

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Pengelasan adalah proses koneksi dua atau lebih logam yang menggunakan panas dan tekanan, untuk membentuk koneksi permanen. Proses ini terkait dengan pemanasan logam untuk mencapai titik cair, dengan atau tidak menggunakan beban. Proses ini digunakan untuk menyatukan dua atau lebih material dengan cara mencairkan bagian-bagian yang akan dihubungkan. Selain berfungsi dalam konstruksi bangunan, metode ini juga digunakan untuk memproduksi komponen berat, peralatan, dan berbagai jenis produk lainnya.

Baja Stainless adalah salah satu bahan yang paling banyak digunakan karena sifatnya yang lebih tinggi, seperti ketahanan korosi, ketahanan mekanis yang kuat dan ketahanan suhu ekstrem. Baja stainless banyak dimanfaatkan dalam sektor makanan, farmasi, otomotif, dan konstruksi, di mana mutu dan keandalan produk menjadi faktor yang sangat krusial. Baja stainless adalah salah satu bahan yang paling banyak digunakan karena sifatnya yang unggul, seperti ketahanan korosi, ketahanan mekanis yang kuat, dan ketahanan terhadap suhu ekstrem.

Salah satu jenis baja stainless yang paling umum digunakan adalah baja stainless 304. Baja ini termasuk dalam kategori austenitik, yang memiliki struktur kristal stabil pada suhu kamar. Dengan kandungan sekitar 18% kromium dan 8% nikel, baja stainless 304 menawarkan ketahanan korosi yang sangat baik, menjadikannya pilihan ideal untuk aplikasi yang melibatkan kontak dengan

lingkungan yang agresif, seperti dalam industri makanan, farmasi, otomotif, dan konstruksi. Baja stainless 304 juga digunakan untuk membuat frame foto sebagai benda hasil las. Frame foto yang terbuat dari baja stainless 304 tidak hanya memberikan tampilan yang elegan dan modern, tetapi juga menawarkan daya tahan yang tinggi terhadap korosi dan kerusakan, sehingga cocok untuk digunakan dalam berbagai kondisi lingkungan. Sifat estetika dan ketahanan material ini menjadikannya pilihan yang populer untuk produk-produk dekoratif dan fungsional.

Hasil kualitas pengelasan dalam stainless steel sangat dipengaruhi oleh metode pengelasan yang digunakan. Dua metode pengelasan yang umum digunakan adalah Istana Logam (SMAW) dan Gas Inert Logam (GMAW). Metode SMAW, yang sering disebut sebagai pengelasan busur manual, memanfaatkan elektroda yang dilapisi fluks untuk menghasilkan busur listrik yang melelehkan baik logam dasar maupun elektroda itu sendiri. Metode ini memiliki keuntungan fleksibilitas dan mudah digunakan, dan dapat digunakan dalam posisi pengelasan yang berbeda. Namun, hasil hasil pengelasan seringkali terlihat kurang hati - hati dan mungkin memerlukan proses finishing tambahan.

Sebaliknya, metode GMAW memanfaatkan bahan pengisi yang dilindungi oleh gas inert, seperti argon atau helium, untuk menjaga area pengelasan tetap bebas dari kontaminasi. Teknik ini dikenal menghasilkan sambungan yang lebih bersih dan halus, serta memiliki kecepatan pengelasan yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode SMAW. Namun, GMAW membutuhkan peralatan yang lebih kompleks dan lebih mahal dan lebih sensitif terhadap kondisi lingkungan, seperti angin dan kelembaban.

Perbedaan dalam teknik pengelasan ini dan proses dapat mempengaruhi berbagai aspek hasil pengelasan, termasuk resistensi tarik, resistensi korosi dan penampilan visual koneksi pengelasan. Resistansi traksi adalah salah satu parameter penting yang menunjukkan bahwa koneksi pengelasan dapat menahan beban tanpa kerusakan. Resistensi korosi juga penting, terutama untuk aplikasi yang terkait dengan kontak dengan lingkungan yang positif. Selain itu, penampilan visual koneksi pengelasan dapat mempengaruhi kesadaran akan kualitas produk oleh konsumen. Meskipun banyak penelitian telah dilakukan mengenai efek dari berbagai parameter pengelasan pada kualitas produk pengelasan, ada kekurangan dalam dokumen komparatif langsung antara metode SMAW dan GMAW pada stainless steel.

Penelitian ini bertujuan untuk mengatasi kekurangan yang ada dengan melakukan analisis menyeluruh terhadap kualitas hasil pengelasan yang dihasilkan oleh dua metode. Dengan melakukan analisis terhadap sampel pengelasan yang dihasilkan oleh kedua metode, penelitian ini akan menilai ketahanan terhadap gaya tarik, ketahanan terhadap korosi, serta penampilan visual dari sambungan pengelasan.

1.2 Batasan Masalah

Agar penelitian lebih terfokus dan tidak terjadi penyimpangan dari pokok pembahasan dimaksudkan, maka skripsi ini membataskan ruang lingkup penelitian. Beberapa batasan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penelitian ini hanya menggunakan baja stainless tipe 304 sebagai material utama.
2. Metode pengelasan yang dibandingkan hanya Shielded Metal Arc Welding (SMAW) dan Gas Metal Arc Welding (GMAW).
3. Kualitas hasil las yang dibandingkan dibatasi pada tiga aspek utama :
 - a) Kekuatan terhadap gaya tarik
 - b) Ketahanan terhadap korosi
 - c) Kualitas visual sambungan las

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas maka rumusan masalahnya yaitu :

1. Bagaimana perbandingan kekuatan tarik hasil las antara metode Las SMAW dan GMAW pada baja stainless?
2. Apa perbedaan tingkat kekerasan antara hasil las yang dihasilkan oleh metode Las SMAW dan GMAW pada baja stainless?
3. Bagaimana penampilan visual hasil las dari kedua metode (SMAW dan GMAW) pada baja stainless?

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk menganalisis perbandingan kekuatan tarik hasil las antara metode las SMAW dan GMAW pada baja stainless.

2. Untuk menganalisis perbedaan tingkat kekerasan antara hasil las yang dihasilkan metode las SMAW dan GMAW pada baja stainless.
3. Untuk mengetahui penampilan visual hasil las dari kedua metode (SMAW dan GMAW) pada baja stainless.

1.5 Manfaat Penelitian

Untuk mengetahui guna atau manfaat dari penelitian yang berjudul perbandingan kualitas hasil las antara metode las SMAW dan GMAW pada baja stainless adalah sebagai berikut :

1. Menambah pengetahuan tentang pengelasan, khususnya metode SMAW dan GMAW.
2. Membantu dalam menentukan metode pengelasan yang lebih efisien dan berkualitas.
3. Sebagai referensi bagi industri dalam memilih metode pengelasan yang paling efisien dan sesuai dengan kebutuhan spesifik, sehingga dapat meningkatkan produktivitas.
4. Sebagai acuan untuk penelitian lebih lanjut mengenai teknik pengelasan, material, atau parameter lain yang mempengaruhi kualitas hasil las.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengelasan (Welding)

Sejak zaman perunggu, manusia telah mengenal metode penyambungan logam yang menyerupai teknik pengelasan modern, meskipun belum dapat dipastikan secara pasti kapan istilah "las" mulai digunakan secara resmi dalam dunia teknik. Sejumlah sejarawan percaya bahwa sekitar 4.000 tahun yang lalu, masyarakat Mesir kuno telah mempraktikkan teknik menyambung logam melalui proses pemanasan disertai tekanan. Salah satu bukti ditemukan di Lembah daerah kerajaan pada tahun 1922 yang mengisyaratkan bahwa peti jenazah Raja Tutankhamwn diperkirakan dibuat sekitar 1360 SM dengan melibatkan proses pengelasan. Pada masa tersebut, teknik yang diterapkan adalah pengelasan dengan metode tempa. (Yantony & Parekke, 2023)

Pengelasan merupakan proses penyatuan dua logam dengan cara memanaskan hingga mencapai suhu rekristalisasi, baik dengan maupun tanpa penambahan bahan pengisi. Panas yang dihasilkan dalam proses pengelasan berfungsi untuk melelehkan permukaan logam sehingga dapat menyatu. Dalam proses ini, bukan hanya kedua logam yang dilelehkan untuk disatukan, tetapi juga ditambahkan material pengisi seperti elektroda yang turut mencair dan menyatu, sehingga menciptakan sambungan yang kokoh dan seragam. Beberapa aspek yang sangat menentukan mutu dari hasil pengelasan meliputi metode pelaksanaan pengelasan, jenis logam yang digunakan, karakteristik bahan pengisi, serta bentuk sambungan atau kampuh yang diterapkan. (Bakhori, 2017)

Menurut pendapat (Wiryo Sumarto, 2000), pengelasan dilakukan dengan menyambungkan beberapa logam menggunakan energi panas, yang berperan penting dalam menciptakan ikatan antar bagian logam tersebut. Menurut definisi dari American Welding Society (AWS), pengelasan merupakan ikatan secara metalurgi pada logam atau paduan logam yang dilakukan dalam kondisi mencair. Secara prinsip, proses pengelasan dilakukan dengan memanaskan bagian logam yang akan disambungkan hingga keduanya melebur dan membentuk ikatan yang solid dan bertahan lama. Salah satu aspek penting yang memengaruhi mutu sambungan logam adalah karakteristik dari logam itu sendiri.

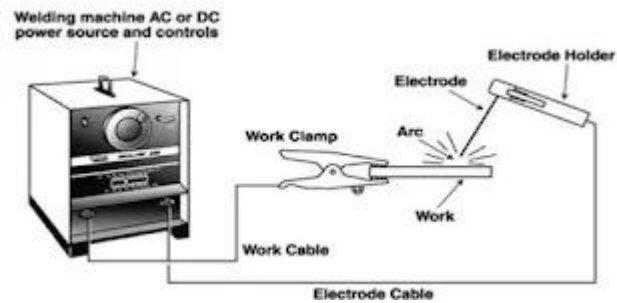
Sifat logam ini sangat dipengaruhi oleh suhu selama proses pengelasan, karena panas berperan besar dalam menentukan kualitas hasil akhir. Selama proses berlangsung, material logam mengalami siklus termal, yaitu pemanasan dan pendinginan yang cepat di area pengelasan. Selama proses pengelasan, siklus pemanasan dan pendinginan yang terjadi dapat mengubah sifat metalurgi bahan dan menyebabkan perubahan bentuk pada material. Proses pemanasan dan pendinginan yang terjadi selama pengelasan dapat mempengaruhi kualitas sambungan, yang berpotensi menyebabkan adanya cacat pada hasil las. Perubahan yang terjadi selama proses pengelasan dapat mempengaruhi sifat mekanik sambungan, seperti kekuatan tarik, ketangguhan, dan juga struktur mikro dari material yang disambung. (Wiyono, 2012)

2.2 Metode Shielded Metal Arc Welding (SMAW)

1. Definisi Shielded Metal Arc Welding (SMAW)

Shielded Metal Arc Welding (SMAW) adalah metode pengelasan yang menggunakan busur listrik untuk melelehkan dan menghubungkan dua atau lebih bagian logam dengan mengarahkan arus listrik ke titik sambungan material. Dalam proses ini, faktor kekuatan sangat penting untuk mengevaluasi penerapan beban dan struktur mikro, guna menilai keseragaman antara logam dasar dan logam pengisi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kekuatan tarik dan struktur mikro yang terbentuk pada sambungan pengelasan menggunakan dua ukuran elektroda, yaitu 2,0 mm dan 3,2 mm, pada plat baja SS 400. (Munawar et al., 2023)

Pengujian pengelasan dilakukan pada plat baja dengan ketebalan 6 mm, menggunakan arus pengelasan sebesar 95 A, kawat elektroda jenis E6013, serta posisi pengelasan 1G (datar). Hasil pengujian menunjukkan bahwa elektroda dengan diameter 3,2 mm menghasilkan kekuatan tarik tertinggi sebesar 530 N/mm², yang menandakan bahwa arus pengelasan yang digunakan sesuai, sehingga menghasilkan sambungan las yang kokoh dan stabil. Sebaliknya, kekuatan tarik terendah tercatat pada elektroda diameter 2,6 mm sebesar 338 N/mm², karena arus yang digunakan terlalu tinggi, sehingga sambungan las tidak mencapai kekuatan yang optimal. Pada pengamatan struktur mikro, zona las (HAZ) menunjukkan keberadaan ferit-bainit, sedangkan zona logam dasar (base metal) masih menunjukkan struktur ferit-perlit yang normal. (Munawar et al., 2023)



Gambar 2. 1 Skematik Pengelasan SMAW

2. Kelebihan dan kekurangan las SMAW :

Kelebihan las SMAW :

- a) Proses pengelasan ini dapat dilakukan di berbagai lokasi, baik itu di luar ruangan, di bengkel, maupun di bawah permukaan air.
- b) Satu perangkat pengelasan ini fleksibel untuk digunakan pada berbagai jenis material, mulai dari baja ringan hingga paduan tembaga, didukung dengan rectifier untuk mendukung kinerja yang efisien.
- c) Pengaturan yang cepat dan mudah dilakukan.
- d) Mendukung pengelasan dalam berbagai posisi.
- e) Elektroda tersedia dalam berbagai ukuran dan diameter yang mudah ditemukan.
- f) Peralatan yang digunakan sederhana, terjangkau, dan portabel.
- g) Menghasilkan tingkat kebisingan yang rendah.
- h) Tidak terlalu rentan terhadap korosi, minyak, atau pelumas.

Kelemahan las SMAW :

Proses pengelasan dapat menghasilkan lebih banyak asap dan percikan dibandingkan metode lain.

- a) Kualitas sambungan dapat dipengaruhi oleh keterampilan operator dan kondisi lingkungan. Jika tidak dilakukan dengan benar, dapat menghasilkan cacat seperti porositas atau retak.
- b) Proses pengelasan SMAW cenderung lebih lambat dibandingkan dengan GMAW, yang dapat mempengaruhi produktivitas.
- c) Elektroda yang digunakan memiliki batasan dalam hal ukuran dan jenis, yang dapat membatasi aplikasi tertentu.

2.3 Metode Gas Metal Arc Welding (GMAW)

1. Definisi Gas Metal Arc Welding (GMAW)

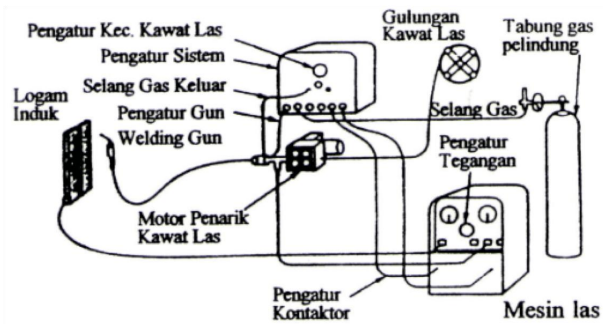
Menurut (Mishra et al., 2014) dalam proses las Gas Metal Arc Welding (GMAW), panas yang dihasilkan oleh busur las yang terbentuk di antara elektroda kawat (wire electrode) dan benda kerja meleleh menjadi deposit logam las dan membentuk butiran las. Gas pelindung digunakan untuk melindungi hasil las dan mencegah oksidasi sepanjang masa pembekuan.

Metode las GMAW menggunakan gas untuk melindungi busur, elektroda, dan logam induk yang mencair dari udara luar. Gas yang digunakan sebagai pelindung adalah gas yang tidak mudah bereaksi terhadap udara luar dan logam yang mencair. Pada las GMAW panas, arus yang bergerak melalui celah antara elektroda dan benda kerja mengisi elektroda, yang diumpankan secara terus menerus dengan kecepatan konstan sepanjang sambungan las. (Ishak et al., 2015)

Dengan panas ini, kedua elektroda dan logam induk mencair dan membeku, membentuk ikatan. Busur yang dibuat selalu berputar, membuat butir logam

cair halus dan bergerak dengan cepat. Las GMAW biasanya dioperasikan secara otomatis atau semi-otomatis dengan arus searah (DC) polaritas balik dan menggunakan kawat elektroda berdiameter 1,2–2,4 mm. Gas argon, helium, atau campuran gas ini digunakan; kadang-kadang ditambahkan 2% hingga 5% gas oksigen atau CO₂ 5% hingga 20% untuk memantapkan busur (Muku, 2009). Gas helium (He), gas argon (Ar), dan gas karbon dioksida (CO₂), antara lain, biasanya digunakan sebagai pelindung. Las busur gas (GMAW) dengan elektroda kawat gulung yang disalurkan melalui pemegang elektroda untuk mencairkan sebagai pengisi sambungan dalam pengelasan. (Wiryo Sumarto, 2000)

Pengelasan berkualitas tinggi dibuat oleh proses GTAW pada bahan ferrous dan non ferrous. Proses pengelasan GMAW dapat otomatis atau semi-otomatis. Setelah pengelasan, slag tidak perlu dibersihkan, dan GMAW memiliki lebih sedikit percikan las dan asap daripada SMAW. Baja karbon dan baja alloy hanya dapat disambungkan vertikal dengan las ESW dan EGW. Kelemahan utama las GTAW adalah laju pengisian yang lebih rendah dibandingkan dengan proses las lain, seperti SMAW, karena SMAW adalah proses pengelasan dengan daya guna tinggi. Peralatan las GMAW lebih mahal daripada SMAW, dan mereka lebih sulit untuk dipasang dan dirawat. Biaya kawat las dan penutup gas mungkin lebih mahal daripada elektroda terbungkus, tetapi karena tingkat produksi yang tinggi dan tingkat pemborosan yang rendah, biaya ini dapat dikompensasi. (Yantony & Parekke, 2023)



Gambar 2. 2 Skematik Pengelasan GMAW

2. Kelebihan dan kekurangan las GMAW

Kelebihan las GMAW :

- Proses pengelasan GMAW lebih cepat dan efisien dibandingkan dengan SMAW, karena kawat las otomatis disuplai.
- Hasil las biasanya lebih bersih dan memiliki cacat lebih sedikit, berkat perlindungan inert.
- Proses ini lebih mudah untuk dilakukan secara otomatis, sehingga cocok untuk aplikasi industri yang memerlukan produksi massal.
- Dapat digunakan untuk berbagai jenis logam dan ketebalan, termasuk logam non-ferrous seperti aluminium.
- Proses ini menghasilkan lebih sedikit asap dan percikan dibandingkan dengan SMAW, meningkatkan visibilitas dan keselamatan.

Kekurangan las GMAW :

- Peralatan dan bahan yang digunakan cenderung lebih mahal dibandingkan dengan SMAW.

- b. Metode ini lebih sensitif terhadap kondisi lingkungan, seperti angin, yang dapat mempengaruhi kualitas las. Gas pelindung dapat terpengaruh oleh angin, sehingga tidak efektif di luar ruangan.
- c. Meskipun dapat digunakan diberbagai posisi, GMAW lebih cocok untuk posisi horizontal dan vertikal, dan mungkin tidak seefektif SMAW dalam posisi overhead
- d. Meskipun lebih mudah digunakan, operator tetap memerlukan keterampilan untuk mengatur parameter pengelasan dengan benar agar hasilnya optimal.

2.4 Baja Stainless Steel 304

Stainless steel 304 merupakan salah satu jenis baja tahan karat yang paling umum dimanfaatkan di berbagai sektor industri karena keunggulannya dalam ketahanan korosi, kekuatan mekanis, serta kemudahan dalam proses fabrikasi. Baja ini tergolong dalam kategori austenitik, yang memiliki struktur kristal stabil pada suhu ruang, sehingga memberikan performa mekanik dan ketahanan terhadap korosi yang baik di berbagai kondisi lingkungan (Callister Jr & Rethwisch, 2020). Komposisi kimia utama baja dalam stainless steel 30 mencakup sekitar 18 hingga 20% krom (CR) dan 8-10,5% nikel (NI), dengan kandungan rendah karbon, biasanya di bawah 0,08% (Davis, 1994). Kehadiran kromium dan nikel untuk baja ini adalah kemampuan antioksidan dan korosi yang baik dan membuatnya cukup tahan terhadap suhu tinggi (Totten, 2006).

Proses awal produksi stainless steel 304 melibatkan pencampuran komponen utama seperti bijih besi, kromium, dan nikel dalam tungku listrik, hingga terbentuk logam cair dengan komposisi yang seragam (Totten & MacKenzie, 2003). Di sektor otomotif dan konstruksi, stainless steel 304 dimanfaatkan untuk komponen-komponen yang memerlukan ketahanan tinggi terhadap korosi serta kekuatan mekanik yang andal, seperti sistem knalpot, saluran pembuangan, pagar pembatas, dan elemen-elemen struktural lainnya (Callister Jr & Rethwisch, 2020). Dari sisi keberlanjutan, stainless steel 304 dianggap ramah lingkungan karena dapat didaur ulang dalam tingkat yang tinggi, sehingga membantu mengurangi limbah dan penggunaan energi baru. Selain itu, material ini mudah dirawat dan tahan terhadap berbagai kondisi lingkungan, menjadikannya solusi yang efisien untuk berbagai penggunaan. (Totten & MacKenzie, 2003)

Menurut (Adip, 2019) stainless steel adalah baja paduan yang memiliki sifat yang tidak mudah terkorosi dan mengandung krom, yang membedakannya dari baja biasa. Ketika baja karbon diekspos pada udara yang lembab, ia akan terkorosi. Menurut (Sumarji, 2011) stainless steel SS 304 adalah jenis baja tahan karat austenitik yang mengandung 0.042% C, 1.19% Mn, 0.034% P, 0.006% S, 0.049% Si, 18.24% Cr, 8.15% Ni, dan sisa besi. Dengan panjang 50%, kekuatan tarik 646 Mpa, kekuatan produksi 270 Mpa, dan kekerasan 82 HRB.

Tabel 2. 1 Spesifikasi Baja Stainless Steel 304

Kategori	Spesifikasi
Komposisi Kimia	
Kromium (Cr)	18% - 20%
Nikel (Ni)	8% - 10.5%
Karbon (C)	Maksimal 0.08%
Mangan (Mn)	Maksimal 2%
Silikon (Si)	Maksimal 1%
Fosfor (P)	Maksimal 0.045%
Belerang (S)	Maksimal 0.03%
Sifat Fisik	
Densitas	Sekitar 7.93 g/cm ³
Titik Leleh	Sekitar 1400 - 1450 °C
Konduktivitas Termal	Sekitar 16.2 W/m·K
Koefisien Ekspansi Termal	16.0 x 10 ⁻⁶ /°C (pada 20 - 100 °C)
Sifat Mekanik	
Kekuatan Tarik	Sekitar 520 MPa
Batas Leleh	Sekitar 215 MPa
Modulus Elastisitas	Sekitar 193 Gpa
Kekerasan	Sekitar 70 HRB (Rockwell B)
Sifat Korosi	
Ketahanan Korosi	Sangat baik dalam lingkungan berasid, garam, dan kelembapan. Kurang tahan dibanding baja 316
Sifat Pengelasan	
Kemudahan Pengelasan	Dapat dilas dengan metode GMAW, TIG, SMAW tanpa perlakuan panas tambahan
Aplikasi Umum	
Industri Makanan	Peralatan dapur, tangki penyimpanan, pipa
Industri Farmasi	Peralatan medis dan farmasi
Industri Otomotif	Komponen kendaraan seperti knalpot, sistem pembuangan
Industri Konstruksi	Railing, elemen struktural, aplikasi arsitektur
Industri Energi	Pipa dan komponen pembangkit listrik
Standar dan Kode	ASTM A240, ASTM A276, UNS S30400
Sifat Korosi	
Ketahanan Korosi	Sangat baik dalam lingkungan berasid, garam, dan

	kelembapan. Kurang tahan dibanding baja 316
Sifat Pengelasan	
Kemudahan Pengelasan	Dapat dilas dengan metode GMAW, TIG, SMAW tanpa perlakuan panas tambahan
Aplikasi Umum	
Industri Makanan	Peralatan dapur, tangki penyimpanan, pipa
Industri Farmasi	Peralatan medis dan farmasi
Industri Otomotif	Komponen kendaraan seperti knalpot, sistem pembuangan
Industri Konstruksi	Railing, elemen struktural, aplikasi arsitektur
Industri Energi	Pipa dan komponen pembangkit listrik
Standar dan Kode	ASTM A240, ASTM A276, UNS S30400

2.5 Prinsip Kerja SMAW dan GMAW

Metode Shielded Metal Arc Welding (SMAW) bekerja berdasarkan prinsip pengelasan busur listrik yang melibatkan elektroda yang dilapisi fluks. Proses dimulai dengan menyalakan busur listrik antara elektroda yang digenggam secara manual dan permukaan baja stainless steel 304. Busur listrik ini menghasilkan panas tinggi yang cukup untuk melelehkan ujung elektroda dan logam dasar secara bersamaan, membentuk kolam las cair. Fluks yang melapisi elektroda berfungsi untuk melindungi kolam las dari kontaminasi udara dengan menghasilkan gas pelindung dan lapisan slag yang menghambat oksidasi. Selama proses ini, operator harus mengontrol stabilitas lengkungan, kecepatan pengelasan, dan posisi elektroda, memastikan senyawa yang terbentuk memiliki penetrasi yang baik dan cacat minimal seperti porositas dan retak. Setelah melewati prosedur pengelasan, saat kolam las mendingin, terjadi proses pembekuan dan terbentuk sambungan solid yang mengikat kedua bagian baja stainless steel 304.

Sementara itu, metode Gas Metal Arc Welding (GMAW) menggunakan prinsip pengelasan busur listrik dengan kawat pengisi yang terus menerus diberi makan secara otomatis melalui nozzle las. Teknik ini melibatkan gas inert, seperti argon atau campuran argon-helium, yang ditiupkan di sekitar area las untuk melindungi kolam las cair dari oksidasi dan kontaminasi. Dalam proses ini, aliran arus listrik menginduksi pelelehan kawat pengisi dan logam dasar, menciptakan kolam las yang terkendali dan bersih. Karena kawat pengisi diberikan secara otomatis dan gas pelindung selalu terjaga, metode GMAW cenderung menghasilkan sambungan las dengan penampilan yang lebih halus serta tingkat cacat yang lebih rendah dibandingkan SMAW.

Saat ini, kontrol terhadap parameter pengelasan seperti arus, tegangan, tekanan gas, serta kecepatan proses dapat dilakukan dengan sangat presisi melalui pemanfaatan teknologi mekanik dan elektronik yang telah berkembang pesat. Pengendalian ini memungkinkan proses pengelasan menghasilkan sambungan yang stabil dan berulang. Penelitian ini melibatkan penerapan dua metode pengelasan pada sampel stainless steel 304, yang seluruhnya diproses dalam kondisi yang telah distandarkan. Menggunakan ketegangan pengelasan yang sama dan lingkungan kerja yang terkontrol sehingga variabel eksternal tidak mempengaruhi hasilnya. Hal ini penting untuk memastikan bahwa perbedaan kualitas sambungan yang diuji terutama disebabkan oleh perbedaan metode pengelasan, bukan faktor lain. Setelah pengelasan selesai, sampel diuji menggunakan uji ketahanan tarik untuk mengukur kekuatan mekanik sambungan, uji kekerasan untuk menilai daya tahan permukaan,

serta pengujian visual dan mikroskopis untuk mengidentifikasi adanya cacat seperti porositas, retak, atau penetrasi las yang kurang optimal.

Prinsip kerja analisis hasil penelitian ini melibatkan pengolahan dan interpretasi data uji yang diperoleh secara kuantitatif dan kualitatif. Analisis statistik dilakukan terhadap data kekuatan tarik dan kekerasan untuk menilai metode pengelasan yang paling efektif dalam menghasilkan sambungan yang optimal. Selain itu, pengamatan visual dan mikroskopis memberikan wawasan mengenai karakteristik mikrostruktur sambungan las, yang berkaitan erat dengan performa mekanik dan durability sambungan dalam aplikasi nyata.

Secara keseluruhan, prinsip kerja penelitian ini mengintegrasikan pemahaman komprehensif tentang proses pengelasan, kontrol parameter teknik, serta analisis sifat material untuk menguji dan membandingkan kualitas sambungan las yang dihasilkan oleh SMAW dan GMAW pada baja stainless steel 304. Karena penelitian ini didasarkan pada data eksperimental yang objektif dan standar, kesimpulan yang dihasilkan dapat memberikan rekomendasi yang valid dan berlaku untuk industri untuk memilih metode pengelasan optimal sesuai dengan kebutuhan dan kondisi kerja yang ada.

1. Prinsip Kerja Shielded Metal Arc Welding (SMAW)

- a) Pada metode SMAW, pengelasan dilakukan dengan menggunakan elektroda las yang dilapisi fluks. Ketika elektroda dihubungkan dengan sumber arus listrik yang menyentuh material yang akan di las. Busur listrik terbentuk antara elektroda dan logam dasar.

- b) Busur listrik menghasilkan panas yang cukup tinggi untuk melelehkan ujung elektroda dan logam dasar di sekitarnya.
- c) Material yang meleleh dari elektroda berfungsi sebagai pengisi untuk membentuk sambungan las. Fluks yang melapisi elektroda juga meleleh dan membentuk gas pelindung serta slag (sisa pengelasan) yang melindungi area las dari oksidasi dan kontaminasi.
- d) Setelah proses pengelasan selesai, area las mendingin dan membentuk sambungan yang kuat antara dua bagian logam.

2. Prinsip Kerja Gas Metal Arc Welding (GMAW)

- a) Pada metode GMAW, pengelasan dilakukan dengan menggunakan kawat las yang berfungsi sebagai elektroda. Kawat ini secara otomatis ditarik dari gulungan dan disuplai ke area las.
- b) Gas inert (seperti argon atau campuran argon dan CO_2) disuplai ke area las melalui nozzle. Gas ini melindungi area las dari kontaminasi udara dan oksidasi selama proses pengelasan.
- c) Ketika busur listrik terbentuk antara kawat las dan logam dasar, panas yang dihasilkan melelehkan kawat las dan logam dasar di sekitarnya. Kawat las yang meleleh berfungsi sebagai pengisi untuk membentuk sambungan las.
- d) Setelah proses pengelasan selesai, area las mendingin dan membentuk sambungan yang kuat.

2.6 Uji Kualitas

1. Uji Tarik

Pengujian tarik menggunakan mesin yang mengarahkan bahan menjauh dari titik tengah untuk memberikan gaya tarik yang berlawanan. Uji tarik dengan standar ASTM E8 (A. ASTM, 2009). Hasil pertama uji tarik adalah tegangan tarik, yang merupakan perbandingan antara beban maksimum bahan yang diuji dengan luas penampangnya. Rumus berikut dapat digunakan untuk menghitung tegangan tarik :

$$\sigma_{Max} = \frac{P_{max}}{\text{Lebar} \times \text{Tebal}}$$

Hasil pertama uji tarik adalah tegangan tarik, yang merupakan perbandingan antara beban maksimum bahan yang diuji dengan luas penampangnya. Rumus berikut dapat digunakan untuk menghitung tegangan-tegangan tarik adalah hasil uji tarik yang kedua. Ini dapat digambarkan sebagai perbandingan antara panjang awal dan panjang pertambahan suatu material. Menurut (Sastranegara, 2009) regangan tarik dapat dihitung dengan persamaan berikut:

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

$$e = \frac{L_f - L_0}{L_0} \times 100\%$$

Simbol dijelaskan sebagai berikut: e adalah regangan (%), ΔL adalah perbedaan antara panjang awal gage (mm) dan panjang setelah patah (mm), L_f adalah panjang setelah patah (mm), dan L_o adalah panjang awal gage (mm). Modulus elastisitas, juga dikenal sebagai modulus muda, adalah nilai yang dihitung untuk mengetahui seberapa tahan suatu material untuk mengalami deformasi setelah diberi gaya. (E. ASTM, 2017)

2. Uji Kekerasan

Ketahanan suatu bahan terhadap penetrasi eksternal permukaannya disebut kekerasan. Identifikasi Kekerasan adalah pengukuran yang digunakan untuk menguji logam yang sering menggunakan kekerasan lekukan, juga dikenal sebagai kekerasan identifikasi. Pengukuran ini didasarkan pada kedalaman atau lebar goresan yang dibuat oleh suatu indentor pada permukaan logam dengan beban tertentu. Teknik pengukuran dengan indantasi banyak digunakan karena mudah dan tidak merusak spesimen berlebihan. (KHAQIQI, 2019)

Pengujian kekerasan Rockwell adalah salah satu metode pengukuran kekerasan dengan indentasi yang umum digunakan ditetapkan oleh ASTM Standar E-18, pengujian kekerasan Brinell sesuai dengan ASTM Standar E-10, dan pengujian kekerasan Vickers sesuai dengan ASTM Standar E-29. Metode Rockwell menguji kekerasan dengan menekan benda uji dengan penetrator yang terdiri dari bola baja, intan, dan bahan lainnya. (KHAQIQI, 2019)

2.7 Penelitian Terdahulu

1. Haura Muthia Munawar, dkk, dalam penelitiannya yang dilakukan tentang Pengaruh Jenis Elektroda Las Smaw Terhadap Sifat Mekanik Dan Struktur Micro mengemukakan bahwa Proses pengelasan memiliki kekuatan tarik tertinggi sebesar 530N/mm² dan kekuatan tarik terendah sebesar 338N/mm². Untuk regangan, elektroda E6013 3,2 mm memiliki beban tarik maksimal yaitu 43kN, dan elektroda 2,6 mm memiliki beban tarik terendah yaitu 24kN. (Munawar et al., 2023)
2. Rinto Handoyo, dalam penelitiannya yang dilakukan tentang Pengaruh Arus Listrik Pengelasan Smaw Arus Dc Terhadap Tegangan Tarik, Kekerasan, Struktur Mikro Pada Stainless Steel 201 mengemukakan bahwa hasil uji tarik menunjukkan bahwa pengelasan arus 100 A menghasilkan yield stress paling tinggi, 473.294 MPa, karena struktur mikro karbida kromnya yang lebih besar dibandingkan dengan uji tarik arus 60 A dan 80 A. Uji tarik arus 60 A menghasilkan tegangan tarik paling rendah, 405.389 MPa, dan tegangan tarik paling tinggi, 518.526 MPa, dengan kekerasan yang patuh yang paling tinggi. Karena lebih banyak struktur mikrokarbida krom, yang menghasilkan sifat karbida krom yang keras, kekerasan daerah las tertinggi adalah 98,3 HRB ketika dielas dengan arus 100 A. Kekerasan daerah las terendah adalah 91,3 HRB ketika mengelas dengan arus 60 A. (HANDOYO, 2020)
3. Muamar Khaqiqi, dalam penelitiannya tentang Pengaruh Preheat Pada Pipa Baja Karbonaisi 1018 Terhadap Nilai Uji Tarik, Uji Kekerasan Dan Struktur

Mikro Dengan Pengelasan Smaw (Shielded Metal Arc Welding) mengemukakan bahwa Kekuatan tarik pengelasan dipengaruhi oleh panas. Spesimen tanpa panas memiliki nilai kekuatan tarik tertinggi 489,86 MPa, tetapi setelah dipanaskan menjadi 300 °C hingga 450 °C cukup stabil. Kekuatan tarik yang paling rendah adalah 354,99 MPa pada spesimen yang dipanaskan pada 450 °C, yang mengalami penurunan karena adanya perubahan material. (KHAQIQI, 2019)