P-ISSN: 2963-4008
E-ISSN: 2963-430X

ANALISIS SAMBUNGAN LAS GMAW DENGAN VARIASI KAMPUH TERHADAP UJI TARIK DAN STRUKTUR MIKRO PADA BAJA SS 304

Aulia Irelin Sekar Remon[1], Mansyur Abdul Shaleh[2], Oktavian Khayyan Bahiy[3], Muhammad Alfin[4]
[1, 2, 3, 4] Teknik Metalurgi, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta

[2] korespondensi: mansyur.abdulshaleh@upnyk.ac.id

ABSTRACT

This study investigates the effect of groove type variations in Gas Metal Arc Welding (GMAW) on the mechanical properties and microstructure of stainless steel SS 304. The groove methods examined include single V and square, with each specimen undergoing tensile testing and microstructure analysis. The research was focusing on welding quality control for railway components. The results showed that specimens with single V grooves exhibited superior mechanical properties compared to square grooves. Higher values of yield strength, ultimate tensile strength, and elongation in single V grooves indicated better material performance under load. Microstructure analysis revealed a more homogeneous heat-affected zone (HAZ) in single V grooves, ensuring better metallurgical integrity in weld joints. This research provides comprehensive insights into the optimal groove selection for enhancing the performance of SS 304 in railway applications. These findings are expected to serve as a reference for improving welding procedures, supporting quality and safety standards in railway component manufacturing.

Keywords: Gas Metal Arc Welding (GMAW), Kampuh Single V, Baja SS 304, Struktur Mikro.

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji pengaruh variasi jenis kampuh pengelasan Gas Metal Arc Welding (GMAW) terhadap sifat mekanis dan struktur mikro baja tahan karat SS 304. Metode kampuh yang digunakan adalah single V dan square, dengan setiap spesimen diuji menggunakan uji tarik dan analisis struktur mikro. Penelitian ini berfokus pada kontrol kualitas proses pengelasan untuk komponen kereta api.Hasil pengujian menunjukkan bahwa spesimen dengan kampuh single V memiliki sifat mekanis unggul dibandingkan kampuh square. Nilai yield strength, ultimate tensile strength, dan elongasi pada kampuh single V lebih tinggi, menandakan kemampuan material menahan beban sebelum patah lebih baik. Analisis struktur mikro mengungkapkan zona pengaruh panas (HAZ) yang lebih homogen pada kampuh single V, sehingga menghasilkan sambungan las dengan integritas metalurgi yang lebih baik. Penelitian ini memberikan wawasan mendalam tentang pemilihan jenis kampuh las yang optimal dalam meningkatkan performa material baja SS 304 untuk aplikasi industri perkeretaapian. Hasil ini diharapkan dapat menjadi referensi untuk perbaikan prosedur pengelasan guna mendukung standar mutu dan keamanan dalam produksi komponen kereta api.

Kata Kunci: Gas Metal Arc Welding (GMAW), Single V Groove, SS 304 Steel, Microstructure

PENDAHULUAN

Dalam proses produksi pada industri perkeretaapian yang sebagian besar menggunakan pengelasan, terdapat banyak faktor yang harus diperhatikan untuk memastikan hasil pengelasan berkualitas tinggi. Faktor-faktor tersebut mencakup prosedur pengelasan, yang melibatkan perencanaan dan pembuatan konstruksi las sesuai spesifikasi serta pengaturan semua kebutuhan pelaksanaannya. Beberapa parameter penting yang memengaruhi kualitas pengelasan meliputi pemilihan mesin las, kualifikasi tenaga pengelasan, jenis elektroda yang digunakan, pengaturan arus listrik, dan pemilihan jenis kampuh las (1).

Dalam memastikan kekuatan hasil proses pengelasan yang memiliki kualitas baik, maka sebaiknya menggunakan bermacam bentuk alur yang telah dikembangkan. Pada proses pembuatan kampuh las terdiri dari empat jenis, yaitu sambungan kampuh sisi, sambungan berimpit, sambungan sudut, dan sambungan T (2). Untuk memastikan sambungan las antara dua bagian logam mempunyai mutu kualitas yang baik, maka diperlukan proses pengelasan yang sesuai serta pemilihan sambungan dan model kampuh las yang sesuai dengan fungsi dari hasil pengelasan tersebut (3).

Pengelasan merupakan proses penyambungan dua atau lebih logam dengan cara melelehkan material hingga menjadi cair, sehingga setelah pendinginan terjadi pembentukan ikatan kimia melalui pemanasan. Proses ini menyebabkan perubahan suhu pada logam sekitar, yang menyebabkan adanya perubahan struktur logam, deformasi, serta tegangan yang disebabkan perbedaan suhu, serta mempengaruhi sifat mekaniknya. Oleh karena itu, perancangan struktur bangunan dan mesin menggunakan sambungan las perlu memperhatikan metode pengelasan, teknik pengujian, jenis material yang dibutuhkan, serta jenis las yang dipakai. Pemilihan macam sambungan juga harus disesuaikan dengan fungsi dari bangunan atau komponen mesin yang dirancang (4).

Pengelasan memiliki jenis yang beragam sesuai dengan kebutuhannya, seperti Submerged Arc Welding (SAW), Shielded Metal Arc Welding (SMAW), Gas Metal Arc Welding (GMAW), Gas Tungsten Arc Welding (GTAW), dan lainnya. Pada proses pengelasan tujuan utamanya adalah menghasilkan hasil las yang berkualitas. Namun, seringkali terdapat hasil pengelasan yang kurang optimal, seperti cacat las, kekuatan sambungan yang tidak memadai, dan sebagainya. Kualitas hasil pengelasan ini dipengaruhi oleh berbagai parameter, termasuk besar sudut kampuh, komposisi campuran elektroda, jenis material yang dilas, posisi pengelasan, dan faktor lainnya (5).

Pengelasan GMAW merupakan metode pengelasan yang memanfaatkan gas CO_2 sebagai pelindung untuk mencegah pengaruh udara luar terhadap weld metal. Proses ini menghasilkan panas melalui konversi energi listrik menjadi energi termal. Dalam pengelasan GMAW, terdapat gas pelindung (shielding gas) berperan penting dalam melindungi logam cair selama pengelasan agar tidak terjadi oksidasi oleh oksigen di udara sekitar. Jika logam cair mengalami oksidasi, hal ini dapat menyebabkan munculnya cacat berupa lubang-lubang berukuran kecil yang dikenal sebagai porositas. Jenis gas pelindung yang dipakai dalam GMAW meliputi gas mulia seperti argon dan helium (pada proses las MIG) atau gas CO_2 (pada proses las MAG) (6).

Sebelum memulai proyek pengelasan, langkah awal yang harus dilakukan adalah menyusun Welding Procedure Specification (WPS) yang telah memenuhi syarat melalui proses Procedure Qualified Record (PQR). Berdasarkan ASME Sec. IX, WPS merupakan

dokumen prosedur tertulis yang sudah terkualifikasi dalam memberikan panduan kepada juru las dalam melaksanakan pengelasan dengan standar yang berlaku. Pada WPS tercantum mengenai penjelasan variabel-variabel penting (essential variable) yang bisa memengaruhi sifat mekanis sambungan las, variabel tambahan (supplementary variable) yang menjadi penting jika pengelasan memerlukan uji dampak (impact test), serta variabel tidak penting (nonessential variable) yang tidak berdampak pada sifat mekanis las. Selain itu, WPS harus disusun berdasarkan catatan yang tercantum dalam PQR sebagaimana diatur dalam QW-200.2. Sementara itu, PQR adalah dokumentasi tentang variabel-variabel yang digunakan selama proses pengelasan pada material uji (test coupon) untuk mengkualifikasi WPS. Dokumen ini memuat rincian parameter pengelasan, metode yang diterapkan, serta hasil pengujian terhadap spesimen dari material uji tersebut (7).

Kampuh pengelasan merupakan sambungan yang dibuat dengan menggabungkan dua atau lebih bagian material, biasanya logam, dengan melalui proses pengelasan. Proses ini menggunakan suhu tinggi untuk melelehkan dan menggabungkan material tersebut. Sambungan butt joint merupakan jenis sambungan tumpul yang dalam penerapannya memiliki berbagai variasi kampuh atau groove, seperti V groove (kampuh V), single bevel, J groove, U groove, dan Square groove (8).

Baja paduan SS 304 termasuk dalam kategori baja tahan karat austenitik, dengan komposisi kimia sebagai berikut: 0,042% karbon (C), 1,19% mangan (Mn), 0,034% fosfor (P), 0,006% sulfur (S), 0,049% silikon (Si), 18,24% kromium (Cr), 8,15% nikel (Ni), dan sisanya besi (Fe). Baja karbon jenis 304 ini memiliki sifat mekanik antara lain kekuatan tarik sebesar 646 MPa, kekuatan luluh 270 MPa, elongasi hingga 50%, dan kekerasan mencapai 82 HRB (9).

METODE

Pengujian dilakukan dalam skala laboratorium menggunakan metode pengujian yaitu uji tarik dan dan struktur mikro. Pengujian ini dilakukan agar mengetahui perbandingan hasil kekuatan uji tarik pengelasan GMAW pada baja SS 304 dengan menggunakan kampuh yang berbeda, untuk memperoleh kampuh yang terbaik. Selain itu juga dilakukan analisis terhadap struktur mikro pada logam baja SS 304 untuk menganalisis karakteristik internal material, seperti distribusi fase, guna memastikan kualitas, kekuatan, dan kesesuaian material terhadap aplikasi tertentu.

Adapun langkah penguujian yang dilakukan yang pertama yaitu melakukan proses preparasi pada plat stainless steel 304, kemudian dilanjutkan dengan pembuatan kampuh single V dan kampuh Square, yang nantinya akan dilakukan peroses pengelasan dengan menggunakan acuan WPS yang sudah ada. Kekuatan sambungan las sangat dipengaruhi oleh kualitas dari hasil pengelasan sambungan tersebut (10).

Setelah proses pengelasan maka dilakukan proses pemotongan spesimen sebanyak 2 pcs di setiap variasi kampuhnya dengan menggunakan standar ASTM E8 untuk dilakukan pengujian tarik. Setelah spesimen sudah siap maka dilakukan pengujian yaitu uji tarik dan uji struktur mikro pada daerah HAZ dengan perbesaran 200x. Kemudian dilakukan analisis antara kampuh single V dan kampuh square.

Penelitian ini menggunakan pengelasan jenis GMAW. Proses pengelasan GMAW (Gas Metal Arc Welding) merupakan metode pengelasan yang melibatkan pencairan logam. Pada proses pencairan logam ini terbentuk dikarenakan terdapat busur las yang terbentuk antara kawat las dan benda kerja. Pada saat kawat las mendekati benda kerja, kemudian terbentuklah busur las yang menghasilkan panas yang cukup untuk mencairkan kedua bagian logam tersebut (kawat las serta benda kerja). Logam yang mencair ini kemudian menyatu kemudian terbentuk sambungan permanen.

Material yang digunakan pada penelitian ini yaitu baja stainless steel 304, yang sering dimanfaatkan sebagai bahan konstruksi. Baja jenis ini dikenal memiliki ketahanan korosi yang baik karena adanya lapisan kromium oksida di permukaannya. SS 304 mempunyai tingkat kekerasan yang relatif rendah, yaitu kurang lebih 123 HB, serta kekuatan tarik mencapai 505 N/mm². Kemudian komposisi kimia dari baja stainless steel 304 juga mendukung sifat unggulnya tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil penelitian yang sudah dilakukan untuk mendapatkan hasil yang maksimal maka dibutuhkan pengujian uji tarik dan struktur mikro. Dalam penelitian mengenai kekuatan uji tarik pada pengelasan GMAW dengan variasi kampuh *square*, dan *single V*. Setiap spesimen menjalani pengujian tarik untuk mengukur *yield strength*, *ultimate tensile strength*, dan persen regangan. Hasil yang diperoleh dari pengujian tarik dapat dilihat pada Tabel 1.

Hasil yang diperoleh pada pengujian tarik ini mencakup nilai tegangan tarik, regangan tarik, dan modulus elastisitas, yang akan dipakai dalam menganalisis kekuatan tarik baja SS 304. Setelah proses pengelasan dengan metode GMAW dengan variasi kampuh yang berbeda. Hasil proses pengujian tarik yang dilakukan dapat diketahui pada *ultimate tensile strength* kampuh *single V* memiliki nilai yang tinggi dikarenakan kampuh *single V* mempunyai tingkat kerapatan permukaan yang lebih halus dan lebih baik jika dibandingkan dengan sambungan las dengan kampuh *square*. Kampuh *Single V* memungkinkan penetrasi las yang lebih dalam dan lebih merata di kedua sisi material. Ini memberikan struktur yang lebih homogen dan kuat, terutama ketika beban tarik diaplikasikan, dikarena pada tegangan tarik yang dihasilkan tersebar merata di sepanjang kampuh. Ini mengurangi kemungkinan terjadinya konsentrasi tegangan pada area tertentu yang dapat melemahkan sambungan las.

Kemudian kampuh *square* memiliki nilai regangan yang lebih rendah dibandingkan dengan kampuh *single V* dikarenakan kampuh *square* cenderung memiliki penetrasi dangkal, sehingga ikatannya lebih lemah. Pada kampuh *square*, kedua permukaan sambungan rata dan sejajar, yang memungkinkan tegangan dialirkan secara langsung tanpa konsentrasi tegangan yang tinggi. Regangan pada material uji tarik menunjukkan seberapa banyak material tersebut dapat mengalami deformasi sebelum putus ketika ditarik. Jika nilai regangan semakin tinggi, ini berarti material tersebut memiliki kemampuan untuk meregang lebih panjang sebelum patah, yang menunjukkan sifat material yang lebih ulet dan mampu menyerap energi lebih besar selama deformasi. Sebaliknya, jika nilai regangan rendah, material tersebut cenderung lebih getas dan memiliki sedikit deformasi sebelum patah.

Tabel 1: Hasil Pengujian Kekuatan Tarik Material Baja SS 304

No	Keterangan Spesimen	Teg. Max (σu) MPa	Teg. Luluh (σy) MPa	Regangan (ε) %
1.	Kampuh *Single V*	635	469	45
2.	Kampuh *Square*	594	268	33

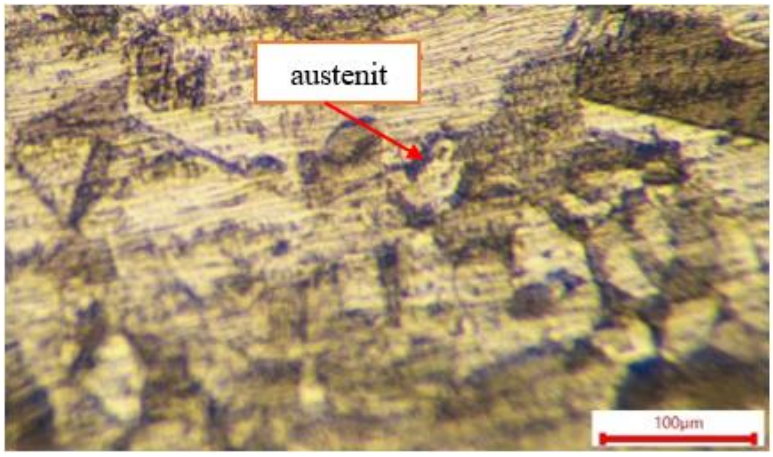
Sumber: Data Primer

Kemudian Hasil dari uji struktur mikro dilakukan dengan pengambilan gambar dan melakukan pengamatan pada spesimen baja SS 304 yang telah dilakukan pengelasan GMAW dengan variasi kampuh *square,* dan *single V*. Pengujian struktur mikro dilakukan menggunakan perbesaran 200x pada bagian HAZ. Hasil pengujian struktur mikro dapat kita lihat pada gambar 1 dan 2.

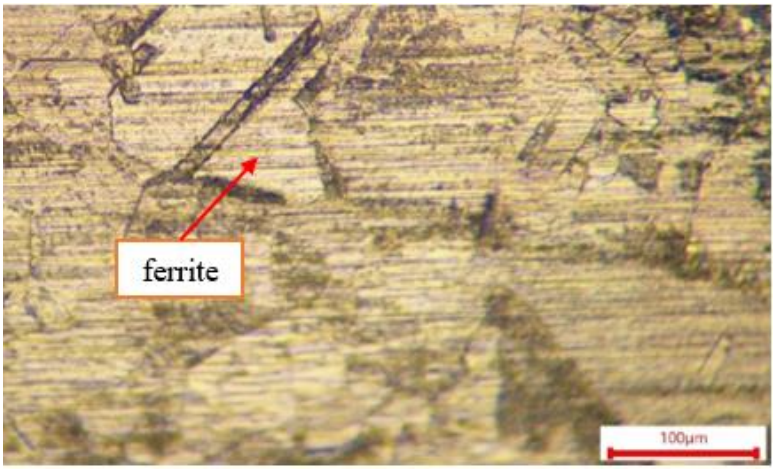
Hasil yang didapatkan pada pengujian struktur mikro pada variasi kampuh *single V* pada HAZ terdapat fasa austenite, ferrite yang didominasi dengan fasa austenite. Dominasi fasa austenit di zona yang terpengaruh panas HAZ pada material las dapat memengaruhi kekuatannya. Fasa austenit memberikan sifat yang lebih ulet dan mampu menyerap energi dengan baik. Akibatnya, ketika HAZ didominasi oleh fasa austenit, material menjadi lebih ulet dan tahan terhadap retak, tetapi memiliki *yield strength* dan kekuatan tarik yang lebih rendah dibandingkan jika didominasi oleh fasa ferit. Hal ini membuat material lebih mudah berubah bentuk di bawah beban tinggi, meskipun lebih tahan terhadap kegetasan. `Pembentukan austenite meningkatkan keuletan dan ketangguhan, tapi tidak berpenagaruh pada kekuatan baja.

Sedangkan pada variasi kampuh *square* pada HAZ terdapat fasa austenite, ferrite. Di zona yang terpengaruh panas HAZ pada material yang dilas, terdapat fasa austenite dan didominasi oleh fasa ferrite. Jika HAZ didominasi oleh fasa ferrit dengan sedikit fasa austenit, maka material cenderung memiliki kekuatan tarik atau *tensile strength* dan *yield*

strength yang lebih tinggi. Ferrit lebih keras dan kuat dibandingkan austenit, sehingga membuat HAZ lebih tahan terhadap deformasi plastis. Namun, dominasi ferrit bisa membuatnya lebih rentan terhadap retak ketika terkena beban kejut atau deformasi yang tiba-tiba.



Gambar 1: Struktur Mikro Kampuh *Single V*



Gambar 2: Struktur Mikro Kampuh *Square*

SIMPULAN

Pada hasil uji tarik diketahui jika kampuh *single V* lebih unggul dalam hal homogenitas dan kekuatan sambungan dibandingkan kampuh *square*, terutama saat beban tarik diterapkan. Analisis struktur mikro menunjukkan kampuh *single V* lebih ulet tetapi memiliki kekuatan tarik lebih rendah, sedangkan kampuh *square* lebih kuat tetapi kurang ulet dan lebih rentan retak.

DAFTAR PUSTAKA

1. Wiryosumarto, Harsono dan Okumura, T. 2000. *Teknologi Pengelasan Logam*. 63 Jakarta:Pradnya Paramita

2. Fata, H., Razi, M., & Syukran, S. (2020). *Pengaruh variasi sudut kampuh bevel groove terhadap kekuatan tarik*

material Stainless Steel 304. Journal of Welding Technology, 2(1), 8-12.

3. Handra, N., & Yudi, P. I. (2011). *Studi Kekuatan Hasil Las Oxy-Acetylene pada Variasi Kampuh.* Jurnal Teknik Mesin, 1(1), 1-8.

4. Pratama, M. Y., Mufarida, N. A., & Kosjoko, K. (2023). *Pengaruh Variasi Bentuk Kampuh Las TIG (Tungsten Inert Gas) Terhadap Uji Tarik dan Struktur Mikro Pada Material Plat Stainless Steel 201*. Journal of Engineering Science and Technology, *1*(3), 112-119.

5. Sopiyan, S., & Susetyo, F. B. (2017). *Pengaruh Besar Sudut Kampuh terhadap Kekuatan Tarik Hasil Pengelasan GMAW*. Jurnal Kajian Teknik Mesin, 2(2), 99-105.

6. Shaleh, M. A., Wijoyo, W., & Rohmadi, R. (2023). *Pengaruh Variasi Metal Transfer Terhadap Karakteristik Sambungan Las Pada Proses Pengelasan Gmaw Dengan Pelindung Gas Argon*. Journal Of Metallurgical Engineering And Processing Technology, 3(2), 139-145.

7. Batubara, N. H., Butar, H. B., Aryswan, A., & Rizki, T. R. (2023). *Uji Mekanik Material Pipa SA-312 TP304L untuk Kualifikasi PQR Sesuai ASME BPVC Sec. IX-2019*. Jurnal Pendidikan Tambusai, 7(2), 8063-8070.

8. Aji, M. N. (2019). *Pengaruh Variasi Jenis Kampuh Pengelasan Smaw Pada Sambungan Pengelasan Logam Baja Jis G 3131 Sphc Dengan Baja Aisi 201 Terhadap Sifat Mekanik.* (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Nasional Malang).

9. Santoso, K. A. (2019). *Analisa Pengaruh Laju Korosi Plat Baja St 40 Dan Stainless Steel 304 Terhadap Larutan Asam Sulfat.* Majamecha, 1(1), 24-35.

10. Hidayat, K. Z., Budiarto, U., & Kiryanto, K. (2020). *Analisis Variasi Sudut Kampuh Single V-Butt Joint Las Mig pada Alumunium 6061 terhadap Kekuatan Tarik dan Kekerasan.* Jurnal Teknik Perkapalan, 9(1), 1-10.