https://doi.org/10.56862/irajtma.v4i3.322

IRA Jurnal Teknik Mesin dan Aplikasinya (IRAJTMA)

Vol. 4, No. 3, 2025, pp. 76-84, e-ISSN: 2962-4290

Available online http://e-journals.irapublishing.com/index.php/IRAJTMA/

Scientific Articles

Pengaruh Variasi Temperatur Artificial Aging terhadap Sifat Mekanik Sambungan Las Busur Tungsten Gas (GTAW) Pipa Aluminium 6063

The Effect of Artificial Aging Temperature Variation on the Mechanical Properties of Gas Tungsten Arc Welding (GTAW) Joints of 6063 Aluminum Pipes

Misbahul Mu'min[1*], Viktor Naubnome[1], Siswadi[1], Rizki Fauzi[1]

[1]Program Studi Teknik Mesin, Universitas Singaperbangsa Karawang, Karawang 41361, Indonesia

**Corresponding author*: 2110631150120@student.unsika.ac.id

Diterima: 03-09-2025 **Disetujui: 22-10-2025** **Dipublikasikan: 28-12-2025**

IRAJTMA is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

Abstrak

Aluminium paduan seri 6000, khususnya AA 6063, banyak digunakan pada konstruksi pipa karena sifatnya yang ringan, tahan korosi, dan dapat dilas dengan proses Las Busur Tungsten Gas (GTAW). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur Perlakuan Panas artificial aging terhadap kekuatan tarik dan kekerasan sambungan las pipa aluminium 6063. Variasi temperatur artificial aging yang digunakan adalah 150°C, 175°C, dan 200°C dengan waktu tahan 30 menit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan aging pada temperatur 200°C menghasilkan nilai ultimate tensile strength (UTS) tertinggi yaitu 181 MPa, serta kekerasan tertinggi pada daerah base metal (BM) dengan nilai 70,5 HV.

Kata Kunci: Aluminium 6063, Perlakuan Panas Pasca-Las, Las Busur Tungsten Gas, Sifat Mekanik.

Abstract

Aluminum alloy series 6000, especially AA 6063, is widely used in pipe construction because of its light weight, corrosion resistance, and weldability with Gas Tungsten Arc Welding (GTAW) process. This study aims to determine the effects of variations in the heat-treatment temperature during artificial aging on the tensile strength and hardness of 6063 aluminum pipe weld joints. The artificial aging temperature variations used were 150°C, 175°C, and 200°C with a holding time of 30 minutes. The results showed that aging at 200°C produced the highest ultimate tensile strength (UTS) of 181 MPa and the highest hardness in the base metal (BM) area of 70.5 HV.

Keywords: *Aluminum 6063, Post-Weld Heat Treatment, Gas Tungsten Arc Welding, Mechanical Properties.*

1. Pendahuluan

Aluminium paduan seri 6000, khususnya AA 6063, banyak digunakan dalam industri manufaktur, terutama untuk konstruksi pipa, kendaraan, dan komponen pesawat terbang. Paduan ini memiliki sifat ringan, ketahanan korosi yang baik, serta kemampuan untuk dilas dengan berbagai metode pengelasan. Paduan AA 6063 termasuk dalam kelompok heat-treatable yang mengandung unsur magnesium (Mg) dan silikon (Si), sehingga sifat mekanik dan fisiknya dapat ditingkatkan melalui perlakuan panas (Rahmatika et al., 2019).

Namun, pengelasan aluminium sering menghadapi tantangan, salah satunya adalah distorsi yang disebabkan oleh tegangan sisa yang muncul selama proses pengelasan. Distorsi ini dapat menurunkan kualitas sambungan las, yang pada akhirnya mempengaruhi kekuatan

sambungan (Hakim, 2020). Salah satu metode pengelasan yang banyak digunakan untuk mengatasi masalah tersebut adalah Gas Tungsten Arc Welding (GTAW). Metode ini dipilih karena dapat menghasilkan sambungan las yang bersih dan kuat, serta cocok untuk material non-ferro seperti aluminium (Wicaksono, Suharno, & Harjanto, 2019). Namun, meskipun GTAW memiliki keunggulan dalam menghasilkan sambungan las yang baik, aluminium tetap rentan terhadap hot cracking dan pengaruh tegangan sisa, yang dapat memengaruhi sifat mekanik sambungan las.

Sebagai solusi untuk mengatasi masalah tersebut, dilakukan Perlakuan Panas artificial aging, yang bertujuan untuk menghilangkan tegangan sisa dan meningkatkan sifat mekanik sambungan las (Utomo & Basyirun, 2018). artificial aging pada sambungan las aluminium dapat dilakukan dengan berbagai metode, salah satunya adalah aging. Perlakuan aging yang tepat dapat meningkatkan kekuatan tarik dan ketahanan terhadap deformasi pada sambungan las, sehingga meningkatkan kinerja material dalam aplikasi yang lebih luas (Arifah & Ruswanto, 2020).

Penelitian sebelumnya juga menunjukkan bahwa PWHT dengan kontrol temperatur yang tepat dapat meningkatkan kualitas sambungan las pada paduan aluminium. Abolosuro et al. (2024) menemukan bahwa peningkatan suhu aging dapat meningkatkan sifat mekanik serta daya tahan terhadap korosi pada sambungan las, meskipun pada kecepatan rotasi tertentu, kekuatan tarik mengalami penurunan. Selain itu, Dada et al. (2024) membandingkan teknik pengelasan TIG dan MIG pada aluminium 6063 dan menemukan bahwa pengelasan TIG, dengan kontrol yang tepat, menghasilkan struktur mikro yang lebih halus dan sifat mekanik yang lebih baik. Chen et al. (2024) juga menekankan pentingnya kontrol temperatur aging dalam aplikasi struktur laut untuk meningkatkan ketahanan sambungan las terhadap lingkungan korosif.

Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi pengaruh variasi temperatur aging terhadap sifat mekanik sambungan las pipa aluminium 6063 yang menggunakan metode pengelasan GTAW. Variasi temperatur yang digunakan dalam penelitian ini adalah 150°C, 175°C, dan 200°C dengan waktu tahan 30 menit. Diharapkan temuan dari penelitian ini dapat memberikan sumbangan dalam kemajuan teknologi pengelasan aluminium yang lebih efektif dan berkelanjutan.

2. Metode dan Parameter Penelitian

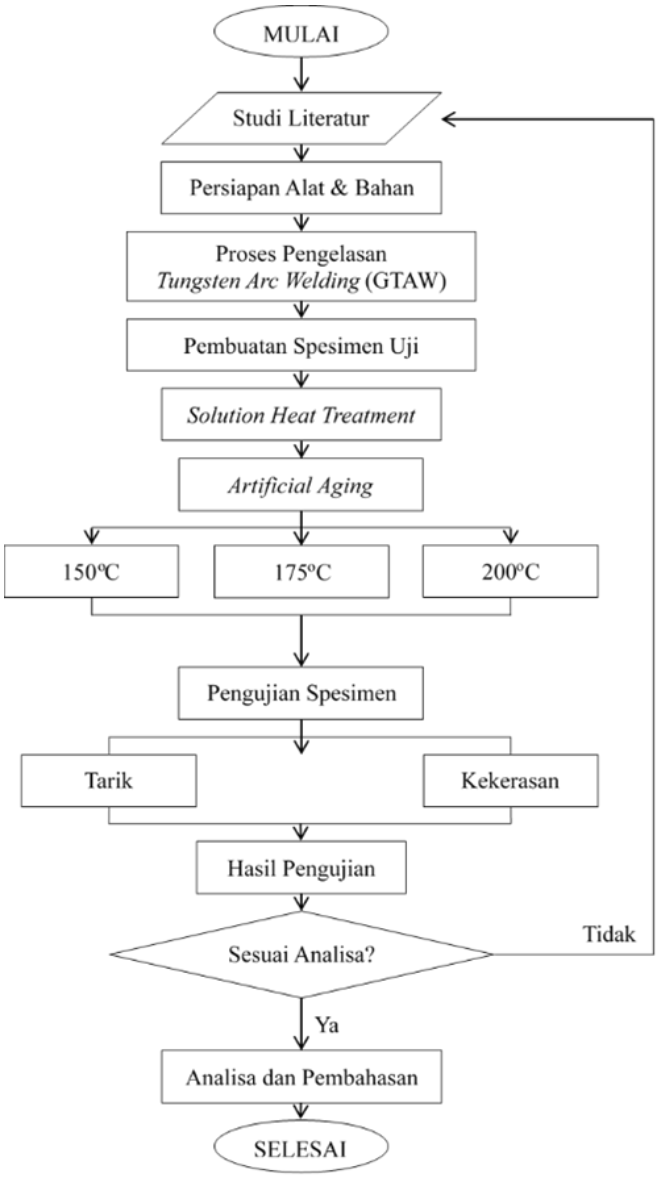
Penelitian ini dilakukan pada bulan Agustus 2025 di Laboratorium Bahan dan Metalurgi POLBAN. Adapun rangcangan dari penelitin ini seperti pada diagram alir (Gambar 2).

2.1. Spesifikasi Material

Gambar dan spesifikasi material pipa Aluminium 6063 seperti pada Gambar 1.

a. Material Specifications : Pipa Alumunium 6063
b. Diameter : 3 inch
c. Tebal : 3 mm
d. Panjang : 100 mm

Gambar 1. Material pipa Aluminium 6063



Gambar 2. Diagram alir penelitian

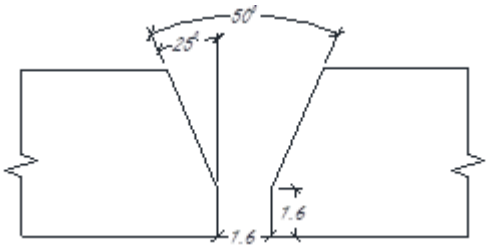
2.2 Parameter pengelasan

Proses pengelasa ini dilakukan sesuai dengan Welding Procedure Specification (WPS) yang telah di tentukan sebelumnya. Berikut merupakan parameter pengelasan yang digunakan:

Tabel 1. Parameter Pengelasan

Parameter	Keterangan
Joint	*Single V-Groove*
Posisi Pengelasan	1G
Jenis Filler	ER 5356
Diameter Filler	Ø 1.6 mm
Arus	Alternating Current (AC)
Jumlah Layer	2 Layer
Shelding Gas	Argon 99,99%

Berikut ini merupakan detail gambar dari jenis sambungan yang digunakan pada penetian ini, dengan *grove angle* 50°, *angle of bevel* 25°, *root gap* 1,6 mm, *root face* 1,6 mm.



Gambar 3. Kampuh single-v butt joint

2.3 Parameter Heat Treatment

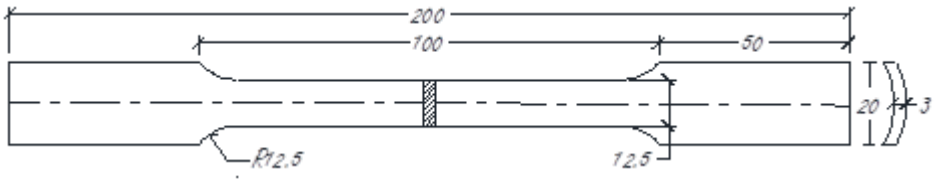
Pada material yang telah melalui proses pengelasan, selanjutnya dilakukan proses pembuatan spesimen uji sesuai standar yang berlaku. Proses pembuatan spesimen dilakukan menggunakan mesin milling. Setelah pembuatan spesimen selesai, tahap berikutnya adalah melakukan proses artificial aging dengan parameter sebagai berikut.

Tabel 2. Parameter Heat treatment

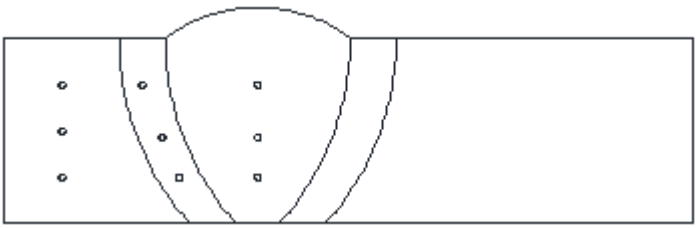
Kode Spesimen Uji tarik	Temperatur	Pengujian	
		Uji Tarik	Kekerasan
B1	150°C	3	1
B2	175°C	3	1
B3	200°C	3	1
Total spesimen		12	

2.4 Proses pengujian

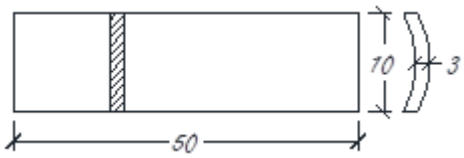
Pada tahap ini dilakukan proses pengujian terhadap spesimen yang telah melalui proses pengelasan dan perlakuan panas aging . Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui sifat mekanik pada spesimen. Standar yang digunakan untuk pengujian tarik dalam penelitian ini adalah ASTM E8, sedangkan pengujian kekerasan Vickers menggunakan standar ASTM E384.



Gambar 4. Spesimen uji tarik (ASTM E8)



Gambar 5. Daerah pengujian kekerasan



Gambar 6. Spesimen uji kekerasan

3. Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini dilakukan dengan dua jenis pengujian, yaitu uji tarik dan kekerasan. Uji tarik ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui kekuatan dan keuletan material, sedangkan uji kekerasan digunakan untuk menilai ketahanan permukaan terhadap deformasi plastis. Hasil dari

kedua pengujian ini disajikan secara berurutan guna memberikan gambaran menyeluruh mengenai sifat mekanik.

3.1. Hasil Uji Tarik

Gambar 7. Spesimen Aging 150°C

Gambar 8. Spesimen Aging 175°C

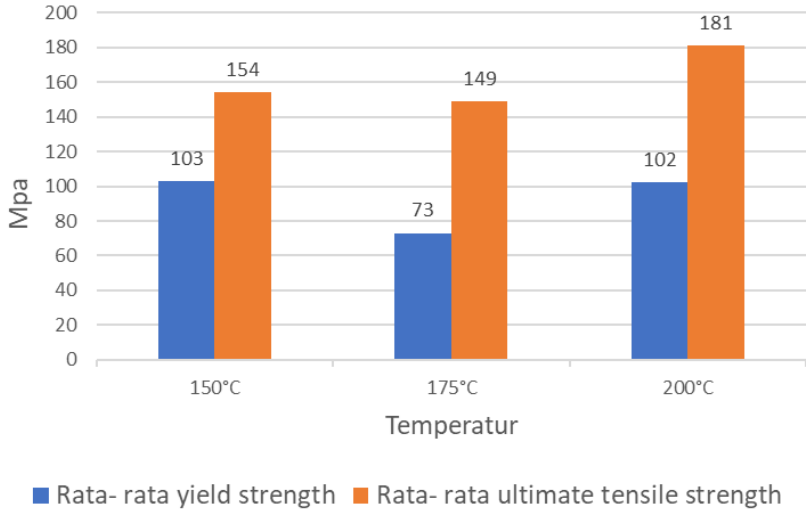
Gambar 9. Spesimen Aging 200°C

Pada spesimen aging 150°C dengan kode spesimen B1 didapatkan nilai rata-rata beban maksimal (F max) 6.145 kN, yield strength 103 Mpa dan ultimate tensile strength sebesar 154 Mpa. Titik pata dari ketiga spesimen B1 adalah pada area weld metal (WM). Pada spesimen temperatur 175oC dengan kode spesimen B2 didapatkan nilai rata-rata beban maksimal (F max) sebesar 5.867 kN, yield strength 73 Mpa dan ultimate tensile strength sebesar 149 Mpa. Breaking point pada spesimen B21 dan B23 adalah WM, sedangkan pada spesimen B22 putus pada area base metal (BM). Sedangkan pada spesimen aging 200oC dengan kode spesimen B3 di dapatkan nilai rata-rata beban maksimal (F max) sebesar 7.479 kN, yield strength 102 Mpa dan ultimate tensile strength sebesar 181 Mpa. Titik putus dari ketiga spesimen B3 adalah pada area BM.

Tabel 3. Hasil uji tarik

Spesimen		Spesifikasi		Hasil Uji Tarik			
		Lebar (mm)	Luas (mm^2)	F min (kN)	F max (kN)	YS (Mpa)	UTS (Mpa)
150°C	B11	12.1	39.93	3.838	6.300	96	158
	B12	12.2	40.26	4.353	5.351	108	133
	B13	12.3	39.60	4.220	6.784	107	171
Rata-rata				**4.137**	**6.145**	**103**	**154**
175°C	B21	12.3	39.60	3.138	4.767	79	120
	B22	11.8	39.23	3.668	7.710	93	196
	B23	11.9	36.69	1.828	5.126	47	132
Rata-rata				**2.878**	**5.867**	**73**	**149**
200°C	B31	12.0	42.16	3.823	7.641	90	181
	B32	12.1	41.14	4.211	7.508	102	182
	B33	12.3	40.59	4.630	7.289	114	180
Rata-rata				**4.221**	**7.479**	**102**	**181**

Dari hasil uji tarik yang telah dilakukan diperoleh nilai rata-rata kekuatan ultimit dan kekuatan luluh masing-masing spesimen dan datanya dapat dilihat pada grafik dibawah ini.

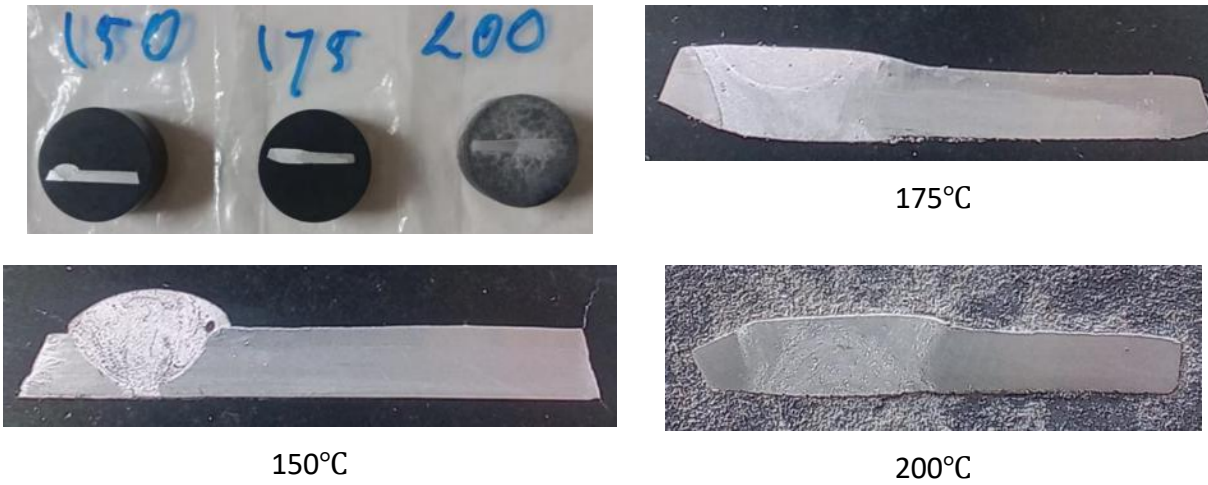


Gambar 10. Grafik hasil pengujian tarik

Berdasarkan grafik diatas, penggunaan suhu aging yang berbeda memperlihatkan tingkat kekuatan tarik yang berbeda. Pada spesimen dengan suhu aging 150°C memiliki rata-rata UTS 154 Mpa, spesimen dengan perlakuan aging 175°C memiliki rata-rata UTS 149 Mpa, sedangkan spesimen dengan perlakuan aging 200°C memiliki rata-rata UTS paling tinggi, yaitu 181 Mpa, dan pada spesimen aging 200°C ini juga breaking point nya putus pada area base metal yang artinya pada temperatur aging ini cocok untuk meningkatkan kekuatan tarik pada area weld metal. Hal ini sesuai dengan penjelasan (Fudenburk 1997) bahwa kekuatan tarik sambungan las paduan aluminium dapat ditingkatkan dengan menerapkan perlakuan panas pasca pengelasan yang tepat.

3.2 Hasil uji Vickers

Spesimen uji tarik Vickers seperti diperlihatkan pada Gambar 11.



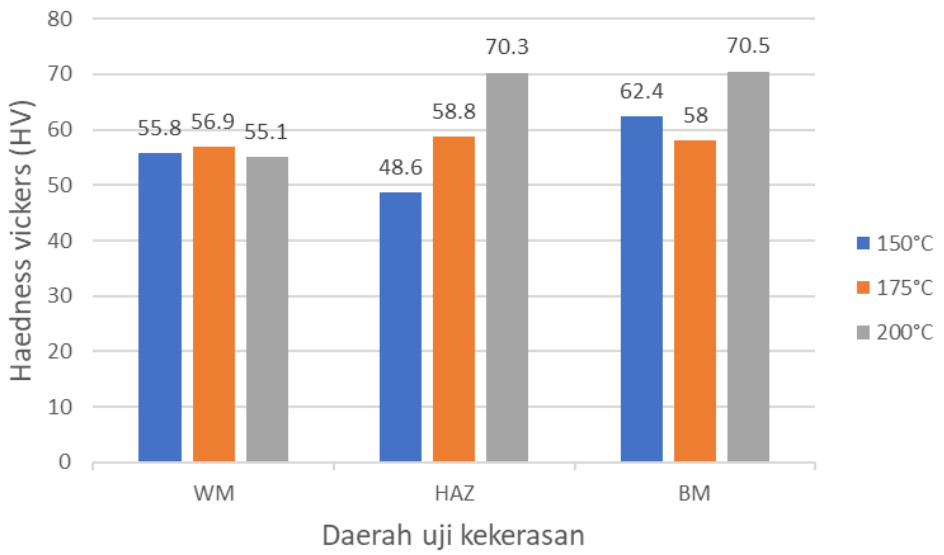
Gambar 11. Spesimen kekerasan Vickers

Pada spesimen aging 150°C didapatkan rata-rata nilai kekerasan pada bagian base metal 62.4 HV, HAZ 48.6 HV, dan weld metal 55.8 HV. Pada spesimen aging dengan temperatur 175°C didapatkan rata-rata nilai kekerasan pada bagian base metal 58.0 HV, HAZ 58.8 HV, dan weld

metal 56.9 HV. Pada spesimen aging dengan temperatur 200oC didapatkan rata-rata nilai kekerasan pada bagian base metal 70.5 HV, HAZ 70.3 HV, dan weld metal 55.1 HV.

Tabel 4. Hasil pengujian Vickers

Spesimen	Test Location	Titik	Diagonal Indentasi (mm)		Hardness Vickers (HV)	Rata-rata
			d1	d2		
150°C	WM	1	54.85	54.94	61.5	55.8
		2	58.95	58.93	53.4	
		3	54.39	54.40	52.7	
	HAZ	1	57.34	57.33	56.4	48.6
		2	66.30	66.41	42.1	
		3	62.62	62.67	47.3	
	BM	1	55.02	54.98	61.3	62.4
		2	54.14	54.16	63.2	
		3	54.38	54.38	62.7	
175°C	WM	1	57.12	57.13	56.8	56.9
		2	57.05	56.97	57.1	
		3	57.08	57.07	56.9	
	HAZ	1	55.70	56.56	58.9	58.8
		2	55.27	56.80	59.1	
		3	56.35	56.36	58.4	
	BM	1	56.27	56.29	58.5	58.0
		2	56.73	56.72	57.6	
		3	56.34	56.81	57.9	
200°C	WM	1	58.22	58.20	54.7	55.1
		2	57.88	57.81	55.4	
		3	57.93	67.83	55.4	
	HAZ	1	51.83	51.87	69.0	70.3
		2	51.07	51.09	71.1	
		3	51.13	51.13	70.9	
	BM	1	51.20	51.21	70.7	70.5
		2	51.21	51.26	70.6	
		3	51.41	51.41	70.2	



Gambar 12. Grafik hasil uji kekerasan Vickers

Dari hasil pengujian kekerasan (Tabel 4) yang telah dilakukan didapatkan nilai rata-rata hardness vickers (HV) per area, yang dimana daerah base metal, weld metal, dan heat effected zone. dan berikut ini merupakan rata-rata kekerasan per area tiap temperatur aging.

Berdasarkan dari Gambar 12 yang diatas diketahui spesimen yang mempunyai kekerasan pada daerah WM tertinggi dihasilkan oleh penggunaan aging 175°C dengan nilai sebesar 56.9 HV, nilai kekerasa tertinggi pada daerah HAZ dihasilkan pada penggunaan aging 200oC dengan nilai 70.3 HV, sedangkan nilai kekerasan tertinggi pada daerah BM dihasilkan pada penggunaan aging 200oC dengan nilai 70.5 HV.

Maka dapat disimpulkan lagi-lagi pada temperatur 200°C ini menghasilkan nilai rata-rata hardness vickers pada daerah HAZ dan BM tertinggi, akan tetapi pada daerah WM pada temperatur aging 200°C ini memiliki nilai kekerasan paling rendah.

3.3. Perbandingan dengan studi terkait

Penelitian sebelumnya oleh Utomo (2018) juga menunjukkan bahwa perlakuan panas pasca-las pada aluminium alloy 6061 dapat meningkatkan kekuatan tarik dan kekerasan pada beberapa daerah sambungan las. Hal ini mendukung temuan penelitian ini yang menunjukkan peningkatan UTS pada temperatur aging 200°C. Namun, penurunan kekerasan pada WM pada perlakuan aging 200°C menekankan pentingnya kontrol yang cermat dalam memilih temperatur untuk memastikan kualitas keseluruhan sambungan las.

4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pengaruh variasi temperatur aging pada Perlakuan Panas artificial aging terhadap sifat mekanik sambungan las pipa aluminium 6063 menggunakan metode Gas Tungsten Arc Welding, dapat disimpulkan beberapa hal berikut:

1. Perlakuan aging pada temperatur 200°C selama 30 menit menghasilkan Nilai kekuatan tarik tertinggi (UTS) mencapai 181 MPa, serta nilai kekerasan tertinggi ditemukan pada Base Metal dengan nilai 70,5 HV. Hal ini menunjukkan bahwa temperatur aging 200°C memberikan peningkatan kekuatan tarik dan kekerasan yang signifikan pada material aluminium 6063.
2. Terdapat beberapa batasan dalam penelitian ini yang perlu diperhatikan, di antaranya:
   - Waktu tahan pada proses aging hanya dilakukan selama 30 menit, yang mungkin tidak cukup untuk mengeksplorasi pengaruh waktu tahan yang lebih panjang terhadap sifat mekanik sambungan las.
   - Tidak dilakukan analisis mikrostruktur menggunakan metode Scanning Electron Microscopy (SEM) atau Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (EDS), yang dapat memberikan informasi lebih mendalam mengenai perubahan struktur mikro pada berbagai kondisi perlakuan panas.
3. Saran untuk Penelitian Lanjutan:
   - Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengeksplorasi variasi waktu tahan yang lebih lama pada temperatur aging untuk mengetahui pengaruhnya terhadap sifat mekanik sambungan las.
   - Analisis mikrostruktur menggunakan SEM atau EDS bisa dilaksanakan untuk memahami lebih lanjut perubahan mikrostruktur pada sambungan las, khususnya pada daerah Base Metal (BM), Heat Affected Zone (HAZ), dan Weld Metal (WM).
   - Penelitian lebih lanjut juga dapat memperluas kondisi percobaan dengan variasi material atau teknik pengelasan lain untuk membandingkan hasil yang lebih komprehensif.

Daftar Pustaka

Abolusoro, O. P., O. I. Ajayi, O. O. Olofin, and S. I. Olayanju. 2024. "Influence of Welding Parameters and Post Weld Heat Treatment on Mechanical, Microstructures and Corrosion Behaviour of Friction Stir Welded Aluminium Alloys." *Materials Science and Engineering: A* 202: 1–11. https://doi.org/10.1016/j.msea.2024.04.013.

Arifah, A., dan S. Ruswanto. 2020. "Efek Post Weld Heat Treatment terhadap Sifat Mekanik AISI 316 Hasil Pengelasan GTAW." *Jurnal Mekanik Terapan* 1: 81–87.

ASME. 2021. *ASME Boiler and Pressure Vessel Code: An International Code*. Section IX. 2021 ed. New York: American Society of Mechanical Engineers.

AWS. 2014. *Structural Welding Code Aluminum*. AWS D1.2/D1.2M. 6th ed. New York: American Welding Society.

Fudenburk, R. 1997. *Effect of Post-Weld Heat Treatment on the Mechanical Properties of Aluminum Alloys*. 2nd ed. New York: Welding Journal.

Hakim, I. A. R., dan I. Imran. 2020. "Analisa Pengaruh Variasi Kampuh terhadap Hasil Pengelasan SMAW pada Stainless Steel 304 Menggunakan Pengujian Ultrasonic dan Kekuatan Tarik." *Jurnal Polimesin* 18 (1): 12–19.

Nofri. 2020. "Analisis Perubahan Sifat Mekanik Al 6063 Setelah Dilakukan Heat Treatment pada Temperatur Tetap dengan Waktu Tahan yang Bervariasi." *Bina Teknika* 16 (1): 35–42.

Rahmatika, A., S. Ibrahim, M. Hersaputri, dan E. Aprilia. 2019. "Studi Pengaruh Variasi Kuat Arus terhadap Sifat Mekanik Hasil Pengelasan GTAW Aluminium 1050 dengan Filler ER 4043." *Jurnal Polimesin* 17 (1): 47–58.

Utomo, E. W., dan M. Basyirun. 2018. "Pengaruh Temperatur Post-Weld Heat Treatment pada Pengelasan TIG terhadap Struktur Mikro dan Kekuatan Tarik Aluminium Alloy 6061." *Jurnal Teknik Mesin* 14 (2): 123–133.

Wicaksono, Rochim Toat, Suharno, dan Budi Harjanto. 2019. "Pengaruh Kuat Arus pada Pengelasan Paduan Aluminium 6061 dengan Menggunakan Metode Las TIG terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro." *Nozel: Jurnal Pendidikan Teknik Mesin* 1 (1): 37. https://doi.org/10.20961/nozel.v1i1.28484.