



Pembuatan dan Pengujian Mekanik hasil Sambungan Las Pipa ASS 316L Menggunakan Proses GTAW

Riswanda¹, Faris Khoiri Wahyudin², Sugianto³, Deni Mulyana⁴, Albert Daniel Saragih^{5*}

^{1,2,3,4,5} Politeknik Negeri Bandung, Bandung

*Email : albertdanielsrgh@polban.ac.id

Received:10 November 2024; Received in revised form:3 September 2025; Accepted:30 September 2025

Abstract

Gas tungsten arc welding (GTAW) is a welding process that is widely used for stainless steel materials, especially material thicknesses below 3 mm. In this study, ASS 316L pipes with a diameter of 89 mm, a thickness of 2.6 mm, and a length of 100 mm using a current of 50A was successful prepared. The type of welding wire used is ER316L with a diameter of 1.6 mm and argon as a shielding gas with using a backing gas. The results of macrograph observations showed that the face tended to be concave and the root experienced over penetration. This was correlated with the results of visual observations, including the face in the weld metal area being lower than the base metal and the root being too deep. The highest average tensile test result is 659 MPa, with a yield strength of 484 MPa, while the elongation is 39.3%, then the fracture form occurs minimal necking or brittle fracture occurs. The highest average hardness test result in the WM area is 188 HV, followed by the HAZ area with an average hardness of 154 HV and in the WM area an average hardness of 148 HV.

Keywords: GTAW; ASS 316L; current; tensile; hardness

Abstrak

Las busur tungsten gas (GTAW) merupakan proses pengelasan yang banyak digunakan untuk material baja tahan karat, terutama material dengan ketebalan dibawah 3 mm. Pada penelitian ini telah berhasil dibuat pipa ASS 316L dengan diameter 89 mm (3,5 inci), tebal 2,6 mm, dan panjang 100 mm dengan menggunakan arus 50 A. Jenis kawat las yang digunakan adalah ER316L dengan diameter 1,6 mm dan argon sebagai gas pelindung serta menggunakan gas penyokong. Hasil pengamatan visual menunjukkan bahwa muka las melebar dan tidak terbentuk beads serta akar terlalu dalam atau disebut excesses. Hasil pengamatan foto makro menunjukkan bahwa muka las cenderung cekung dan akar mengalami over penetration. Hal ini berkorelasi dengan hasil pengamatan visual, antara lain muka pada daerah weld metal lebih rendah dari base metal dan akar terlalu dalam. Hasil uji tarik rata-rata tertinggi sebesar 659 MPa, dengan yield strength sebesar 484 MPa, sedangkan elongasi sebesar 39,3%, kemudian bentuk patahan terjadi necking minimal atau terjadi patah getas. Hasil uji kekerasan rata-rata tertinggi pada daerah WM sebesar 188 HV, disusul daerah HAZ dengan kekerasan rata-rata sebesar 154 HV dan pada daerah WM kekerasan rata-rata sebesar 148 HV.

Kata kunci: GTAW; ASS 316L; arus; tarik; keras

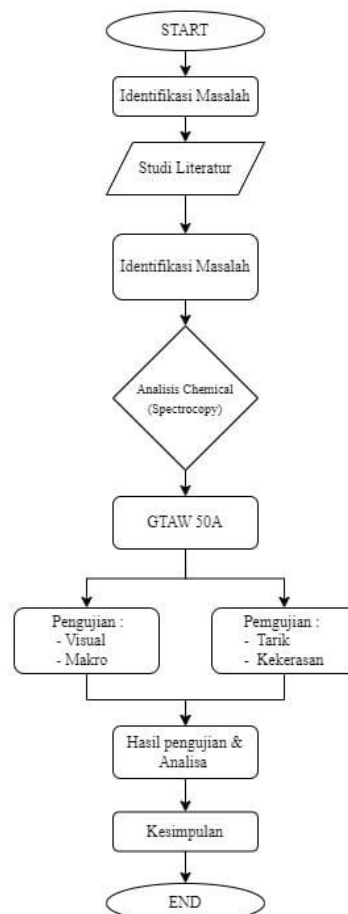
1. PENDAHULUAN

Aplikasi pengelasan masih menjadi pilihan utama di dunia industri, khususnya pada bidang Bio-medis. Sambungan las dengan bahan austenitic stainless steel tipe 316L atau dengan sebutan ASS 316L digunakan antaranya: dibidang farmasi, produk makanan, perkapalan, konstruksi, dan lain-lain. Proses pengelasan salah satu cara penyambungan dua logam atau lebih menggunakan energi panas sampai temperatur cair (melting point) secara bersamaan dan dapat dilakukan dengan logam induk yang sama

ataupun logam berbeda (*dissimilar*). Arus adalah salah satu parameter proses pengelasan yang harus dipilih untuk mendapatkan hasil lasan yang diharapkan disamping kemampuan juru las yang harus dipertimbangkan saat merencanakan sambungan las [1]. Proses pengelasan, dan pemilihan arus harus diperhatikan untuk mendapatkan sambungan las yang berkualitas. Hal tersebut dilakukan guna mencegah kegagalan hasil lasan yang bisa berakibat kurangnya kekuatan sambungan las itu sendiri. ASS 316L merupakan jenis material yang terdiri dari unsur utama antara lain: nikel (Ni), molybdenum (Mo) dan krom (Cr) memiliki sifat tahan terhadap korosi. ASS 316L juga memiliki kandungan karbon yang lebih rendah, sehingga mempunyai sifat mudah di proses las (*weldability*). Proses GTAW (*gas tungsten arc welding*) salah satu jenis pengelasan yang banyak digunakan khususnya untuk bahan stainless steel terutama ketebalan material dibawah 3mm. GTAW juga katagori proses yang paling presisi dibandingkan dengan yang lain dan dikenal dengan manik-manik hasil pengelasan yang menarik. GTAW atau pengelasan busur Wolfram pelindung gas, ialah proses pengelasan busur listrik elektroda tidak terumpan, dengan menggunakan gas mulia sebagai pelindung terhadap pengaruh udara luar pada saat proses dilakukan [2] (Las busur gas adalah cara pengelasan dimana gas dihembuskan ke daerah las untuk melindungi busur dan logam yang mencair terhadap atmosfer. Gas yang digunakan sebagai pelindung adalah gas Helium (He), gas Argon (Ar), gas Karbondioksida (CO₂) atau campuran dari gas-gas tersebut [3]. Proses GTAW biasa diaplikasikan untuk pengelasan bahan stainless steel atau baja karbon rendah karena kemampuannya memberikan hasil berkualitas tinggi dan kontrol cairan yang baik [4]. Besarnya arus pengelasan yang digunakan akan berpengaruh terhadap hasil pengelasan. Hal tersebut di atas merupakan alasan tersendiri peroses GTAW dipilih pada penelitian ini. Penelitian ini membahas tentang pembuatan dan pengujian mekanik hasil sambungan las pipa ASS 316L menggunakan proses GTAW.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Diagram alir penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.2. Pengujian komposisi

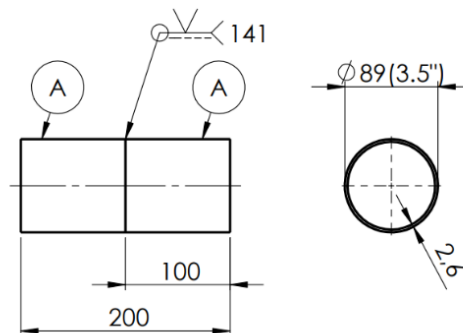
Uji komposisi kimia perlu dilakukan untuk memastikan kesesuaian antara komposisi kimia pada spesimen yang akan diproses dengan referensi [5]. Uji komposisi menggunakan metode spektroskopi emisi optik mesin FM EXPERT HITACHI. Tabel 1 menunjukkan perbandingan antara komposisi kimia material ASS 316L hasil pengujian dan standar yang dipakai.

Tabel 1. Komposisi Kimia Material ASS 316L

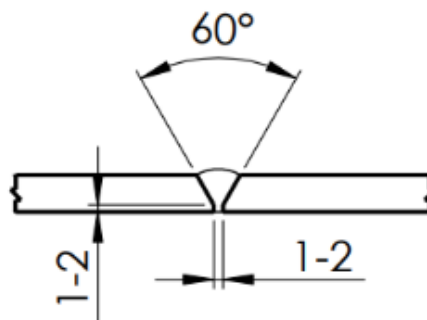
	Komposisi Kimia (%)							
	C	Cr	Ni	Mo	Si	P	Mn	Cu
ASS 316L (Hasil pengujian)	0.0309	17	12.9	3.14	0.408	0.0452	1.62	0.174
ASS 316 L (Standar)	0.03	16-18	10-14	2-3	1	0.04	2	1

2.3. Pembuatan spesimen

Spesimen las berbentuk pipa material jenis ASS 316 L dengan ukuran $\varnothing 3,5$ inch x 100mm dan tebal 2,6mm dibuat sudut kampuh untuk sambungan jenis tumpul (butt weld) yang mengacu pada standar ISO 2553, seperti terlihat pada Gambar 2 dan Gambar 3 [6].



Gambar 2. Gambar Kerja Specimen Pengelasan



Gambar 3. Detail Sambungan Las

Gambar 4. Merupakan hasil proses persiapan (welding prepare) melalui pemesinan, pembuatan sudut bevel menggunakan mesin bubut yang diawali dengan proses pembubutan muka untuk memastikan permukaan pipa rata, kemudian dibentuk miring dengan sudut 30° sehingga dari dua pipa yang di sambung membentuk bevel dengan sudut 60° seperti Gambar 3 mencakup detail sambungan las.



Gambar 4. Persiapan Material Las

Gambar 4. Las Ikat (*tack-weld*)

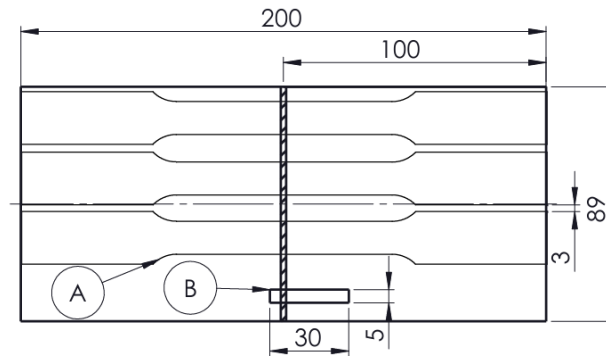
Proses penyambungan diawali dengan (*tack weld*) las ikat guna memastikan dua permukaan yang akan disambung lurus, seperti di tunjukan pada Gambar 5. Las ikat juga dilakukan untuk menahan spesimen agar tidak berubah posisi saat dilakukan proses pengelasan.

Proses pengelasan seperti pada Gambar 6, dilakukan dengan sistem backing gas (disamping gas pelindung yang keluar disekeliling tungsten juga gas argon dimasukan kedalam pipa), hal tersebut untuk menghindari terjadinya oksidasi dari udara, oksigen di dalam pipa.



Gambar 6. Proses pengelasan GTAW specimen ASS 316L

Pipa ASS 316L yang telah dilas dibelah menjadi dua bagian kemudian dipotong-potong seperti pada Gambar 7. tiga bakal spesimen uji tarik Gambar A dan satu bahan spesimen Gambar B untuk uji makro/mikro serta uji kekerasan.



Gambar 7. Lay-Out Pembuatan Specimen Uji Tarik Dan Makro Mikro Struktur

Keterangan:

A = Spesimen untuk uji tarik

B = Spesimen untuk uji keras dan foto makro, mikro

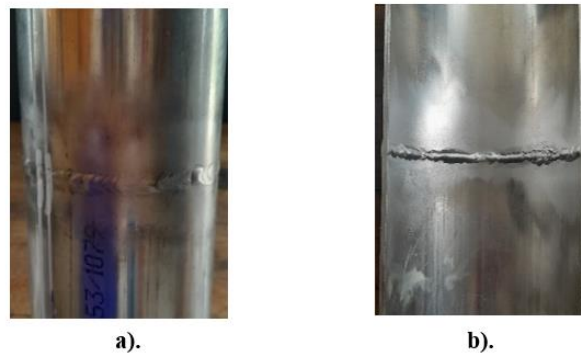
Pembuatan specimen uji tarik menggunakan mesin milling dengan ukuran sesuai pada Gambar 7 lay-out sesuai standard [7][8][9].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

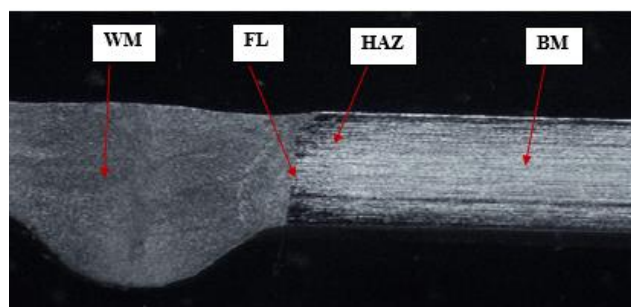
3.1. Analisa visual dan struktur makro

Analisa secara visual seperti pada gambar 8 menunjukkan hasil proses las pada bagian manik-manik atau muka las (*face*) terlihat cenderung cekung (gambar 8 a.) dan penembusan (*root*) (Gambar 8 b.) terlalu dalam (*exceses*) tercantum pada ISO 5817:2014 tingkat kualitas B, *excess* lebih dari 3mm (Xiaohui Chen, 2017). Hal tersebut terindikasi penentuan kuat arus yang terlalu besar [10].

Gambar 9 struktur makro specimen pengelasan, terdiri dari 4 bagian utama antara lain WM (*weld metal*), FL (*fusion line*), HAZ (*heat affected zone*) serta BM (*base metal*). Dari gambar terlihat *face* lebih rendah dari *base metal* dan penetrasi atau *root* terlalu dalam, hal tersebut terdapat korelasi terhadap hasil pengamatan visual antara lain indikasi arus yang digunakan terlalu besar [11].



Gambar 8. a). Face dan b). Root



Gambar 8. Foto makro daerah sambungan las

3.2. Hasil pengujian tarik

Pengujian tarik dilakukan menggunakan standar ASTM E8M, seperti pada gambar 9 menunjukkan posisi patahan hasil pengujian dari 3 spesimen uji. Terlihat posisi patahan dari 3 spesimen terjadi di daerah HAZ. Nilai kekuatan tarik sebesar 659 MPa dan kekuatan luluh dengan nilai 484 MPa, dengan nilai *elongation* sebesar 39%.

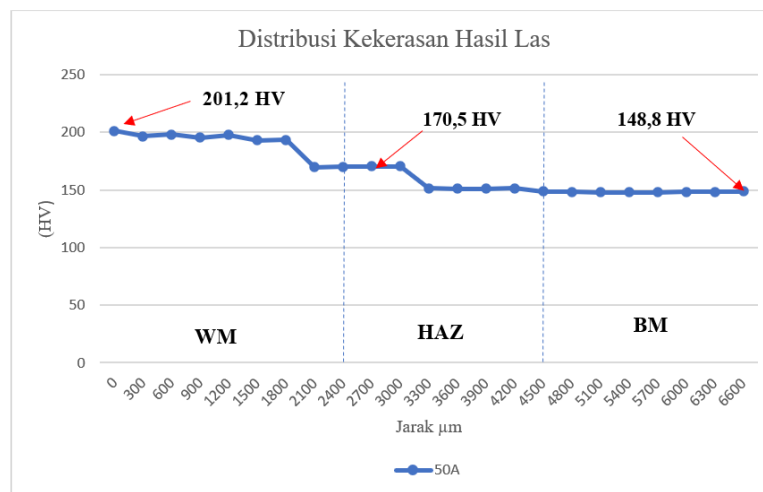


Gambar 9. Posisi Patahan Dari 3 Spesimen Uji

3.2. Hasil pengujian keras

Data hasil uji keras dengan jarak titik ke titik sebesar 300 μ m rata-rata kekerasan tertinggi terdapat di daerah weld metal sebesar 188,69 HV, di ikuti di daerah heat affected zone sebesar 154,11 HV, dan rata-rata terkecil terdapat pada daerah base metal sebesar 148,35 HV.

Gambar 10 menunjukkan distribusi nilai kekerasan terlihat meningkat dari BM (*base metal*) sampai ke WM (*weld metal*). Daerah weld metal memiliki distribusi kekerasan yang lebih besar dibandingkan dengan daerah HAZ dan base metal, nilai tertinggi diperoleh di daerah WM (*weld metal*) sebesar 201,2 HV, sedangkan nilai kekerasan terkecil diperoleh di daerah base metal sebesar 148,35 HV. Kenaikan kekerasan di daerah *weld metal* (WM) dan *heat affected zone*, ini diakibatkan karena sifat stainless steel yang sensitif terhadap panas serta proses pembekuan yang cepat dari fasa cair selama proses pengelasan [12].



Gambar 10. Distribusi Hasil Uji Keras.

4. SIMPULAN

Pengelasan GTAW dengan spesimen pipa 316L telah berhasil dilakukan. Dari hasil pengamatan visual menunjukkan *face* melebar dan terlihat manik-manik tidak terbentuk, serta root yang terlalu dalam atau disebut exeses. Hasil pengamatan foto makro terlihat *face* yang cenderung cekung serta *root* terjadi *over penetration* hal tersebut terdapat korelasi terhadap hasil pengamatan visual antara lain *face* di daerah *weld metal* (wm) lebih rendah dibandingkan *base metal* (bm) serta *root* terlalu dalam. Hasil uji tarik rata-rata tertinggi sebesar 659 MPa, dengan kekuatan luluh sebesar 484 Mpa, sedangkan *elongation* 39,3%, kemudian bentuk patahan terjadi necking yang minim atau ke cenderung terjadi patah getas. Hasil uji kekerasan rata-rata tertinggi di daerah wm sebesar 188,69HV, diikuti di daerah haz dengan rata-

rata keras sebesar 154 HV dan di daerah wm rata-rata kekerasan sebesar 148 HV. Dari hasil pengamatan dan uji mekanik hasil proses GTAW material pipa ASS 316L diameter 3.5 inch tebal 2,6mm, dan diameter filler 1.6mm menggunakan arus 50A dapat disimpulkan arus terlalu besar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Riswanda, Saragih, A. D., Harlian, & Irawan, W. A. (2024). The Effect of GTAW Process Parameters for Dissimilar Metals Steel Armour and ASS 304L Using ER316L Filler on Mechanical Properties. *International Conference on Experimental and Computational Mechanics in Engineering*, (pp. 657-665).
- [2]. Xiaohui Chen, J. L. (2017). Microstructure and mechanical properties of the austenitic stainless steel 316L fabricated by gas metal arc additive manufacturing,. *Materials Science and Engineering: A*, 567-577.
- [3]. Lippold, J., & Kotecki, D. (2005). *Welding Metallurgy and Weldability of Stainless Steels*. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc.
- [4]. ISO 2553. (1992). *Welded, brazed and soldered joints — Symbolic representation on drawings*. ISO
- [5]. Riswanda, H. K. (2024). PEMBUATAN DAN PENGUJIAN SIFAT MEKANIK WELDING SPESIMEN LOGAM DISSIMILAR AISI 1015 DENGAN AISI 304L . *Jurnal Rekayasa Mesin*, 167-175.
- [6]. ASTM-E8. (1998). ANUAL BOOK OF ASTM STANDARDS. Material test Metods and Analytical Procedures. In *Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials* (p. 90).
- [7]. ASTM-E3. (1989). ANNUAL BOOK OF ASTM STANDARDS Material Test Methode and Analytical Procedures," in Standard Practice for Preakation of Metallographic Spesimens. ASTM.
- [8]. ASTM E384. (1998). ANNUAL BOOK OF ASTM STANDARDS. Material test Metods and Analytical Procedures," in Standard Test Method for microhardness of Materials. ASTM
- [9]. ISO 5817. (2014). "INTERNATIONAL STANDARD," in Welding — Fusion-welded joints in steel, nickel, titanium and their alloys (beam welding excluded). ISO.
- [10]. Ghosh, N. (2024). Comparative Analysis of Microstructural Assessment and Weld Defects in GMAW and GTAW Techniques. *IntechOpen*.
- [11]. Metal Handbooks. (1972). *Atlas of microstrukturs of Industrial Alloys*. 139-140: Ohio.
- [12]. HARLIAN Kadir, R. S. (2022). Effect of Welding Parameter Conditions of 304L SS and AISI 1015 Dissimilar Steel Weld Joints to Macrostructure and Mechanical . *Materials Science Forum*, 61-69.
- [13]. IX, A. S. (2017). ASME Boiler and pressure Vessel Code SECTION IX. NewYork: ASME.