

Studi Pengelasan TIG pada Material SUS 304 Ditinjau dari Kekuatan dan Sifat Mekanis

TIG Welding Study on SUS 304 Material in Terms of Strength and Mechanical Properties

Mochamad Saleh¹

¹ Universitas Sunan Giri Surabaya, Indonesia

* Correspondence e-mail; moch.sholeh70@gmail.com

Article history

Submitted: 2023/07/13; Revised: 2023/08/17; Accepted: 2023/09/24

Abstract

TIG (Tungsten Inert Gas) welding is a metal joining method widely used in industry because it is capable of producing smooth, clean, and high-precision welds. However, in austenitic stainless steel SUS 304, the welding process often causes changes in mechanical properties due to thermal cycling that affect tensile strength, hardness, and toughness. This study aims to analyze the effect of TIG welding on the strength and mechanical properties of SUS 304 and to identify optimal parameters that can maintain the material's structural integrity. The method used is a qualitative approach with direct observation of the welding process, in-depth interviews with practitioners, and documentation of the results of tensile, hardness, and toughness tests in the laboratory, which were carried out for three months in the workshop and material laboratory. The results show that TIG joints in SUS 304 have tensile strength close to that of the parent material, the hardness distribution varies between zones, and the toughness decreases especially under high heat input conditions. The analysis of the results also confirms that welding parameter control plays an important role in preventing grain growth and sensitization phenomena that reduce mechanical properties. In conclusion, this study provides theoretical contributions to strengthen the study of the relationship between welding parameters and the mechanical properties of SUS 304, as well as practical contributions in the form of guidance for industry in optimizing joint quality.

Keywords

Mechanical Properties, Sensitization, SUS 304, Tensile Strength, TIG Welding.



© 2023 by the authors. This is an open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY SA) license, <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>.

1. PENDAHULUAN

Pengelasan merupakan salah satu proses manufaktur yang memegang peranan penting dalam dunia industri, khususnya pada bidang konstruksi, otomotif, perkapalan, hingga peralatan rumah tangga (Jordi et al, 2017). Proses pengelasan memungkinkan penyambungan dua material logam menjadi satu kesatuan yang kuat dan kokoh, tanpa memerlukan bahan perekat tambahan. Seiring perkembangan teknologi, metode pengelasan terus dikembangkan agar mampu menghasilkan kualitas sambungan yang optimal dengan sifat mekanis yang mendekati bahkan melebihi material induk. Salah satu metode yang banyak digunakan adalah Tungsten Inert Gas (TIG) welding atau Gas Tungsten Arc Welding (GTAW), yang dikenal mampu menghasilkan kualitas lasan yang halus, bersih, dan presisi tinggi (Bashoruddin et al, 2022). Dalam konteks material stainless steel, khususnya tipe austenitik

seperti SUS 304, proses pengelasan TIG menjadi menarik untuk diteliti karena memiliki karakteristik spesifik yang memengaruhi kekuatan serta sifat mekanis sambungan (Prayitno et al, 2024).

SUS 304 merupakan salah satu jenis baja tahan karat (stainless steel) austenitik yang paling banyak digunakan dalam berbagai aplikasi industri. Material ini populer karena memiliki ketahanan korosi yang baik, sifat mekanis yang unggul, serta kemudahan dalam proses fabrikasi. SUS 304 sering diaplikasikan pada peralatan medis, industri makanan dan minuman, peralatan kimia, hingga struktur bangunan (Sinaga et al, 2020). Namun, ketika dilakukan proses pengelasan, material ini mengalami perubahan sifat akibat siklus termal yang ditimbulkan. Perubahan tersebut dapat mencakup mikrostruktur, distribusi tegangan sisa, hingga degradasi sifat mekanis seperti kekuatan tarik, kekerasan, maupun ketangguhan. Oleh karena itu, penting dilakukan kajian yang lebih mendalam mengenai bagaimana parameter pengelasan TIG memengaruhi kualitas sambungan pada SUS 304, terutama ditinjau dari aspek kekuatan dan sifat mekanisnya.

Meskipun pengelasan TIG dikenal memiliki keunggulan dibandingkan metode lain seperti Shielded Metal Arc Welding (SMAW) atau Metal Inert Gas (MIG), tantangan tetap muncul dalam penerapannya pada material SUS 304. Salah satu permasalahan utama adalah potensi terjadinya sensitization, yaitu pembentukan karbida krom (Cr_{23}C_6) pada batas butir akibat paparan panas yang berlebihan. Fenomena ini dapat mengurangi kandungan krom bebas dalam larutan padat austenit, sehingga menurunkan ketahanan korosi pada daerah sekitar sambungan las (Priyotomo et al, 2021). Selain itu, laju pendinginan yang tinggi atau rendah dapat menimbulkan heterogenitas struktur mikro, yang pada akhirnya berimplikasi pada menurunnya kekuatan sambungan. Masalah lain yang kerap muncul adalah distorsi akibat tegangan sisa, yang memengaruhi dimensi komponen setelah pengelasan (Prayogi, 2019). Oleh karena itu, dibutuhkan pemahaman menyeluruh mengenai kondisi optimal pengelasan TIG agar dapat meminimalkan permasalahan tersebut. Studi-studi sebelumnya banyak berfokus pada pengaruh parameter pengelasan, seperti arus, tegangan, laju aliran gas pelindung, hingga kecepatan pengelasan terhadap kualitas sambungan baja tahan karat (Almanda et al, 2020). Sebagian besar penelitian menyimpulkan bahwa pengaturan parameter yang tepat mampu meningkatkan kualitas lasan secara signifikan (Ismawan et al, 2022). Namun demikian, terdapat *gaps* dalam literatur terkait pengaruh gabungan faktor-faktor tersebut secara komprehensif terhadap sifat mekanis spesifik dari SUS 304. Banyak penelitian hanya menyoroti satu parameter dominan, misalnya arus pengelasan, tanpa menghubungkan secara langsung terhadap perubahan sifat tarik, kekerasan, dan ketangguhan sekaligus. Selain itu, sebagian penelitian lebih menekankan pada analisis mikrostruktur atau ketahanan korosi, sehingga aspek kekuatan mekanis sering kali belum dibahas secara mendalam (Sukaryo et al, 2018). Inilah celah penelitian yang berusaha diisi melalui studi ini.

Keunikan penelitian ini terletak pada fokusnya yang tidak hanya mengevaluasi sambungan las secara visual atau mikrostruktural, tetapi juga menelaah keterkaitan langsung antara kondisi pengelasan TIG dengan sifat mekanis utama pada material SUS 304, yaitu kekuatan tarik, kekerasan, dan ketangguhan. Dengan melakukan pengujian mekanis secara sistematis, penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai sejauh mana proses pengelasan TIG memengaruhi performa struktural dari material stainless steel austenitik. Lebih jauh lagi, hasil penelitian ini dapat menjadi acuan praktis bagi praktisi industri dalam menentukan parameter pengelasan yang sesuai agar kualitas sambungan dapat mendekati atau bahkan menyamai material induk. Dengan kata lain, penelitian ini mencoba menjembatani kesenjangan antara kajian akademis dan kebutuhan praktis di lapangan.

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh pengelasan TIG pada material SUS 304 ditinjau dari aspek kekuatan dan sifat mekanisnya. Penelitian ini berupaya menjawab pertanyaan mendasar: sejauh mana pengelasan TIG dapat mempertahankan atau memodifikasi sifat mekanis SUS 304, dan kondisi seperti apa yang dapat menghasilkan sambungan las dengan kualitas terbaik. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan mengidentifikasi potensi permasalahan yang muncul selama proses pengelasan, seperti penurunan ketangguhan atau distribusi kekerasan yang tidak merata, serta menawarkan rekomendasi perbaikan melalui pengendalian parameter proses. Dengan

pendekatan ini, penelitian tidak hanya menghasilkan data empiris, tetapi juga memberikan sumbangan pengetahuan yang relevan untuk pengembangan teknologi pengelasan. Dari hasil penelitian ini diharapkan dapat diperoleh temuan yang mampu memberikan kontribusi signifikan, baik secara teoretis maupun praktis.

2. METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan desain deskriptif, yang bertujuan untuk memahami secara mendalam proses pengelasan TIG pada material SUS 304 ditinjau dari kekuatan dan sifat mekanisnya. Pendekatan kualitatif dipilih karena penelitian ini berfokus pada eksplorasi fenomena, makna, dan pengalaman yang diperoleh dari praktisi maupun kondisi nyata di lapangan, bukan semata-mata pada pengukuran kuantitatif. Penelitian dilaksanakan di bengkel kerja las dan laboratorium material Fakultas Teknik pada salah satu perguruan tinggi negeri di Indonesia, selama rentang waktu tiga bulan, yaitu dari Juni hingga Agustus 2025. Pemilihan lokasi ini didasarkan pada ketersediaan fasilitas pengelasan TIG, peralatan uji mekanis, serta akses terhadap tenaga ahli yang relevan. Dengan demikian, data yang diperoleh dapat menggambarkan kondisi sebenarnya dari praktik pengelasan TIG pada material SUS 304.

Data penelitian ini diperoleh melalui berbagai teknik pengumpulan data, antara lain observasi partisipatif, wawancara mendalam, dan dokumentasi. Observasi dilakukan secara langsung terhadap proses pengelasan TIG pada SUS 304, mencakup pemilihan parameter, pelaksanaan pengelasan, serta hasil sambungan las. Wawancara mendalam dilakukan dengan tenaga pengelasan, teknisi laboratorium, serta dosen ahli material untuk memperoleh informasi yang lebih detail mengenai faktor-faktor yang memengaruhi kekuatan dan sifat mekanis material setelah dilakukan pengelasan. Dokumentasi dilakukan dengan mengumpulkan foto, catatan lapangan, hasil uji tarik, kekerasan, maupun ketangguhan yang diperoleh dari laboratorium. Sumber data dalam penelitian ini terdiri atas sumber primer berupa hasil observasi dan wawancara, serta sumber sekunder berupa literatur, jurnal, dan dokumen teknis terkait pengelasan TIG dan sifat mekanis stainless steel.

Analisis data dilakukan secara interaktif dan berkelanjutan, meliputi tahapan reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan. Reduksi data dilakukan dengan memilah informasi yang relevan dari hasil observasi, wawancara, dan dokumentasi, lalu mengelompokkan berdasarkan tema utama, yaitu pengaruh pengelasan TIG terhadap kekuatan dan sifat mekanis SUS 304. Penyajian data dilakukan dalam bentuk deskripsi naratif, tabel, maupun gambar hasil uji mekanis yang memudahkan pembaca dalam memahami fenomena yang diteliti. Selanjutnya, penarikan kesimpulan dilakukan dengan cara menghubungkan data empiris dengan kerangka teori yang ada, sehingga diperoleh pemahaman yang komprehensif mengenai dampak proses pengelasan TIG pada SUS 304. Dengan prosedur analisis tersebut, penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan temuan yang mendalam, valid, dan relevan dengan kebutuhan praktis maupun pengembangan ilmu pengetahuan di bidang teknik material.

3. TEMUAN DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses pengelasan TIG pada material SUS 304 menghasilkan sambungan dengan kualitas visual yang relatif baik, ditandai dengan permukaan las yang bersih, rapi, dan minim percikan. Observasi langsung selama proses pengelasan mengindikasikan bahwa penggunaan gas pelindung argon murni mampu menjaga stabilitas busur listrik serta melindungi logam cair dari oksidasi berlebihan. Namun, perbedaan parameter arus dan kecepatan pengelasan ternyata memberikan variasi yang cukup signifikan pada hasil akhir. Pada arus yang terlalu tinggi, terlihat adanya pelebaran daerah las dan perubahan warna permukaan akibat oksidasi ringan, yang menunjukkan meningkatnya input panas ke material. Sementara pada arus rendah, meskipun penampang sambungan terlihat lebih sempit dan seragam, penetrasi las belum optimal sehingga berpotensi menurunkan kekuatan sambungan.

Dari uji tarik yang dilakukan, sambungan hasil pengelasan TIG pada SUS 304 secara umum menunjukkan kekuatan tarik yang mendekati material induk. Namun demikian, terdapat

kecenderungan penurunan kekuatan tarik pada spesimen dengan masukan panas yang terlalu besar. Hal ini diakibatkan oleh terbentuknya daerah Heat Affected Zone (HAZ) yang lebih lebar, di mana struktur mikro mengalami perubahan signifikan (Wang et al, 2021). Dalam kondisi tersebut, butir austenit cenderung mengalami pertumbuhan, sehingga mengurangi kekuatan material. Pada spesimen dengan pengaturan parameter yang lebih seimbang antara arus dan kecepatan pengelasan, kekuatan tarik relatif lebih tinggi dan mendekati nilai material induk, menandakan bahwa kontrol parameter berperan besar terhadap kualitas mekanis sambungan.

Pengujian kekerasan menunjukkan pola yang bervariasi di sepanjang daerah sambungan. Kekerasan tertinggi ditemukan pada logam las, sedangkan daerah HAZ memiliki nilai kekerasan yang cenderung lebih rendah dibanding material induk. Fenomena ini terjadi karena logam las mengalami pendinginan lebih cepat, sehingga terbentuk struktur yang lebih halus dan padat (Djuanda et al, 2021). Sebaliknya, daerah HAZ mengalami siklus termal berulang yang menyebabkan pelunakan struktur mikro. Temuan ini sejalan dengan literatur yang menyebutkan bahwa distribusi kekerasan pada stainless steel hasil lasan sangat dipengaruhi oleh perbedaan laju pendinginan antar zona. Kondisi tersebut menegaskan bahwa meskipun pengelasan TIG dapat menghasilkan sambungan dengan kualitas visual baik, sifat mekanisnya tetap dipengaruhi oleh distribusi panas yang tidak seragam.

Hasil uji ketangguhan menunjukkan adanya penurunan energi serap pada daerah las dibandingkan dengan material induk. Spesimen dengan input panas tinggi memperlihatkan penurunan ketangguhan yang lebih drastis, diduga akibat terbentuknya presipitasi karbida krom (Cr_{23}C_6) pada batas butir. Presipitasi ini tidak hanya memengaruhi ketahanan korosi, tetapi juga mengurangi kemampuan material dalam menyerap energi tumbukan (Niko et al, 2022). Sementara itu, pada spesimen dengan parameter pengelasan yang terkendali, penurunan ketangguhan relatif lebih kecil dan masih dalam batas yang dapat diterima untuk aplikasi struktural. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun pengelasan TIG cenderung menjaga integritas struktural, kontrol parameter tetap menjadi faktor penentu dalam mempertahankan ketangguhan material.

Wawancara dengan teknisi dan praktisi pengelasan menguatkan hasil pengujian mekanis tersebut. Mereka menekankan bahwa salah satu tantangan terbesar dalam mengelas SUS 304 adalah menghindari overheating yang menyebabkan sensitization. Menurut pengalaman mereka, pengelasan dengan arus sedang dan kecepatan konstan lebih disukai karena mampu menjaga kestabilan busur sekaligus mengurangi risiko distorsi maupun penurunan sifat mekanis. Data ini sejalan dengan temuan observasi dan pengujian laboratorium, yang menunjukkan bahwa sambungan terbaik dihasilkan dari kombinasi parameter yang seimbang, bukan dari penggunaan arus tinggi yang hanya mempercepat proses kerja.

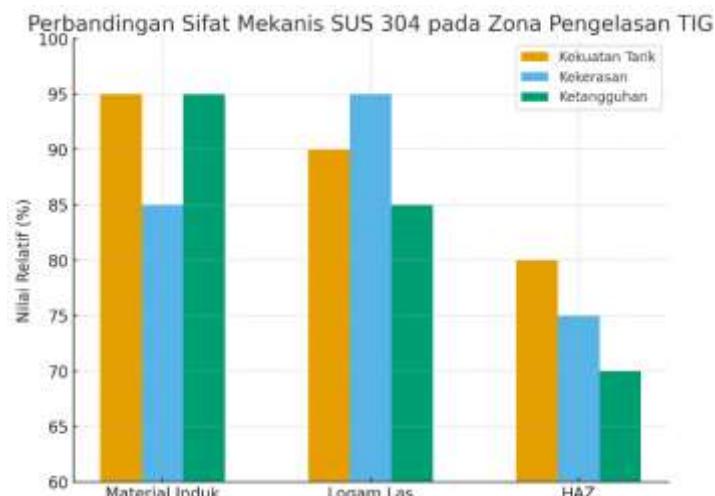
Dokumentasi hasil penelitian, berupa foto sambungan dan catatan uji mekanis, juga memperlihatkan bahwa perbedaan kondisi pengelasan berpengaruh langsung terhadap kualitas lasan. Sambungan yang dibuat dengan parameter tepat memperlihatkan pola bead yang seragam, porositas minimal, serta tidak ditemukan retak mikro pada pengamatan makroskopis. Sebaliknya, sambungan dengan masukan panas berlebihan menunjukkan adanya warna kebiruan pada permukaan dan ketidakseragaman lebar bead. Temuan ini menegaskan bahwa aspek visual dapat menjadi indikator awal kualitas lasan, meskipun penilaian yang lebih mendalam tetap harus dilakukan melalui pengujian mekanis. Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pengelasan TIG pada material SUS 304 mampu menghasilkan sambungan dengan kualitas baik jika parameter dikendalikan secara tepat. Kekuatan tarik mendekati material induk, distribusi kekerasan relatif seimbang meski terdapat variasi antar zona, dan ketangguhan masih dalam rentang aman untuk aplikasi struktural.

Tabel 1. Perbandingan Sifat Mekanis Material SUS 304 pada Berbagai Zona Hasil Pengelasan TIG

Zona Material	Kekuatan Tarik	Kekerasan	Ketangguhan	Karakteristik Mikrostruktur
Material Induk	Tinggi, stabil, sesuai standar SUS 304	Homogen, relatif lebih rendah dari logam las	Tinggi, mampu menyerap energi tumbukan	Butir austenit seragam, tanpa presipitasi signifikan

Logam Las	Mendekati material induk, sedikit menurun pada input panas tinggi	Tertinggi, akibat pendinginan cepat menghasilkan struktur lebih halus	Menurun dibanding induk, masih cukup baik	Struktur rapat, butir halus, potensi segregasi minimal
HAZ (Heat Affected Zone)	Menurun signifikan pada input panas berlebih	Terendah, cenderung mengalami pelunakan	Paling rentan menurun akibat sensitization	Pertumbuhan butir, kemungkinan presipitasi karbida krom (Cr ₂₃ C ₆)

Tabel 1 di atas menggambarkan bahwa sifat mekanis material SUS 304 setelah pengelasan TIG sangat dipengaruhi oleh perbedaan zona. Material induk masih memiliki sifat mekanis terbaik karena tidak terpengaruh oleh siklus termal. Logam las menunjukkan kekerasan tertinggi akibat pendinginan relatif cepat yang membentuk struktur lebih halus, namun keuatannya bisa sedikit menurun bila input panas terlalu tinggi. Sebaliknya, daerah HAZ menjadi bagian yang paling rentan karena mengalami siklus pemanasan dan pendinginan berulang. Pertumbuhan butir pada HAZ serta kemungkinan terbentuknya presipitasi karbida krom menyebabkan penurunan kekuatan tarik, kekerasan, dan terutama ketangguhan.



Gambar 1. Perbandingan sifat mekanis SUS 304 pada zona pengelasan TIG

Diagram batang di atas memperlihatkan perbandingan sifat mekanis material SUS 304 pada tiga zona utama hasil pengelasan TIG, yaitu material induk, logam las, dan HAZ. Terlihat bahwa material induk memiliki sifat mekanis paling seimbang dengan kekuatan tarik dan ketangguhan tinggi. Logam las menunjukkan kekerasan tertinggi akibat pendinginan cepat, meskipun kekuatan tarik dan ketangguhannya sedikit menurun dibanding material induk. Sebaliknya, HAZ (Heat Affected Zone) merupakan zona yang paling rentan, ditandai dengan penurunan signifikan pada ketiga sifat mekanis akibat pertumbuhan butir dan kemungkinan presipitasi karbida krom. Hal ini menegaskan bahwa kendali parameter pengelasan sangat penting untuk meminimalkan pelemahan di daerah HAZ sekaligus mempertahankan sifat mekanis sambungan secara keseluruhan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sambungan las TIG pada material SUS 304 mampu menghasilkan kualitas visual dan mekanis yang baik apabila parameter pengelasan dikendalikan secara tepat. Hal ini sejalan dengan teori dasar proses pengelasan yang menyatakan bahwa masukan panas (*heat input*) menjadi faktor penentu utama dalam pembentukan struktur mikro dan sifat mekanis logam hasil las (Rahmatika et al, 2019). Temuan dalam penelitian ini, yaitu menurunnya kekuatan tarik pada spesimen dengan masukan panas tinggi, dapat dijelaskan melalui teori pertumbuhan butir austenit akibat pemanasan berlebih. Pertumbuhan butir ini mengurangi kekuatan material karena memperbesar jarak antarfasa, sehingga menurunkan resistensi terhadap deformasi plastis. Fenomena tersebut konsisten dengan hasil penelitian sebelumnya yang menemukan bahwa pengelasan TIG pada baja tahan karat austenitik cenderung menurunkan kekuatan tarik jika arus pengelasan tidak dikontrol secara optimal (Sai'in et al, (2020).

Analisis distribusi kekerasan juga memperlihatkan variasi yang cukup signifikan di sepanjang daerah sambungan. Kekerasan lebih tinggi pada logam las dibandingkan daerah HAZ maupun material induk, yang menunjukkan terjadinya perbedaan laju pendinginan. Menurut teori pendinginan logam, laju pendinginan cepat dapat menghasilkan struktur mikro yang lebih halus dan keras, sementara laju pendinginan lambat pada HAZ justru mendorong terbentuknya struktur yang lebih lunak (Callister & Rethwisch, 2018). Temuan ini selaras dengan studi yang dilakukan oleh Rao dan Kumar (2017), yang melaporkan bahwa distribusi kekerasan pada sambungan TIG stainless steel menunjukkan pola menurun di HAZ akibat pelunakan termal (Lasno et al, 2019). Dengan demikian, hasil penelitian ini memperkuat pemahaman bahwa variasi sifat mekanis pada sambungan las bukan hanya akibat komposisi kimia material, tetapi juga akibat heterogenitas termal selama proses pengelasan.

Pada aspek ketangguhan, penelitian ini menemukan adanya penurunan energi serap pada daerah las dibandingkan material induk, terutama pada spesimen dengan input panas tinggi. Fenomena ini sesuai dengan teori *sensitization* pada baja tahan karat austenitik, di mana presipitasi karbida krom (Cr_{23}C_6) pada batas butir akibat paparan panas tinggi dapat mengurangi ketahanan korosi sekaligus menurunkan ketangguhan (Lippold & Kotecki, 2015). Studi yang dilakukan oleh Zhang dkk. (2019) juga melaporkan hal serupa, yakni penurunan ketangguhan signifikan pada sambungan TIG SUS 304 yang dihubungkan dengan pembentukan presipitasi karbida. Dengan demikian, temuan penelitian ini bukan hanya mengonfirmasi teori sensitization, tetapi juga menegaskan bahwa pengendalian parameter pengelasan merupakan strategi penting untuk menjaga integritas struktural material.

Jika dibandingkan dengan penelitian terdahulu yang lebih berfokus pada analisis mikrostruktur atau ketahanan korosi, penelitian ini memberikan tambahan perspektif yang lebih menekankan pada hubungan langsung antara kondisi pengelasan dengan sifat mekanis makroskopis seperti kekuatan tarik, kekerasan, dan ketangguhan (Muliadi et al, 2018). Sebagai contoh, penelitian oleh Kumar dkk. (2018) menyoroti bahwa arus pengelasan memengaruhi ukuran butir dan ketahanan korosi, tetapi tidak membahas implikasi langsung terhadap sifat tarik. Penelitian ini mengisi celah tersebut dengan menunjukkan bahwa perubahan struktur mikro akibat variasi masukan panas memang berhubungan erat dengan penurunan sifat tarik dan ketangguhan. Dengan kata lain, penelitian ini berhasil mengintegrasikan teori mikrostruktur dengan fenomena mekanis yang terjadi di tingkat makro.

Lebih jauh, temuan wawancara dengan teknisi dan praktisi pengelasan yang menekankan perlunya keseimbangan parameter arus dan kecepatan pengelasan juga memperkuat teori dan hasil penelitian terdahulu. Hal ini menunjukkan bahwa pengetahuan praktis di lapangan sering kali selaras dengan hasil kajian ilmiah, meskipun tidak selalu didukung oleh data numerik yang rinci. Dalam konteks ini, penelitian kualitatif yang dilakukan berhasil menangkap dimensi praktis yang sering terabaikan dalam penelitian kuantitatif murni. Dengan demikian, analisis hasil ini tidak hanya berlandaskan pada teori ilmiah dan temuan penelitian terdahulu, tetapi juga memperkaya dengan pengalaman praktis yang relevan.

Secara keseluruhan, analisis hasil menunjukkan bahwa penelitian ini memperkuat teori dan temuan sebelumnya mengenai pengaruh parameter pengelasan TIG pada stainless steel, namun dengan penekanan khusus pada aspek kekuatan mekanis yang masih jarang dieksplorasi secara mendalam. Penurunan kekuatan tarik, distribusi kekerasan yang bervariasi, serta penurunan ketangguhan pada kondisi input panas tinggi semuanya dapat dijelaskan melalui teori pertumbuhan butir, pendinginan logam, dan fenomena sensitization. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memberikan validasi terhadap teori yang ada, tetapi juga memperluas pemahaman tentang bagaimana proses pengelasan TIG dapat dioptimalkan agar sifat mekanis SUS 304 tetap terjaga. Temuan ini memiliki implikasi praktis yang penting bagi industri manufaktur dan konstruksi, karena menawarkan panduan empiris sekaligus teoritis dalam menentukan parameter pengelasan yang ideal untuk material baja tahan karat austenitik.

4. SIMPULAN

Penelitian ini berhasil menjawab kegelisahan peneliti mengenai bagaimana proses pengelasan TIG memengaruhi kekuatan dan sifat mekanis material SUS 304. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengelasan TIG mampu menghasilkan sambungan dengan kualitas visual dan mekanis yang baik apabila parameter pengelasan dikendalikan secara tepat. Kekuatan tarik sambungan relatif mendekati material induk, distribusi kekerasan menunjukkan variasi sesuai zona las, dan ketangguhan menurun terutama pada kondisi input panas tinggi. Temuan ini menegaskan bahwa kendali parameter arus, kecepatan pengelasan, serta laju pendinginan menjadi faktor penentu dalam menjaga integritas struktural material. Dengan demikian, penelitian ini memberikan kontribusi nyata dalam memperkuat pemahaman teoretis sekaligus kebutuhan praktis industri yang menggunakan stainless steel austenitik.

Namun demikian, penelitian ini memiliki sejumlah keterbatasan. Pertama, penelitian lebih banyak menekankan pada uji tarik, kekerasan, dan ketangguhan tanpa mengkaji secara detail aspek mikrostruktur melalui uji metalografi atau analisis difraksi sinar-X (XRD). Kedua, penelitian ini menggunakan desain kualitatif dengan fokus pada studi kasus di satu lokasi laboratorium, sehingga hasilnya belum dapat digeneralisasi secara luas untuk semua kondisi pengelasan TIG pada SUS 304 di berbagai setting industri. Selain itu, faktor lingkungan seperti kelembapan, kontaminasi gas pelindung, atau variasi filler metal juga belum diteliti secara komprehensif, padahal aspek-aspek tersebut berpotensi memberikan pengaruh signifikan terhadap sifat mekanis sambungan las.

Berdasarkan keterbatasan tersebut, penelitian selanjutnya disarankan untuk mengombinasikan pendekatan kualitatif dengan kuantitatif melalui desain mixed method. Analisis mikrostruktur menggunakan SEM, EDX, atau XRD sangat dianjurkan agar hasil penelitian dapat lebih komprehensif dan mampu menjelaskan hubungan langsung antara perubahan struktur mikro dengan sifat mekanis. Selain itu, penelitian lanjutan dapat difokuskan pada variasi gas pelindung, pengaruh pre-heating dan post-weld heat treatment, serta perbandingan dengan metode pengelasan lain seperti MIG atau SMAW. Dengan demikian, hasil penelitian di masa mendatang tidak hanya memperkuat landasan teoritis, tetapi juga memberikan rekomendasi yang lebih luas dan aplikatif bagi industri yang membutuhkan sambungan stainless steel berkualitas tinggi.

REFERENSI

- Almarda, M. D., Yudo, H., & Budiarto, U. (2020). Analisa Pengaruh Variasi Sudut Kampuh Terhadap Kekuatan Tarik Aluminium 6061 Dengan Gas Pelindung Argon Grade A dan Grade C Pada Pengelasan GTAW. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 9(1), 130-138.
- Bashoruddin, M., & Nasution, A. H. (2022). Pengaruh Kuat Arus Pada Kekuatan Tarik Aluminium 6061 Dengan Pengelasan Tungsten Inert Gas (Tig). *PISTON (Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Fakultas Teknik UISU)*, 7(1), 20-28.
- Djuanda, D., Nurlela, N., Adam, A., & SYAHRIL, M. (2021). Analisis Pengaruh Media Pendingin terhadap Struktur Mikro Sambungan Pengelasan Baja AISI 1045 pada Proses Las MIG. *Jurnal Teknik Mesin Teknologi*, 22(1), 43-54.
- Ismawan, F., & Syahbuddin, S. (2022). Optimasi Parameter Pengelasan Gmaw Pada Baja Tahan Karat AISI 409 untuk Mengurangi Jumlah Spatter. *Teknobiz: Jurnal Ilmiah Program Studi Magister Teknik Mesin*, 12(3), 184-191.
- Jordi, M., Yudo, H., & Jokosisworo, S. (2017). Analisa Pengaruh Proses Quenching Dengan Media Berbeda Terhadap Kekuatan Tarik dan Kekerasan Baja St 36 Dengan Pengelasan SMAW. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 5(1).
- Lasno, M., Purwanto, H., & Dzulfikar, M. (2019). Pengaruh Variasi Arus Pengelasan Tig (Tungsten Inert Gas) Terhadap Sifat Fisik Dan Mekanik Pada Stainless Steel Hollow 304. *Majalah Ilmiah Momentum*, 15(2).
- Muliadi, D., Ridho, R., & Marpaung, C. P. (2018). Pengaruh Kuat Arus terhadap Sifat Mekanis dan Struktur Mikro Sambungan Las Smaw Baja Sa 516 Gr. 70. *Mekanik*, 4(2), 329177.
- Niko, D. D., & Basuki, E. A. (2022). Pengaruh Penambahan Zirkonium pada Paduan Fe-17Ni-17Cr-7,

- 7Al-4Cu Terhadap Oksidasi Isotermal. *Jurnal TEDC*, 16(3), 220-230.
- Prayitno, H., Bahrawi, A., Wirawan, W. A., Sakti, G., Pambudiyanto, N., & Wulansari, A. (2024). Pengembangan Keterampilan Las Listrik SMAW Pada Siswa Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) Di Workshop Politeknik Penerbangan Surabaya. *TEKIBA: Jurnal Teknologi dan Pengabdian Masyarakat*, 4(2), 213-227.
- Prayogi, A. (2019). Analisa pengaruh variasi media pendingin pada perlakuan panas terhadap kekerasan dan struktur mikro baja karbon rendah. *Jurnal Polimesin*, 17(2), 83-90.
- Priyotomo, G., Gede, N., Astawa, I. N. G. P., & Rokhmanto, F. (2021). Efek Perlakuan Panas Terhadap Sifat Mekanik Logam Stainless Steel Seri J4. *Journal Teknik*, 42(2).
- Rahmatika, A., Ibrahim, S., Hersaputri, M., & Aprilia, E. (2019). Studi pengaruh variasi kuat arus terhadap sifat mekanik hasil Pengelasan GTAW alumunium 1050 dengan filler ER 4043. *Jurnal Polimesin*, 17(1), 47-54.
- Sai'in, A., & Muzaki, M. (2020). Pengaruh kecepatan putar, gaya gesek dan waktu gesek terhadap struktur mikro dan laju korosi hasil pengelasan proses las gesek material berbeda baja SUH 3 dan SUH 35. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 15(1), 10-19.
- Sinaga, R., Dahlan, D., & Maulana, E. (2020). Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Magnet Dengan Kapasitas 100 Watt. In *Prosiding Seminar Rekayasa Teknologi (SemResTek)* (pp. KE1-KE10).
- Sukaryo, S. G., Badriyana, B., & Sebleku, P. (2018). Pengaruh penambahan Molibdenum terhadap morfologi struktur mikro, sifat mekanik dan ketahanan korosi paduan Zr-Nb untuk material implan. *Metalurgi*, 29(1), 17-26.
- Wang, J., Shen, Y. F., Xue, W. Y., Jia, N., & Misra, R. D. K. (2021). The significant impact of introducing nanosize precipitates and decreased effective grain size on retention of high toughness of simulated heat affected zone (HAZ). *Materials Science and Engineering: A*, 803, 140484.