar 4. 9 Letak Titik uji kekerasan Filler ER 308 L



Gambar 4. 10 Grafik Kekerasan FILLER ER 308 L

Dari hasil pengujian, terlihat bahwa Pada logam induk baja A36, nilai kekerasan rata-rata untuk filler ER70S-6 adalah 135,2 VHN, sedangkan ER308L sebesar 133,1 VHN. Nilai ini masih sesuai dengan karakteristik baja karbon rendah yang memiliki kekerasan relatif rendah dan bersifat ulet.

Pada pengelasan antara baja karbon A36 dan stainless steel 304, bagian logam dasar (BM) dari masing-masing material akan mengalami efek yang berbeda akibat paparan panas dari proses pengelasan. Di sisi A36, panas dapat membuat ukuran butir membesar dan logam menjadi lebih lunak, sehingga kekuatan serta kekerasannya menurun. Sedangkan pada sisi SS304, walaupun sifat mekaniknya cenderung tetap, panas bisa memicu terbentuknya kegagalan di batas butir yang dapat menurunkan ketahanan korosinya.

Di HAZ sisi A36, terjadi peningkatan kekerasan akibat pengaruh panas dari pengelasan. Nilai rata-rata untuk filler ER70S-6 adalah 159,6 VHN, sedangkan untuk ER308L adalah 152,8 VHN. Peningkatan ini disebabkan oleh pembentukan fasa-fasa yang lebih keras, seperti butiran ferit acicular dan perlit halus, akibat laju pendinginan yang tinggi.

Zona area las menunjukkan perbedaan yang paling mencolok. Filler ER70S-6 menghasilkan kekerasan tertinggi dengan rata-rata 234,1 VHN, mengindikasikan pembentukan fasa martensit atau perlit yang padat dan keras. Sebaliknya, filler ER308L hanya menunjukkan nilai rata-rata 143,2 VHN. Hal ini disebabkan karena ER308L merupakan filler berbasis stainless steel yang menghasilkan struktur dominan austenit, yang lebih lunak namun lebih tahan korosi dan retak.

Pada daerah HAZ sisi SS304, filler ER70S-6 menghasilkan nilai kekerasan sebesar 224,2 VHN, lebih tinggi dibandingkan dengan ER308L yang hanya 192,3 VHN. Perbedaan ini terjadi karena ER70S-6 tidak sesuai secara metalurgi dengan SS304, sehingga membentuk mikrostruktur yang tidak seragam dan meningkatkan kekerasan secara berlebihan. Sebaliknya, ER308L memberikan hasil yang lebih baik dengan transisi termal yang halus dan mikrostruktur yang lebih stabil.

Di logam induk stainless steel 304, nilai kekerasan relatif sama antara kedua filler, yaitu 215,1 VHN untuk ER70S-6 dan 217,0 VHN untuk ER308L. Hal ini menandakan bahwa daerah tersebut tidak banyak terpengaruh oleh proses pengelasan karena letaknya jauh dari sumber panas utama.

Hasil pengujian kekerasan menunjukkan bahwa zona las dengan filler ER70S-6 memiliki nilai kekerasan yang signifikan lebih tinggi (rata-rata 234,1 VHN) dibandingkan dengan zona las yang menggunakan filler ER308L (rata-rata 143,2 VHN). Hasil ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Riswanda dkk. (2024), yang menunjukkan bahwa penggunaan filler ER70S-6 pada pengelasan dissimilar antara baja karbon dan stainless steel menghasilkan kekerasan hingga 376,85 VHN di daerah las ketika menggunakan heat input tinggi. Perbedaan kontras ini dapat dijelaskan oleh karakteristik metalurgi masing-masing material filler dan responsnya terhadap laju pendinginan cepat selama pengelasan. Filler ER70S-6, sebagai kawat las baja karbon rendah, cenderung mengalami transformasi fasa austenit menjadi fasa-fasa yang lebih keras seperti martensit atau perlit halus pada laju pendinginan cepat khas pengelasan, yang secara langsung berkontribusi pada peningkatan kekerasan. Sebaliknya, filler ER308L, yang merupakan baja nirkarat austenitik, mempertahankan struktur dominan austenit yang secara inheren lebih ulet dan lunak pada suhu kamar, sehingga menghasilkan nilai kekerasan yang lebih rendah pada daerah las. Penelitian lain yang dilakukan oleh Oktadinata & Putra (2019) juga mendukung hasil ini, di mana penggunaan filler ER308L pada sambungan baja karbon dan stainless menghasilkan kekerasan yang lebih rendah tetapi merata di daerah las, yaitu sekitar 140–160 VHN, hampir sama dengan nilai 143,2 VHN yang didapat pada penelitian ini.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pengaruh variasi filler metal ER70S-6 dan ER308L terhadap mikrostruktur dan kekerasan pada pengelasan dissimilar antara baja A36 dan stainless steel 304 dengan metode GMAW, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Jenis filler metal berpengaruh signifikan terhadap struktur mikro dan nilai kekerasan sambungan las. Filler ER70S-6 membentuk struktur dominan ferit dan perlit dengan potensi martensit di daerah las, sedangkan ER308L membentuk struktur dominan austenit yang lebih halus dan seragam. Daerah HAZ (Heat Affected Zone) menunjukkan transisi struktur mikro yang signifikan dari logam induk ke logam las.
- Nilai kekerasan tertinggi diperoleh pada daerah logam las dengan filler ER70S-6, yaitu sebesar 234,1 VHN, akibat struktur mikro yang lebih keras. Sedangkan filler ER308L menghasilkan kekerasan yang lebih rendah, yaitu 143,2 VHN, namun dengan distribusi yang lebih merata dan meminimalkan risiko getas.

5.2. Saran

- Pemilihan filler metal harus disesuaikan dengan jenis logam yang dilas. Jika ingin hasil las yang keras dan kuat, terutama di sisi baja karbon (A36), maka filler ER70S-6 bisa digunakan. Tapi jika ingin hasil las yang lebih stabil, tidak mudah retak, dan lebih cocok untuk stainless steel, maka ER308L lebih direkomendasikan.
- Pemilihan filler metal harus disesuaikan dengan jenis logam yang dilas. Jika ingin hasil las yang keras dan kuat, terutama di sisi baja karbon (A36), maka filler ER70S-6 bisa digunakan. Tapi jika ingin hasil las yang lebih

stabil, tidak mudah retak, dan lebih cocok untuk stainless steel, maka ER308L lebih direkomendasikan.

- Pengaturan mesin las juga sangat penting.

Agar hasil pengelasan baik, arus, tegangan, dan kecepatan las harus diatur dengan benar dan tidak berubah-ubah selama proses. Pengaturan yang tidak stabil dapat menyebabkan sambungan menjadi tidak rata dan kerasnya tidak merata.

- Hasil penelitian ini bisa dijadikan pedoman untuk memilih filler pada pengelasan dissimilar.

Gunakan ER70S-6 bila diperlukan sambungan yang keras dan kuat. Tapi jika dibutuhkan sambungan yang tahan korosi dan lebih aman, maka ER308L adalah pilihan yang lebih tepat.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditia, A., Nurdin, N., & Ismy, A. S. (2019). Analisa kekuatan sambungan material AISI 1050 dengan ASTM A36 dengan variasi arus pada proses pengelasan SMAW. *Journal of Welding Technology*, 1(1), 1–4.
- Afriany, R., Djunaidi, R., Asmadi, A., & Prasetya, C. (2020). Analisa hasil pengelasan gtaw stainless steel 304. *Teknika: jurnal Teknik*, 6(2), 146–154.
- Arifin, J., Purwanto, H., & Syafa'at, I. (2017). Pengaruh jenis elektroda terhadap sifat mekanik hasil pengelasan smaw baja ASTM A36. *Jurnal Ilmiah Momentum*, 13(1).
- Baroto, B. T., & Sudargo, P. H. (2017). Pengaruh arus listrik dan filler pengelasan logam berbeda baja karbon rendah (st 37) dengan baja tahan karat (aisi 316l) terhadap sifat mekanis dan struktur mikro. *Prosiding SNATIF*, 637–642.
- Chong, K., Mhd Noor, E. E., Amir, A., & Baig, M. F. (2024). Study on Welding Characteristics and Parameters of Gas Metal Arc Welding for A516 Grade 70 Steel with ER70S-6 and ER308LSi Filler Materials. *Materials*, 17(21), 5391.
- Fadilah, P., Riswanda, H. K., & Kadir, H. (2021). Pengaruh Variasi Arus terhadap Sifat Mekanik Sambungan Las GMAW Material Tidak Sejenis ASS 304L dengan AISI 1015. *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar*, 12, 406–411.
- 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.
- Gupta, S. K., Raja, A. R., Vashista, M., & Yusufzai, M. Z. K. (2018). Effect of heat input on microstructure and mechanical properties in gas metal arc welding of

ferritic stainless steel. *Materials Research Express*, 6(3), 36516.

Juwanda, J., Saifuddin, S., & Marzuki, M. (2021). Analisa pengaruh kuat arus hasil pengelasan GMAW terhadap kekerasan material ASTM A 36. *Journal of Welding Technology*, 3(1), 6–11.

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*.

Kuncoro, B. W. (2024). *Pengaruh Pengelasan Dissimilar Antara Plat Baja Galvanis dan Stainless Steel 304 Terhadap Sifat Mekanik*. Universitas Gadjah Mada.

Kusuma, K. D., Prasajo, B., & Wardani, D. (2024). Pengaruh PWHT Pengelasan Dissimilar Material Stainless Steel Dengan Carbon Steel Terhadap Sifat Mekanik, Struktur Mikro Material dan Luas HAZ. *Proceedings of National Conference on Piping Engineering and Its Application*, 9(1), 114–118.

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.

Mizhar, S., Yulfitra, Y., & Suherman, S. (2017). Kajian Perubahan Distribusi Kekerasan dan Perubahan Struktur Mikro pada Proses Quench terhadap Variasi Diameter dalam dari Baja Karbon Sedang Tipe Sae 1040. *MEKANIK: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 3(2).

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).

Nugroho, A. (2018). Pengaruh variasi kuat arus pengelasan terhadap kekuatan tarik dan kekerasan sambungan las plate carbon steel ASTM 36. *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, 3(2), 134–142.

Nugroho, S., & Sudiarso, W. (n.d.). Pengaruh PWHT dan Preheat pada Kualitas Pengelasan Dissimilar Metal antara Baja Karbon (A-106) dan Baja Tahan

- Karat (A312 TP-304H) dengan Filler Metal Inconel 82. *ROTASI*, 14(1), 16–20.
- Nurisna, Z., & Setiawan, E. (2020). Pengaruh Filler Pada Pengelasan Tig Baja Karbon Dan Stainless Steel 316L Terhadap Sifat Mekanik. *Quantum Teknika: Jurnal Teknik Mesin Terapan*, 1(2), 95–99.
- 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.
- Rifaldi, A., Ryadin, A. U., & Hakim, A. R. (2021). Pengaruh Suhu Preheating Terhadap Kekuatan Tarik dan Kekerasan Pelat Baja ASTM A36 Pada Pengelasan Shielded Metal Arc Welding (SMAW). *Sigma Teknika*, 4(1), 81–90.
- 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.
- Saputra, P. H. (2022). Studi pengelasan mig (metal inert gas) terhadap kekuatan sambungan dan sifat mekanik pada aluminium aa1100.
- 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).
- Sundari, F., Naubnome, V., & Kardiman, K. (2022). Pengaruh Arus pada Sambungan Las Terhadap Sifat Mekanik SS304 dengan Media Pendingin Coolant Menggunakan Las MIG. *Jurnal Ilmiah Momentum*, 18(2), 86–90.
- Unggul, U. S. J., Prabowo, D., & Kustiawan, A. (2021). Pengaruh Proses

Normalizing Terhadap Kekuatan Tarik Sambungan Las pada Logam Tidak Sejenis. *Aptek*, 69–74.

Utomo, Y. B., & Joko Sedyono, S. T. (2019). *Studi Struktur Mikro Dan Sifat Mekanik Sambungan Buttjoint Pada Material Baja Karbon Dengan Las Listrik*. Universitas Muhammadiyah Surakarta.

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.

Wahyudi, R., Nurdin, N., & Saifuddin, S. (2019). Analisa pengaruh jenis elektroda pada pengelasan SMAW penyambungan baja karbon rendah dengan baja karbon sedang terhadap tensile strenght. *Journal of Welding Technology*, 1(2), 43–47.

Wicaksono, D., & Ilman, M. N. (2021). *Pengaruh temperatur preheat terhadap distorsi dan struktur mikro sambungan las tak sejenis antara baja karbon astm a36 dan baja tahan karat austenitik aisi 304 menggunakan gmaw*. Technologic.

Lampiran :

Hasil Pengujian Kekerasan ER 70s-6

Sampel	Titik	Diagonal indentasi (μm)		Diagonal indentasi Rata-rata (μm)	Beban Penekanan (gf)	Angka Kekerasan Vickers (VHN)	Rata-rata
		d ₁	d ₂				
Base Metal A36	1	77.7	77.1	77.40	500	154.8	135.2
	2	86.2	86.8	86.50		123.9	
	3	85	85.9	85.45		127	
HAZ	1	79.7	78.5	79.10	500	148.2	159.6
	2	76.2	75.7	75.95		160.7	
	3	74.0	73.7	73.85		170	
Weld Area	1	66.2	64.4	65.30	500	217.4	234.1
	2	61.1	63.6	62.35		238.5	
	3	61	61.7	61.35		246.3	
HAZ	1	70.4	68.8	69.60	500	191.4	224.2
	2	66.4	65.7	66.05		212.5	
	3	58.2	59.3	58.75		268.6	
Base Metal SS308	1	67.2	68.4	67.80	500	201.7	215.1
	2	64.7	64	64.35		223.9	
	3	65.7	64.2	64.95		219.8	

Hasil Pengujian Kekerasan ER 308 L

Sampel	Titik	Diagonal indentasi (µm)		Diagonal indentasi Rata-rata (µm)	Beban Penekanan (gf)	Angka Kekerasan Vickers (VHN)	Rata-rata
		d1	d2				
Base Metal A36	1	84.3	83.5	83.90	500	131.7	133.1
	2	80.6	80.2	80.40		143.4	
	3	84.7	88.1	86.40		124.2	
HAZ	1	76.5	76.7	76.60	500	158	152.8
	2	78.1	77.8	77.95		152.6	
	3	79.4	79.0	79.20		147.8	
Weld Area	1	80.3	79.6	79.95	500	145	143.2
	2	80.1	81.5	80.80		142	
	3	81.7	79.5	80.60		142.7	
HAZ	1	64.5	67.8	66.15	500	211.9	192.3
	2	70.6	69.9	70.25		187.9	
	3	71.8	72.9	72.35		177.1	
Base Metal SS308	1	65.3	65	65.15	500	218.4	217.0
	2	64.6	65.3	64.95		219.8	
	3	65.1	66.9	66.00		212.8	

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Judul : Pengaruh Variasi Filler Terhadap Mikrostruktur dan Kekerasan Pada Pengelasan Dissimilar Baja A36 dengan Stainless Steel 304 Menggunakan Metode GMAW

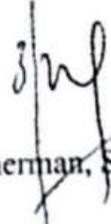
Nama : Haria Bagas Swara

NPM : 2107230069

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

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
I	SENIN / 10 MARET 2025	Pengamatan Visual hasil lasan	
2.	SELASA / 18 MARET 2025	Pematangan spesimen	
3.	SENIN / 14 APRIL 2025	Pengujian spesimen uji Mikrostruktur dan kekerasan	
4.	RABU / 23 APRIL 2025	REVISI ANALISA DATA PENGYAJIAN	
5.	SENIN / 5 MEI 2025	REVISI TABEL Grafik data	
6.	KAMIS / 15 MEI 2025	Penambah/Perbandingan hasil Penelitian terdahulu	
7.	SENIN / 19 MEI 2025	REVISI kesimpulan dan saran	
8	SENIN / 2 Juni 2025	REVISI TULISAN	
9	KAMIS / 12 - Juni 2025	ACC SEMINAR HASIL	

Dosen Pembimbing


Dr Suherman, S.T., M.T



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

Bisa Menjawab Kebutuhan di Era Globalisasi
Dengan Cara yang Inovatif

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/IAK/Pp/PT/III/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 [umsumedan](#) [umsumedan](#) [umsumedan](#) [umsumedan](#)

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN
DOSEN PEMBIMBING**

Nomor : 2116/II.3AU/UMSU-07/F/2024

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Mesin Pada Tanggal 13 November 2024 dengan ini Menetapkan :

Nama : HARIA BAGAS SWARA
Npm : 2107230069
Program Studi : TEKNIK MESIN
Semester : 7 (Tujuh)
Judul Tugas Akhir : PENGARUH VARIASI KUAT ARUS TERHADAP MIKRO STRUKTUR DAN HARDNESS PADA PENGELASAN DISSIMILARBAJA ALSI 1008 DENGAN STAINLESS STEEL 304 MENGGUNAKAN METODE G TAW

Pembimbing : Dr SUHERMAN ST.MT

Dengan demikian diizinkan untuk menulis tugas akhir dengan ketentuan :

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

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

Medan, 13 Jumadil Awal 1446 H
13 November 2024 M
Dekan

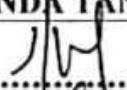
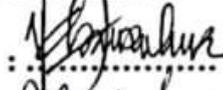
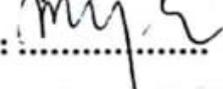
Munawar Alfansury Siregar, ST.,MT
NIDN: 0101017202

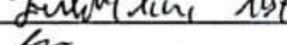


**DAFTAR HADIR SEMINAR
TUGAS AKHIR TEKNIK Mesin
FAKULTAS TEKNIK – UMSU
TAHUN AKADEMIK 2024 – 2025**

Peserta seminar

Nama : Haria Bagas Swara
 NPM : 2107230069
 Judul Tugas Akhir : Pengaruh Variasi Filler Metal Terhadap Mikro struktur Dan Kekerasan Pada Pengelasan Dissimilar Baja A36 Dengan Stainless Steel 304 Menggunakan Metode GMAW

DAFTAR HADIR			TANDA TANGAN
Pembimbing – I	:	Dr Suherman ST.MT	: 
Pemanding – I	:	Dr Khairul Umurani ST.MT	: 
Pemanding – II	:	M.Yani ST.MT	: 

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	2107230094	Eki ANDRIANSYAH	
2	2107230070	AZI DIRA SYAHPUTRA	
3	2107230081	MUHAMMAD FADIL ALMULIYUDDIN	
4	2107230049	NIKETI	
5	2107230012	Bodi FIRMANSYAH	
6	2107230138	Mhd ZULHILMI NST	
7	2107230129	Fauzi HARAHAP	
8	2107230160	Andi Priwardana	
9	2107230093	FATHURAHMAN BAYU KUSUMA	
10	2107230096	ADI PERLIANIDA SIREGAR	

Medan 19 Safar 1447 H
13 Agustus 2025 M

Ketua Prodi. T. Mesin



Chandra A Siregar ST.MT

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

Nama : Haria Bagas Swara
NPM : 2107230069
Judul Tugas Akhir : Pengaruh Variasi Filler Metal Terhadap Mikro struktur Dan Kekerasan Pada Pengelasan Dissimilar Baja A36 Dengan Stainless Steel 304 Menggunakan Metode GMAW

Dosen Pembanding – I : Dr Khairul Umurani ST.MT
Dosen Pembanding – II : M.Yani ST.MT
Dosen Pembimbing – I : Dr Suherman ST.MT

KEPUTUSAN

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

Lihat Catatan pada Buku Tugas akhir

3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

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

Medan 19 Safar 1447 H
13 Agustus 2025 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T. Mesin

Dosen Pembanding- I



Chandra A Siregar ST.MT



Dr Khairul Umurani ST.MT

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

Nama : Haria Bagas Swara
NPM : 2107230069
Judul Tugas Akhir : Pengaruh Variasi Filler Metal Terhadap Mikro struktur Dan Kekerasan Pada Pengelasan Dissimilar Baja A36 Dengan Stainless Steel 304 Menggunakan Metode GMAW

Dosen Pembanding – I : Dr Khairul Umurani ST.MT
Dosen Pembanding – II : M.Yani ST.MT
Dosen Pembimbing – I : Dr Suherman ST.MT

KEPUTUSAN

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

lihat pada bagian yang harus diperbaiki pada TA

3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

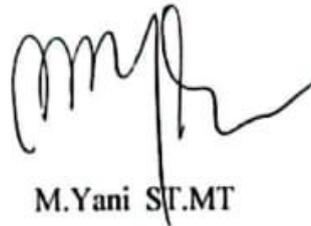
Medan 19 Safar 1447 H
13 Agustus 2025 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T. Mesin



Chandra A Siregar ST.MT

Dosen Pembanding- II



M.Yani ST.MT

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



A. Identitas Diri

Nama lengkap : Haria Bagas Swara
Tempat / Tanggal Lahir : Helvetia , 13 Maret 2003
Alamat : Jl Kawat V, G Konveksi No 41 Kec. Medan Deli
Jenis Kelamin : Laki – Laki
Umur : 22 Tahun
Agama : Islam
Kewarganegaraan : Indonesia
Tinggi / Berat badan : 175 cm / 68 kg
E-mail : hariabagasswara36@gmail.com
Nomor telepon / hp : 0822 –7379– 2967
Motto hidup : “Setiap Langkah Kecil Adalah Kemajuan”

B. Riwayat Pendidikan

Tahun 2009 – 2015 : SD Budi Mulia
Tahun 2015 – 2018 : SMP Laksamana Martadinata
Tahun 2018 – 2021 : SMA Negeri 5 Medan
Tahun 2021 – 2025 : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara