

ISSN (ONLINE) 2598-9936



INDONESIAN JOURNAL OF INNOVATION STUDIES
PUBLISHED BY
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SIDOARJO

Table Of Contents

Journal Cover	1
Author[s] Statement	3
Editorial Team	4
Article information	5
Check this article update (crossmark)	5
Check this article impact	5
Cite this article	5
Title page	6
Article Title	6
Author information	6
Abstract	6
Article content	7

Originality Statement

The author[s] declare that this article is their own work and to the best of their knowledge it contains no materials previously published or written by another person, or substantial proportions of material which have been accepted for the published of any other published materials, except where due acknowledgement is made in the article. Any contribution made to the research by others, with whom author[s] have work, is explicitly acknowledged in the article.

Conflict of Interest Statement

The author[s] declare that this article was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

Copyright Statement

Copyright © Author(s). This article is published under the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) licence. Anyone may reproduce, distribute, translate and create derivative works of this article (for both commercial and non-commercial purposes), subject to full attribution to the original publication and authors. The full terms of this licence may be seen at <http://creativecommons.org/licences/by/4.0/legalcode>

Indonesian Journal of Innovation Studies

Vol. 25 No. 3 (2024): July
DOI: 10.21070/ijins.v25i3.2378

EDITORIAL TEAM

Editor in Chief

Dr. Hindarto, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Managing Editor

Mochammad Tanzil Multazam, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Editors

Fika Megawati, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Mahardika Darmawan Kusuma Wardana, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Wiwit Wahyu Wijayanti, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Farkhod Abdurakhmonov, Silk Road International Tourism University, Uzbekistan

Bobur Sobirov, Samarkand Institute of Economics and Service, Uzbekistan

Evi Rinata, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

M Faisal Amir, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Dr. Hana Catur Wahyuni, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

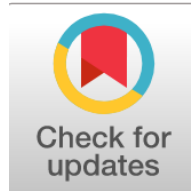
Complete list of editorial team ([link](#))

Complete list of indexing services for this journal ([link](#))

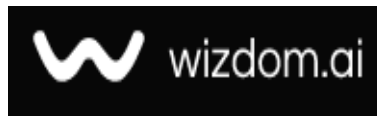
How to submit to this journal ([link](#))

Article information

Check this article update (crossmark)



Check this article impact ^(*)



Save this article to Mendeley



^(*) Time for indexing process is various, depends on indexing database platform

Comparative Analysis of SMAW and GTAW Weld Strength for Stainless Pipe Connections: Analisa Perbandingan Kekuatan Las SMAW Dengan GTAW Untuk Sambungan Pipa Stainless

Awaludin Khafidz Afrizal, afrizalkhafidz07@gmail.com (*)

Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Akhmad Ahfas , ahfas@umsida.ac.id

Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

(*) Corresponding author

Abstract

Stainless steel pipe joining in piping infrastructure demands strict mechanical integrity, where selecting Shielded Metal Arc Welding (SMAW) or Gas Tungsten Arc Welding (GTAW) directly dictates joint reliability. **General Background** Pipe joints serve critical functions in industrial transport systems, making welding method selection vital for structural stability. **Specific Background** SMAW offers practical adaptability for field operations, whereas GTAW provides refined control for clean root pass deposition on NPS 4 Inch Sch 80 pipes. **Knowledge Gap** Comparative evaluations assessing mechanical strength, surface defect formation, and heat-affected zone behavior across varied current levels remain underreported for thick-walled pipe configurations. **Aims** This study evaluates the tensile strength, bending performance, microhardness distribution, and structural morphology of pipe joints welded via SMAW and GTAW across current ranges of 90 to 150 Amperes. **Results** Tensile testing demonstrated that both methods satisfy ASME II A standards at 90 A reaching 581 N/mm², whereas SMAW displayed higher tensile resistance at 130 A. However, bending assessments revealed larger open surface defects in SMAW specimens at higher currents, accompanied by elevated hardness in the heat-affected zone due to higher heat input. **Novelty** This research delivers a dual-method empirical comparative baseline establishing current thresholds that balance tensile capability with defect suppression in pipe fabrication. **Implications** Selecting GTAW for root passes and controlling current levels reduces defect propensity, aiding welding engineers in optimizing process specifications for high-pressure fluid pipelines.

Key Findings Highlights

Both SMAW and GTAW joints fulfill ASME II A tensile standards at 90 A, reaching average strength values of 581 N/mm².

Increasing welding current up to 150 A accelerates surface defect sizes in SMAW bending tests up to 11.24 mm.

Higher heat input in SMAW produces elevated hardness across the heat-affected zone compared to GTAW joints.

Keywords : SMAW, GTAW, Stainless Steel Pipe, Tensile Strength, Bending Test

Published date: 2026-10-05

Pendahuluan

Sambungan pipa stainless steel memainkan peran krusial dalam berbagai aplikasi industri, termasuk dalam sistem perpipaan untuk transportasi cairan dan gas. Proses pengelasan adalah tahap kritis dalam pembuatan sambungan pipa ini, dan pilihan metode pengelasan dapat memberikan dampak signifikan terhadap kekuatan dan kualitas keseluruhan struktur. Dua metode yang sering diterapkan dalam pengelasan pipa stainless adalah Shielded Metal Arc Welding (SMAW) dan Gas Tungsten Arc Welding (GTAW). SMAW, juga dikenal sebagai metode pengelasan busur listrik tertutup atau stick welding, menggunakan elektroda berlapis yang dilepaskan secara bertahap selama proses pengelasan. Metode ini umumnya diandalkan untuk kepraktisannya di lokasi yang sulit diakses dan kondisi lapangan yang tidak terkendali. Sementara itu, GTAW, atau Tungsten Inert Gas (TIG) welding, memanfaatkan elektroda tungsten yang tidak terlarut dan gas inert untuk melindungi daerah pengelasan. GTAW dikenal karena mampu memberikan hasil akhir yang presisi dan permukaan yang bersih.

Perbandingan antara SMAW dan GTAW pada sambungan pipa stainless melibatkan evaluasi beberapa karakteristik kritis. Kekuatan sambungan, kestabilan proses pengelasan, dan kualitas akhir hasil pengelasan menjadi fokus utama analisis. SMAW cenderung memberikan sambungan yang lebih kasar dan permukaan yang kurang halus dibandingkan dengan hasil GTAW yang seringkali lebih presisi. Kedua metode ini memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing, dan pemilihan metode pengelasan harus mempertimbangkan kebutuhan spesifik proyek dan tingkat akurasi yang diperlukan. Oleh karena itu, analisis perbandingan kekuatan antara SMAW dan GTAW pada sambungan pipa stainless menjadi esensial untuk memberikan pandangan yang komprehensif kepada para profesional industri dan insinyur. Pemahaman mendalam terhadap karakteristik keduanya akan membantu dalam pemilihan metode yang paling sesuai dengan kebutuhan aplikasi tertentu, mengoptimalkan kekuatan dan kualitas sambungan pipa stainless dalam berbagai konteks industri.

SMAW, juga dikenal sebagai metode pengelasan manual atau stick welding, melibatkan penggunaan elektroda berlapis yang dilepaskan secara bertahap selama proses pengelasan. Proses ini sering digunakan dalam kondisi lapangan atau di tempat kerja yang sulit diakses, karena keleluasaan dan kepraktisannya. Di sisi lain, GTAW, atau sering disebut Tungsten Inert Gas (TIG) welding, melibatkan penggunaan busur listrik yang dihasilkan oleh elektroda tungsten yang tidak terlarut, serta gas inert sebagai pelindung.

Dalam konteks kekuatan, perbandingan antara SMAW dan GTAW pada sambungan pipa stainless mencakup beberapa faktor kunci. SMAW memiliki keunggulan dalam kemampuan menangani pekerjaan yang kasar dan sulit diakses, tetapi sering kali menghasilkan sambungan yang lebih kasar dan permukaan yang kurang bersih. Sementara itu, GTAW dikenal karena memberikan sambungan yang sangat presisi dan memiliki tingkat kehalusan yang tinggi, tetapi prosesnya lebih lambat dan memerlukan tingkat keahlian yang lebih tinggi.

Dalam analisis ini, akan dieksplorasi sejauh mana perbedaan ini dapat memengaruhi kekuatan sambungan pipa stainless. Faktor-faktor seperti struktur mikro dan makro, zona pengaruh panas, serta tingkat penetrasi dan kehalusan sambungan akan menjadi titik fokus untuk memahami seberapa efektif kedua metode ini dalam menangani beban dan tekanan pada pipa stainless. Dengan demikian, pemahaman mendalam tentang karakteristik kekuatan SMAW dan GTAW pada sambungan pipa stainless dapat memberikan wawasan yang berharga dalam pemilihan teknik pengelasan yang sesuai untuk aplikasi tertentu.

Metode

Penelitian ini akan menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain penelitian eksperimental untuk membandingkan kekuatan sambungan pipa stainless yang dihasilkan oleh metode pengelasan SMAW dan GTAW. Populasi penelitian ini terdiri dari pipa stainless steel dengan sambungan SMAW dan GTAW, yang diperoleh dari industri pengelasan pipa stainless. Sampel penelitian akan dipilih secara acak dari populasi ini, dengan mempertimbangkan representativitas dan variasi karakteristik material.

Komponen yang diperlukan untuk pengelasan SMAW yaitu :

Pada penelitian ini menggunakan Mesin Las SMAW Jenis DC dengan merk LAKONI inverter 900 Watt

Pada penelitian ini menggunakan elektroda stainless dengan spesifikasi 2MM merk Nikko Steel

1. Mesin Las SMAW adalah komponen utama yang menghasilkan arus listrik untuk melelehkan elektroda dan logam benda kerja. Mesin las SMAW biasanya menggunakan trafo sebagai sumber arus listriknya.
2. Kabel elektroda adalah komponen yang menghubungkan elektroda dengan mesin las. Kabel elektroda terbuat dari tembaga atau baja.
3. Elektroda SMAW adalah elektroda yang digunakan dalam proses pengelasan SMAW. Elektroda ini terbuat dari logam yang akan dilas, dan dilapisi dengan salutan fluks. Salutan fluks berfungsi untuk melindungi logam cair dari kontaminasi udara, dan juga berfungsi untuk menghasilkan gas pelindung yang akan melindungi elektroda dan logam cair dari oksidasi.
4. Kabel massa adalah komponen yang menghubungkan mesin las dengan benda kerja. Kabel massa terbuat dari tembaga atau baja.
5. Pemegang elektroda adalah komponen yang memegang elektroda saat proses pengelasan berlangsung. Pemegang elektroda terbuat dari bahan yang tahan panas, misalnya plastik atau logam.

Komponen yang diperlukan untuk pengelasan SMAW yaitu :

Pada penelitian ini menggunakan mesin las GTAW dengan merk DAESUNG TIG 160

1. Mesin las GTAW adalah komponen utama yang menghasilkan arus listrik untuk melelehkan elektroda dan logam benda kerja. Mesin las GTAW biasanya menggunakan transformator atau inverter sebagai sumber arus listriknya.
2. Torch adalah komponen yang menghubungkan mesin las dengan elektroda tungsten. Torch GTAW dilengkapi dengan nosel yang berfungsi untuk mengarahkan gas pelindung.
3. Elektroda tungsten adalah komponen yang akan menghasilkan busur listrik. Elektroda tungsten terbuat dari tungsten yang memiliki titik leleh tertinggi (3422°C).
4. Gas pelindung adalah gas yang digunakan untuk melindungi elektroda tungsten dan logam cair dari kontaminasi udara. Gas pelindung yang umum digunakan untuk las GTAW adalah argon atau helium.
5. Tabung gas pelindung adalah komponen yang menyimpan gas pelindung. Tabung gas pelindung dilengkapi dengan regulator yang berfungsi untuk mengatur tekanan gas pelindung.

Instrumen pengumpulan data akan mencakup uji kekuatan tarik, uji kekerasan, dan analisis metalografi pada sambungan pipa stainless yang dihasilkan oleh kedua metode pengelasan. Uji tarik akan dilakukan menggunakan mesin uji tarik material untuk mengukur kekuatan maksimum yang dapat dihasilkan oleh sambungan. Uji kekerasan akan memberikan informasi tentang kekerasan permukaan sambungan. Selain itu, analisis metalografi akan dilakukan menggunakan mikroskop metalografi untuk mengevaluasi struktur mikro dan makro sambungan, termasuk tingkat penetrasi dan zona pengaruh panas. Pengambilan data akan dilakukan dengan mengukur nilai numerik hasil uji tarik dan kekerasan, serta menganalisis citra metalografi. Analisis statistik, seperti uji-t dan uji ANOVA, akan digunakan untuk membandingkan hasil antara SMAW dan GTAW. Analisis regresi juga dapat diterapkan untuk menentukan hubungan antara variabel-variabel yang memengaruhi kekuatan sambungan.

Validitas instrumen pengukuran akan diperiksa melalui kalibrasi peralatan uji, sedangkan reliabilitasnya akan diuji dengan melakukan pengujian ulang pada beberapa sampel. Data yang terkumpul akan dianalisis secara sistematis dan disajikan dalam bentuk grafik dan tabel untuk mempermudah interpretasi. Dengan pendekatan ini, diharapkan penelitian ini dapat memberikan wawasan yang mendalam tentang perbandingan kekuatan antara SMAW dan GTAW pada sambungan pipa stainless, serta kontribusi nyata terhadap pemahaman teknologi pengelasan dan aplikasinya dalam industri.

Berikut diagram alir atau Flowchart dari penelitian ini

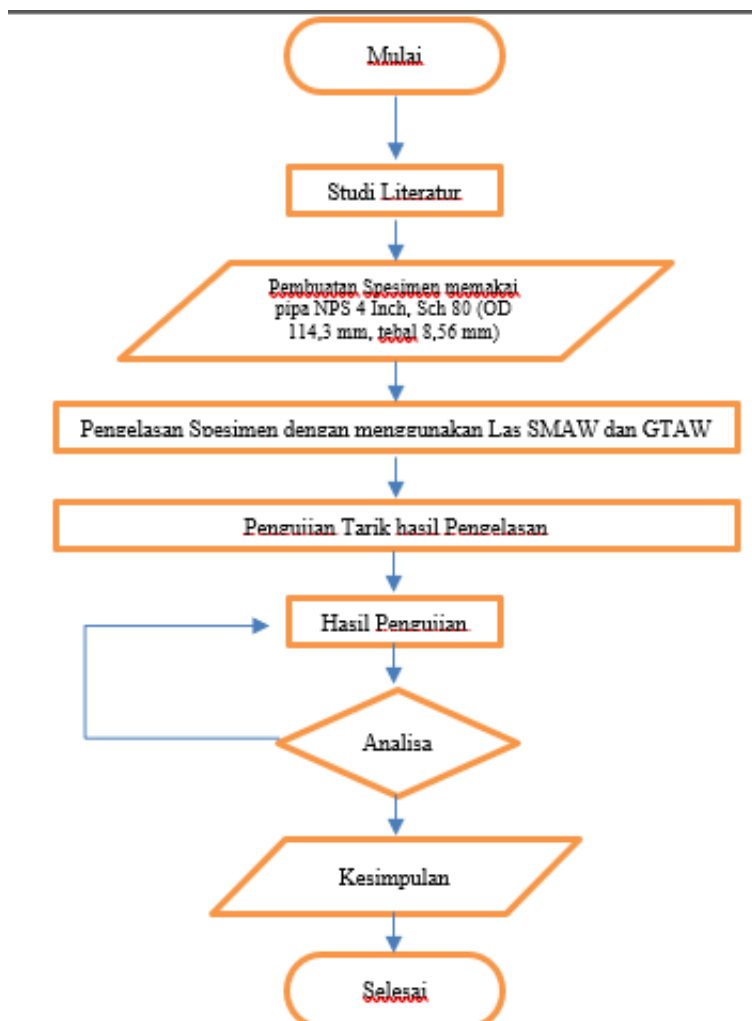


Figure 1.

Diagram alir diatas menunjukkan langkah-langkah yang terlibat dalam proses pengelasan pipa stainless. Diagram alir ini dimulai dengan menentukan jenis pipa stainless, ketebalan pipa, dan beban yang diharapkan akan ditahan oleh sambungan pipa.

Berdasarkan faktor-faktor ini, diagram alir kemudian membandingkan kekuatan las SMAW dan GTAW. SMAW adalah metode pengelasan yang lebih kuat, tetapi memiliki penetrasi yang lebih dalam, yang dapat menyebabkan perubahan sifat logam di dekat zona las. GTAW adalah metode pengelasan yang lebih lemah, tetapi memiliki penetrasi yang lebih dangkal, yang dapat meningkatkan ketahanan korosi.

Diagram alir kemudian mempertimbangkan faktor-faktor lain yang dapat mempengaruhi pilihan metode pengelasan, seperti kecepatan pengelasan, kebersihan dan keindahan, keahlian operator, dan biaya.

Berdasarkan faktor-faktor ini, diagram alir menyimpulkan bahwa metode pengelasan yang paling cocok untuk sambungan pipa stainless tergantung pada aplikasi spesifik. Untuk sambungan pipa yang tebal dan menahan beban berat, SMAW mungkin merupakan pilihan yang lebih baik. Untuk sambungan pipa yang lebih tipis atau membutuhkan estetika tinggi, GTAW mungkin merupakan pilihan yang lebih baik.

Hasil dan Pembahasan

Dari data dan parameter yang diperoleh dalam proses pengelasan pipa stainless steel dengan variasi kekuatan arus listrik, dapat disimpulkan beberapa temuan penting. Pertama-tama, penggunaan material A 106 Gr. B dengan bentuk pipa NPS 4 Inch, Sch 80 (OD 114,3 mm, tebal 8,56 mm) memberikan dasar yang konsisten dan dapat diandalkan untuk analisis perbandingan antara metode pengelasan GTAW dan SMAW.

Tabel 1 Parameter Kuat Arus Listrik

Weld (layers)	Process	Filler Metal	Diameter	Ampere			
				1	2	3	4
Root	GTAW	ER70S-6	2.4 mm	90	110	130	150
Hot Pass	GTAW	ER70S-6	2.4 mm	90	110	130	150
Filler	GTAW	ER70S-6	2.4 mm	90	110	130	150
Capping	GTAW	ER70S-6	2.4 mm	90	110	130	150
Root	SMAW	E7018	2.6 mm	90	110	130	150
Hot Pass	SMAW	E7018	2.6 mm	90	110	130	150
Filler	SMAW	E7018	2.6 mm	90	110	130	150
Capping	SMAW	E7018	2.6 mm	90	110	130	150

Figure 2.

Hasil

Desain sambungan butt joint, bentuk kampuh las single V, dan posisi 1G menjadi parameter yang digunakan untuk memastikan konsistensi dan keseragaman dalam pengujian. Proses pengelasan menggunakan GTAW dan SMAW dengan logam pengisi ER70S-6 diameter 2,4 mm untuk GTAW dan E7018 diameter 2,6 mm untuk SMAW menunjukkan variabilitas dalam parameter pengelasan yang dapat diukur dan dianalisis. Analisis grafik travel speed versus parameter kuat arus listrik (ampere) memberikan gambaran yang jelas tentang hubungan antara kecepatan perjalanan dan kekuatan arus listrik dalam proses pengelasan. Variasi ini memungkinkan identifikasi tingkat kecepatan optimal untuk setiap metode pengelasan yang dapat menghasilkan sambungan pipa stainless steel dengan kekuatan maksimal. Penggunaan shielding gas Argon dalam kedua metode pengelasan menyediakan lingkungan yang sesuai untuk melindungi daerah pengelasan, sementara desain sambungan butt joint dan bentuk kampuh las single V memberikan kerangka kerja yang relevan untuk mengukur dan membandingkan hasil akhir.

hasil penelitian ini memberikan pemahaman yang lebih baik tentang hubungan antara parameter pengelasan, kecepatan perjalanan, dan kekuatan arus listrik terhadap kekuatan sambungan pipa stainless steel. Temuan ini dapat digunakan sebagai dasar untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas proses pengelasan, serta membantu dalam pemilihan metode yang lebih optimal dalam berbagai kondisi industri.

Pembahasan

Hasil uji tarik pada proses pengelasan GTAW dan SMAW pada spesimen TS-1 dan TS-2 memberikan gambaran yang informatif tentang performa kedua metode pengelasan tersebut. Pada pengujian GTAW dengan arus 90 ampere, nilai tensile strength (kekuatan tarik) pada spesimen TS-1 mencapai 592 N/mm², sedangkan pada spesimen TS-2 mencapai 570 N/mm². Perbedaan ini, meskipun tidak signifikan, mencerminkan variasi dalam karakteristik sambungan pengelasan yang dihasilkan oleh dua spesimen tersebut.

Menghitung luas area (A_0) dari masing-masing spesimen, dengan rumus $A_0 = \text{Tebal} \times \text{Lebar}$, menghasilkan nilai 152,4146 mm² untuk TS-1 dan 157,0955 mm² untuk TS-2. Kemudian, regangan (ϵ) dihitung dengan rumus $\epsilon = (\Delta L / L_0) \times 100\%$, di mana ΔL adalah perubahan panjang setelah putus dan L_0 adalah panjang awal material. Regangan sebesar 0,05% menunjukkan seberapa besar material dapat meregang sebelum mencapai titik putusnya. Ketika kekuatan tarik dihitung dengan rumus $\sigma_t = F / A_0$, di mana F adalah gaya yang diterapkan pada spesimen, diperoleh nilai 591,5 N/mm² untuk TS-1 dan 570,2 N/mm² untuk TS-2. Rata-rata dari kedua nilai ini adalah 581 N/mm². Hasil ini memberikan informasi tentang ketahanan dan kekuatan sambungan pengelasan yang dihasilkan oleh proses GTAW pada arus 90 ampere.

Dengan demikian, hasil pengujian ini memberikan gambaran lengkap tentang respons material terhadap proses pengelasan GTAW pada kondisi tertentu. Analisis seperti ini sangat berharga dalam mengevaluasi kinerja pengelasan dan memahami bagaimana variasi parameter, seperti arus pengelasan, dapat mempengaruhi sifat mekanis dan kekuatan sambungan pipa stainless steel. Temuan ini dapat menjadi landasan untuk pengembangan metode pengelasan yang lebih efektif dan optimal dalam industri.

Tabel 2. Nilai Kuat Tarik Rata rata

Ampere	GTAW	SMAW
	Tensile Strength (N/mm ²)	Tensile Strength (N/mm ²)
90	581	581
110	566	570
150	558,5	544
150	572	574,5

Figure 3.

Gambar 1. Grafik Perbandingan Hasil Uji Tarik

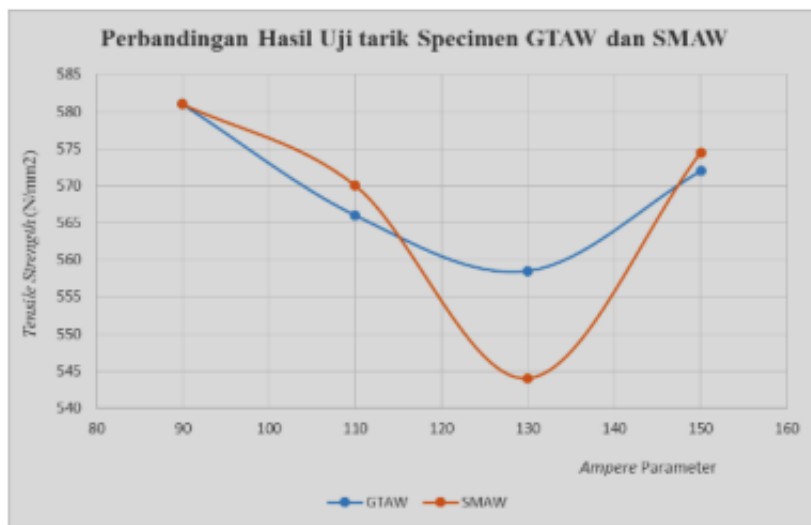


Figure 4.

Hasil uji tarik spesimen dari proses pengelasan GTAW dan SMAW dengan variasi parameter kuat arus listrik memberikan pemahaman yang mendalam tentang karakteristik kekuatan sambungan. Tabel 3 menyajikan nilai rata-rata uji tarik untuk masing-masing proses pada berbagai tingkat kuat arus listrik, dan Gambar 12 memberikan ilustrasi visual perbandingan hasil uji tarik untuk kedua metode pengelasan.

Analisis data menunjukkan bahwa proses pengelasan GTAW dan SMAW pada kuat arus listrik 90 ampere menghasilkan kekuatan tarik yang memenuhi atau bahkan melampaui Persyaratan yang ditentukan oleh ASME II A. Pada parameter ini, nilai kekuatan sambungan GTAW dan SMAW mencapai 581 N/mm²,

dan keduanya memiliki kinerja serupa, terutama di weld layer root. Namun, ketika kuat arus listrik ditingkatkan menjadi 130 ampere, perbedaan yang signifikan terlihat antara proses GTAW dan SMAW. Proses SMAW menunjukkan kekuatan tarik yang lebih besar dibandingkan GTAW pada tingkat arus ini. Fenomena ini menciptakan kebutuhan akan penelitian lanjutan untuk memahami dengan lebih detail faktor-faktor yang menyebabkan perbedaan tersebut. Hasil ini memberikan dasar yang kuat untuk penelitian mendalam guna mengeksplorasi penyebab perbedaan kekuatan tarik antara GTAW dan SMAW pada kuat arus listrik yang lebih tinggi. Analisis lebih lanjut dapat melibatkan faktor-faktor seperti distribusi panas, struktur mikro, dan zona pengaruh panas yang dapat mempengaruhi kekuatan sambungan. Dengan demikian, temuan ini memberikan landasan untuk pemahaman lebih lanjut dan pengembangan proses pengelasan yang lebih optimal dalam industri. Proses pengelasan GTAW dan SMAW diambil untuk diuji bending (root bend 2 spesimen, face bend 2 spesimen), untuk hasil pengujian bending ditemukan defect yang dapat dilihat pada Tabel 3

Tabel 3. Hasil Pengujian Bending

<i>Angle of bend: 180°</i>				
No.	Specimen Stamp	W (mm)	Thk (mm)	Result
				Size of defect (mm)
GTAW (90 A)	Face Bend 1	38	8.56	2.94
SMAW (90 A)	Root Bend 1	38	8.56	4.32
	Face Bend 1	38	8.56	2.21
SMAW (110 A)	Root Bend 1	38	8.56	8.13
	Root Bend 2	38	8.56	4.7
SMAW (130 A)	Root Bend 1	38	8.56	19.31
	Root Bend 2	38	8.56	35.5
SMAW (150 A)	Root Bend 1	38	8.56	6.93
	Root Bend 2	38	8.56	11.24

Figure 5.

Data yang disajikan dalam tabel menggambarkan kerusakan material pada spesimen hasil pengelasan GTAW dan SMAW pada berbagai tingkat kuat arus listrik. Defect cacat terbuka pada permukaan spesimen diukur dalam milimeter, memberikan informasi tentang keparahan dan ukuran cacat yang muncul pada hasil pengelasan. Perbedaan signifikan terlihat antara spesimen GTAW dan SMAW pada tingkat arus listrik tertentu.

Pada spesimen GTAW 90 ampere, defect cacat terbuka pada permukaan sebesar 2,92 mm, sementara pada spesimen SMAW 90 ampere, terdapat dua lokasi cacat dengan ukuran 4,32 mm pada spesimen stamp root bend 1 dan 2,21 mm pada spesimen stamp face bend 1. Analisis ukuran cacat memberikan indikasi bahwa meskipun spesimen SMAW menunjukkan lebih banyak cacat, ukuran cacatnya relatif lebih besar dibandingkan dengan spesimen GTAW pada tingkat arus listrik yang sama.

Peningkatan arus listrik pada SMAW menunjukkan peningkatan yang signifikan dalam ukuran cacat terbuka pada permukaan spesimen. Pada tingkat arus listrik 150 ampere, terdapat defect cacat terbuka pada permukaan spesimen SMAW sebesar 11,24 mm pada spesimen stamp root bend 2. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan arus listrik dalam proses SMAW dapat berkontribusi pada peningkatan ukuran cacat terbuka pada hasil pengelasan.

Selain itu, analisis kekerasan pada proses pengelasan SMAW menunjukkan bahwa nilai kekerasan rata-rata pada daerah weld metal dan HAZ (Heat Affected Zone) sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan spesimen GTAW. Penyebabnya ditemukan dalam heat input yang dihasilkan oleh proses pengelasan SMAW yang sedikit lebih besar. Gambar 15 menunjukkan perbandingan nilai kekerasan pada masing-masing parameter kuat arus listrik spesimen SMAW, menunjukkan tren peningkatan kekerasan dengan peningkatan arus listrik.

Dalam keseluruhan, hasil ini memberikan wawasan tentang karakteristik dan kualitas sambungan pengelasan yang dihasilkan oleh GTAW dan SMAW, tidak hanya dari segi kekuatan dan kecacatan, tetapi juga dari segi kekerasan material. Pemahaman ini dapat menjadi dasar untuk pengembangan proses pengelasan yang lebih baik dan pengoptimalkan sifat-sifat mekanis material dalam industri pengelasan.

Penelitian ini menghadirkan analisis yang komprehensif terhadap variasi proses pengelasan pada fabrikasi pipa flowline 4 inch sch 80, dengan fokus pada metode pengelasan GTAW (Gas Tungsten Arc Welding) dan SMAW (Shielded Metal Arc Welding). Varian kuat arus listrik dari 90 ampere hingga 150 ampere digunakan pada pipa berbahan dasar A 106 Gr B bentuk Pipa, NPS 4 Inch, Sch 80 (dengan OD 114,3 mm dan tebal 8,56 mm), yang kemudian dipotong membentuk alur V groove untuk sambungan pengelasan.

Proses pembentukan spesimen uji melibatkan teknik cutting dan machining agar sesuai dengan standar uji ASME IX.

Spesimen uji ini kemudian diarahkan ke serangkaian pengujian mekanis dan struktural, termasuk tensile test, bending test (seperti root bend dan face bend), hardness test, serta analisis mikrostruktur dan makrostruktur. Hasil pengujian menyajikan temuan-temuan berharga yang memberikan pemahaman mendalam tentang kualitas dan karakteristik sambungan pengelasan pada pipa flowline. Hasil tensile test menunjukkan bahwa kedua metode pengelasan, baik GTAW maupun SMAW, mampu memenuhi atau bahkan melampaui persyaratan yang ditetapkan oleh ASME II A untuk kekuatan tarik. Namun, perbedaan signifikan muncul pada kuat arus listrik 130 ampere, di mana nilai kekuatan tarik proses SMAW secara konsisten lebih tinggi daripada GTAW. Temuan ini memberikan landasan bagi penelitian lanjutan untuk mendalami faktor-faktor yang menyebabkan perbedaan ini.

Pengujian bending, yang mencakup root bend dan face bend, mengidentifikasi adanya defect pada spesimen. Hal ini menggarisbawahi pentingnya mengukur keuletan dan ketahanan terhadap deformasi plastis, selain sekadar kekuatan tarik, untuk mengevaluasi sambungan pengelasan secara menyeluruh. Hasil hardness test menyoroti perbedaan nilai kekerasan antara daerah base metal, HAZ, dan weld metal, dengan proses SMAW menunjukkan nilai yang sedikit lebih tinggi. Analisis ini menunjukkan bahwa heat input yang lebih besar pada SMAW dapat mempengaruhi sifat mekanis material di daerah-daerah tersebut.

Analisis mikrostruktur dan makrostruktur memberikan visualisasi yang jelas tentang struktur material pada daerah base metal, HAZ, dan weld metal. Pada khususnya, terlihat coarse grain pada weld layer root pada kedua metode pengelasan dengan variasi kuat arus listrik. Dengan menggabungkan semua temuan ini, penelitian ini menyajikan gambaran holistik tentang performa pengelasan GTAW dan SMAW pada pipa flowline 4 inch sch 80. Temuan ini tidak hanya berguna untuk memahami karakteristik dan kualitas sambungan pengelasan, tetapi juga memberikan pandangan mendalam tentang potensi peningkatan parameter pengelasan untuk optimalisasi kinerja dalam industri fabrikasi pipa. Hasil ini membuka peluang untuk penelitian lebih lanjut, yang dapat mengeksplorasi dan mengatasi perbedaan-perbedaan yang teridentifikasi dalam proses pengelasan ini.

Simpulan

Dalam rangkaian penelitian ini yang membahas perbandingan metode pengelasan GTAW (Gas Tungsten Arc Welding) dan SMAW (Shielded Metal Arc Welding) pada fabrikasi pipa flowline 4 inch sch 80, sejumlah kesimpulan krusial dapat ditarik. Pertama, melalui uji tarik, ditemukan bahwa kedua metode pengelasan mampu memenuhi atau melampaui persyaratan standar ASME II A untuk kekuatan tarik pada berbagai parameter kuat arus listrik. Namun, perbedaan signifikan muncul pada kuat arus listrik 130 ampere, di mana SMAW menunjukkan keunggulan kekuatan tarik yang konsisten.

Dari segi keuletan dan ketahanan terhadap deformasi plastis, pengujian bending mengungkapkan adanya defect pada spesimen, memberikan pemahaman mendalam tentang ketangguhan sambungan pengelasan. Kesadaran akan kekuatan tarik dan keuletan secara bersamaan menjadi landasan penting dalam evaluasi kualitas pengelasan. Pengujian kekerasan pada berbagai daerah material, termasuk base metal, HAZ, dan weld metal, menunjukkan perbedaan nilai kekerasan antara GTAW dan SMAW. Hasil ini mengindikasikan bahwa karakteristik metode pengelasan, termasuk besarnya heat input, dapat memberikan pengaruh signifikan pada sifat mekanis material.

Analisis mikrostruktur dan makrostruktur memberikan pandangan visual terhadap struktur material, khususnya coarse grain pada weld layer root. Hal ini memberikan pemahaman lebih mendalam tentang karakteristik mikro dan makro pada hasil pengelasan dengan variasi parameter kuat arus listrik. Secara keseluruhan, penelitian ini menggambarkan bahwa baik GTAW maupun SMAW memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing, dan pemilihan metode pengelasan harus mempertimbangkan kondisi spesifik dan persyaratan proyek. Ditemukan perbedaan signifikan pada hasil pengujian tertentu, terutama pada tingkat kuat arus listrik tertentu, yang mendorong perlunya penelitian lanjutan untuk mengeksplorasi faktor-faktor yang memengaruhi perbedaan tersebut. Kesimpulan ini menjadi landasan berharga bagi industri pengelasan untuk meningkatkan pemahaman dan optimalisasi teknik pengelasan dalam aplikasi fabrikasi pipa flowline.

Ucapan Terima Kasih

Kami ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang tulus atas segala dukungan dan bantuan yang telah diberikan selama proses penelitian ini. Terima kasih kepada para pembimbing yang telah memberikan panduan yang berharga, rekan-rekan penelitian yang selalu siap membantu, dan semua pihak yang telah turut serta dalam kelancaran penelitian ini. Ucapan terimakasih kami juga kami sampaikan kepada lembaga atau instansi yang telah memberikan dukungan finansial dan fasilitas penelitian. Semua kontribusi ini telah memainkan peran penting dalam kesuksesan dan kelengkapan penelitian kami. Terima kasih banyak.

References

1. S. S. Budi and D. Karmiadi, "Analisis Variasi Pengelasan GTAW dan SMAW dengan Parameter Kuat Arus Listrik Pada Fabrikasi Pipa Flowline 4 Inch SCH 80," *Teknobiz: Jurnal Ilmiah Program Studi Magister Teknik Mesin*, vol. 12, no. 2, pp. 91-99, 2022.
2. E. B. Lopo, M. Chamim, N. T. Atmoko, M. Margono, and H. L. Wijayanto, "ANALISIS PENGARUH ARUS PADA PENGELASAN BERTINGKAT (MULTILAYER WELDING) TERHADAP STRUKTUR MIKRO, KEKERASAN DAN KUAT TARIK SAMBUNGAN MATERIAL ASTM A106," *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol. 14, no. 1, pp. 205-212, 2023.
3. D. E. Sintanu, "Perbandingan Pengelasan Tig Dengan SMAW Terhadap Kekuatan Sambungan Pipa Seamless Untuk Roll Bar," *Jurnal Syntax Admiration*, vol. 3, no. 6, pp. 854-862, 2022.

4. B. R. Mahendra, "Pengaruh Variasi Filler dan Arus Pengelasan Terhadap Kekuatan Tarik Dan Nilai Kekerasan Sambungan Dissimilar Metal Baja SS 304 dan SS 400," Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Jember, 2023.
5. F. Sanjaya, I. S. Cebro, and N. Nurdin, "Pengaruh Arus Pengelasan GTAW Terhadap Ketangguhan Dan Struktur Mikro Sambungan Las Pada Material SUS 201," *Jurnal Mesin Sains Terapan*, vol. 7, no. 1, pp. 19-24, 2023.
6. H. M. Munawar, I. N. Gusniar, and R. Hanafi, "PENGARUH JENIS ELEKTRODA LAS SMAW TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN STRUKTUR MICRO," *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, vol. 11, no. 1, pp. 93-110, 2023.
7. Mauliza and S. Usman, "Analisa Pengaruh Arus Terhadap Kekuatan Tarik Material Baja Karbon AISI 1050 Hasil Pengelasan SMAW," *Journal of Welding Technology*, vol. 4, no. 1, p. 22, 2022.
8. J. R. A. Putra and M. A. Husaini, "ANALISIS MODEL DAN SIMULASI PADA UJI TARIK PENGELASAN KAMPUH I DAN ELEKTRODA E6013 RB-26," in *Prosiding Seminar Nasional Teknik UISU (SEMNASTEK)*, vol. 6, no. 1, pp. 202-206, 2023.
9. S. Prabowo and H. Purwanto, "Analisis Kekuatan Tarik dan Uji Bending Sambungan Las SMAW Baja Carbon ASTM A36 dengan Variasi Arus Listrik," *Jurnal Teknik Mesin Indonesia*, vol. 17, no. 2, pp. 45-50, 2022, doi: 10.36289/jtmi.v17i2.312.
10. R. H. Setyawan and W. A. Setyati, "Studi Komparasi Kekuatan Mekanis Sambungan Las GTAW dan SMAW pada Pipa Baja Karbon," *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Poros*, vol. 19, no. 1, pp. 12-20, 2021, doi: 10.24127/trb.v19i1.1540.
11. M. A. Syarifuddin and I. A. Musdar, "Analisis Cacat Las Pengelasan GTAW dan SMAW Menggunakan Metode Non-Destructive Test," *Jurnal Applied Mechanical Engineering*, vol. 4, no. 1, pp. 33-41, 2023, doi: 10.35884/jame.v4i1.88.
12. H. Hermansyah and T. Triyono, "Pengaruh Masukan Panas Terhadap Struktur Mikro dan Kekerasan Daerah HAZ Pengelasan Pipa Steel," *Jurnal Rekayasa Bahan Alam dan Energi*, vol. 7, no. 2, pp. 55-62, 2021, doi: 10.21776/ub.jrbae.2021.007.02.4.
13. W. N. Nugroho and D. B. Setiawan, "Evaluasi Sifat Mekanik Sambungan Las TIG pada Pipa Stainless Steel AISI 304," *Jurnal Teknologi Bahan dan Manufaktur*, vol. 9, no. 1, pp. 15-23, 2023, doi: 10.26714/jtbm.v9i1.11204.
14. F. A. Rizky and M. N. Ilman, "Perbandingan Ketahanan Korosi dan Kekuatan Tarik Sambungan Las SMAW dan GTAW Pipa Baja," *Jurnal Riset Teknologi Industri*, vol. 16, no. 2, pp. 101-110, 2022, doi: 10.26578/jrti.v16i2.7890.
15. H. Prasetyo and A. Y. Eka, "Analisis Pengaruh Kecepatan Pengelasan dan Arus Terhadap Kedalaman Penetrasi Las GTAW," *Jurnal Teknik Energi dan Manufaktur*, vol. 6, no. 1, pp. 27-35, 2023, doi: 10.31284/j.jtem.2023.v6i1.3412.