

ANALISIS PENGARUH *HOLDING TIME ARTIFICIAL AGING* DENGAN PENGELASAN GTAW PADA ALUMINIUM ALLOY 6061 TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN *METALLOGRAPHY TEST*

Alfian Febriansyah^{1*}, Moh. Thoriq Wahyudi², Dika Anggara³

Program Studi Teknik Pengelasan, Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya
60111^{1*}

Email: febriansyahalfian03@gmail.com¹

Abstract – Aluminum is one of the most widely used non-ferrous metals in the engineering field because it has lightweight, corrosion-resistant, and recyclable properties. To meet the eligibility of bicycles for sale, bicycle frames must have a hardness value of 16-17 HRE (112-142 HVN). However, initially this material has a hardness value of 4-6 HRE, therefore it is necessary to do heat treatment after welding or it can also be called PWHT. This research was conducted to find the effect of holding time artificial aging on tensile value, microstructure, and hardness. The tensile test results show that the highest average value is at the holding time artificial aging 4 hours, which is 250.93 Mpa. The microstructure test results show an increase in the number of Mg₂Si phases and the denser the microstructure if it is at the right holding time. In microstructure testing, specimens with holding time artificial aging 4 hours have the most Mg₂Si structure so that it is homogeneous so that it has the highest average hardness as well. The hardness test results show that the highest value is in the base metal with a holding time of artificial aging 3 hours, which is 133.80 HVN and the lowest in the specimen with a holding time of 5 hours, which is 116.2 HVN. Especially in the weld metal area, the highest hardness is in the specimen with a holding time of 4 hours, which is 95.3 HVN and the lowest hardness value is in the specimen with a holding time of artificial aging 5 hours, which is 82.2 HVN. So it can be concluded that with the influence of the right holding time can increase the value of hardness and improve the final structure of the material.

Keyword: Aluminium Alloy 6061, Holding Time, Artificial Aging

1. PENDAHULUAN

PT. X adalah perusahaan yang bergerak dibidang *manufacture* yang memproduksi sepeda. Untuk membangun struktur yang kuat dari *frame* sepeda yang terbuat dari material aluminium diperlukan penyambungan antar bagian segitiga depan dan segitiga belakang. Penyambungan ini dilakukan dengan metode pengelasan yang menyambungkan material tube menjadi satu bagian yaitu kerangka *frame* sepeda. Struktur *frame* sepeda yang kuat memiliki nilai kekerasan 16-17 HRE untuk standar kelayakan sepeda layak jual.

Dengan terus berkembangnya teknologi, berbagai jenis *frame* sepeda semakin memiliki banyak peminat seiring dengan material yang digunakan pada *frame* tersebut. Salah satu material yang digunakan yaitu aluminium. Aluminium merupakan salah satu logam *non-ferrous* yang paling banyak dipergunakan dalam bidang keteknikan karena memiliki sifat yang ringan, tahan terhadap korosi, dan dapat didaur ulang. Aluminium sering dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan berbagai perlengkapan rumah tangga, industri otomotif, hingga pembuatan pesawat terbang. Hal ini dikarenakan Aluminium memiliki beberapa sifat yang unggul seperti kuat, ringan, serta konduktivitas panas dan listrik tinggi [2]. Aluminium dinilai memiliki manfaat yang cukup besar untuk industri

sepeda. Aluminium tipe 6061 menjadi material yang dipilih dan digunakan sebagai *frame* sepeda. Karena dengan karakteristik material yang dimiliki dinilai cukup baik dan banyak manfaat yang didapatkan.

Perusahaan ini selalu melakukan riset untuk meningkatkan kualitas dari produk yang dibuatnya dan dilakukan dengan metode "*trial and error*" oleh divisi RND. Untuk mendapatkan kekerasan yang diinginkan, pihak perusahaan selalu melakukan perlakuan panas setelah dilakukannya pengelasan atau dapat disebut juga sebagai *Post Weld Heat Treatment* (PWHT). PWHT adalah salah satu proses perlakuan panas yang dilakukan setelah proses pengelasan [1]. PWHT berguna untuk mengurangi tegangan sisa yang terjadi setelah pengelasan dan meningkatkan kekerasan material.

Salah satu faktor krusial yang harus diperhatikan pada proses PWHT adalah holding time atau waktu penahanan. *Holding time* adalah waktu penahanan yang dilakukan untuk mendapatkan temperature pemanasan yang homogen, struktur mikro yang homogen serta bertujuan untuk menurunkan nilai kekerasan. Oleh karena itu, *holding time* harus diperhatikan pada saat proses PWHT berlangsung, karena bisa mempengaruhi struktur dan sifat mekanis material. Proses pengelasan akan meningkatkan nilai kekerasan material atau hasil las karena struktur mikro material lebih banyak didominasi oleh *ferite* dan butiran yang semakin kecil

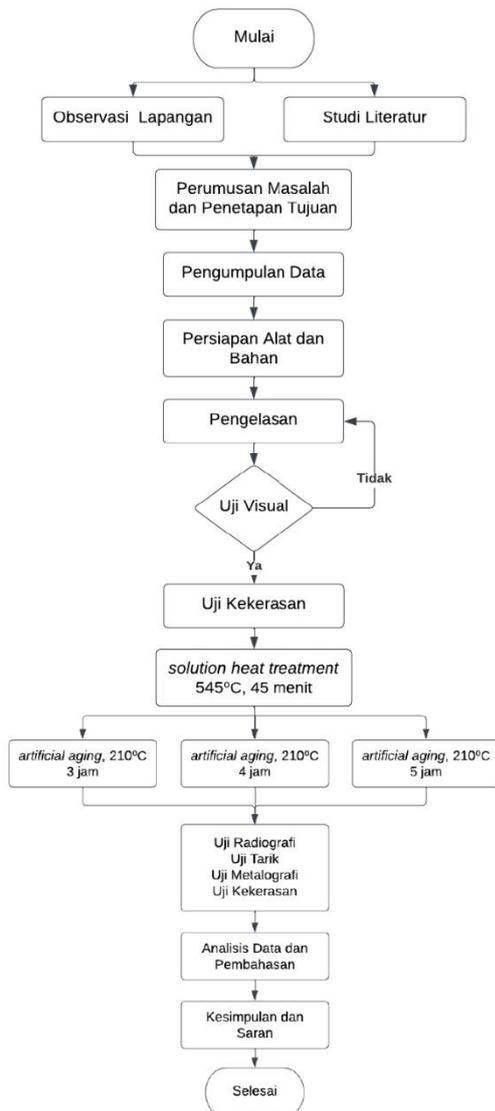
sehingga akan meningkatkan kekerasan material, namun nilai kekerasan akan berkurang sesuai dengan *holding time* [3].

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi *holding time* pada PWHT terhadap material aluminium 6061 dengan proses pengelasan GTAW dan pada posisi pengelasan 1G, *temperature* PWHT pada penelitian ini adalah 210°C pada proses *artificial aging* dan variasi *holding time* yang digunakan adalah 3 jam, 4 jam, dan 5 jam.

2. METODOLOGI.

2.1. Metode Penelitian

Untuk diagram alir penelitian ini dapat dilihat pada gambar 1 berikut.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.2. Pengujian Tarik

Pengujian tarik merupakan suatu metode yang digunakan untuk menguji kekuatan (*tensile strength*) suatu bahan/material dengan cara memberikan beban (gaya statis) yang seimbang dan diberikan secara lambat ataupun cepat. Didapatkan hasil sifat mekanik dari pengujian ini berupa kekuatan dan elastisitas dari

material. Nilai kekuatan dan elastisitas dari material dapat dilihat dari kurva hasil uji tarik.

2.3. Pengujian Struktur Mikro

Uji mikro dilakukan untuk melihat terjadinya perubahan struktur mikro pada obyek penelitian sebagai akibat dari proses-proses eksperimen yang telah diterimanya. Yang dapat diamati adalah daerah *base metal*, HAZ, dan *weld metal* dari variasi *holding time* yang telah dilakukan. Sebelum dilakukan pengujian, spesimen harus dietsa terlebih dahulu. Menurut standar (ISO-TR 16060, 2003) aluminium akan dietsa menggunakan larutan nital dengan komposisi 180 ml *distilled water*, 15 ml *hydrochloric acid* (HCl), 10 ml *hydrofluoric acid* (HF).

2.4. Pengujian Kekerasan (*Hardness Vickers*)

Dalam engineering yang menyangkut logam kekerasan dinyatakan sebagai kemampuan dalam menahan indentasi/penetrasi/abrasi atau dengan kata lain ketahanan logam terhadap deformasi plastis (Modul ajar DT/NDT). Pengujian *hardness* dilakukan untuk mengetahui nilai kekerasan dari suatu material pada daerah *base metal*, HAZ, dan *weld metal* dari masing-masing spesimen. Pada penelitian ini metode yang digunakan untuk pengujian kekerasan adalah metode *hardness vickers*. Pemberian beban pada permukaan sampel dengan menggunakan indenter, sehingga menghasilkan jejak. Metode ini disebut metode indentasi, setelah adanya indentasi akan ada jejak indenter yang kemudian dilakukan pengukuran.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Pengujian Tarik

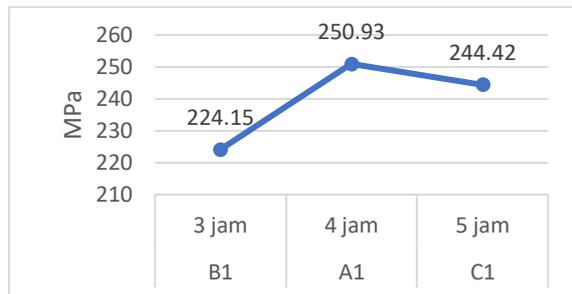
Hasil yang diperoleh dari uji tarik ketiga spesimen terdapat pada tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Hasil Pengujian Tarik Spesimen

Kode Spesimen	<i>Holding Time</i>	<i>Ultimate Strength</i> (Mpa)	Area Patah	Rata - Rata (Mpa)
B1. 1	3 jam	245,23	<i>Weld metal</i>	224,15
B1. 2	3 jam	203,07	<i>Weld metal</i>	
A1. 1	4 jam	227,72	<i>Weld metal</i>	250,93
A1. 2	4 jam	274,14	<i>Weld metal</i>	
C1. 1	5 jam	243,78	<i>Weld metal</i>	244,42
C1. 2	5 jam	245,05	<i>Weld metal</i>	

Dari hasil pengujian tarik spesimen diatas didapatkan bahwa pada keenam spesimen area yang patah berada di area *weld metal*. Namun masih masuk kedalam syarat keberterimaan karena hasil *ultimate strength* yang didapat masih berada diatas *minimum ultimate tensile strength* dari *base metal*. Aluminium alloy 6061 memiliki kekuatan tarik *minimum* sebesar 165 Mpa, sedangkan pada data Tabel 1 rata-rata hasil kuat tariknya berada diatas 165 Mpa.

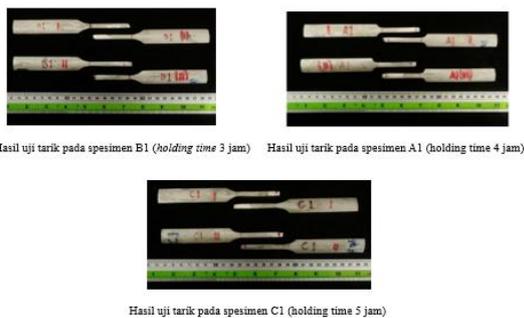
Untuk grafik rata-rata *ultimate tensile strenght* pada spesimen variasi *holding time* 3 jam, 4 jam, dan 5 jam dapat dilihat pada gambar 2 dibawah ini.



Gambar 2. Grafik rata-rata *ultimate tensile strenght*

Pada grafik diatas didapatkan nilai rata-rata nilai *ultimate strength*, dimana untuk nilai *ultimate strength* tertinggi terdapat pada spesimen dengan *holding time* 4 jam dengan nilai rata-rata 250,53 MPa dan nilai rata-rata terendah pada spesimen dengan *holding time* 3 jam dengan nilai rata-rata 224,15 MPa.

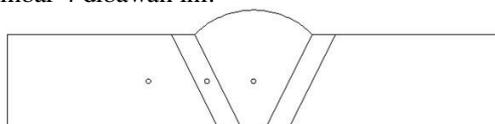
Hasil pengujian tarik pada spesimen dengan variasi *holding time* dapat dilihat pada Gambar 3 dibawah ini



Gambar 3. Hasil uji tarik pada spesimen

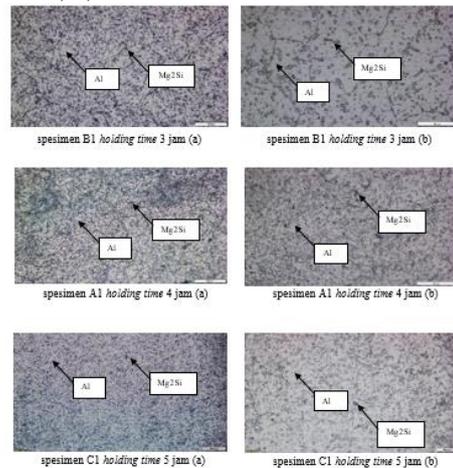
3.2 Hasil Pengujian Mikro

Pengujian struktur mikro dilakukan bertujuan untuk mengetahui bentuk struktur mikro setelah proses pengelasan GTAW dengan *holding time* PWHT *artificial aging* yang berbeda-beda. Pengujian struktur mikro ini dilakukan dengan 3 spesimen uji yaitu B1 (*holding time* 3 jam), A1 (*holding time* 4jam), dan C1 (*holding time* 5 jam). Bagian yang diamati adalah *weld metal*, HAZ, dan *base metal*. Pada pengujian struktur mikro ini spesimen sebelumnya harus di polishing menggunakan kertas gosok grade 800 hingga grade 5000 dan juga menggunakan kain wool. Selanjutnya pengamatan dilakukan dengan cara menggunakan cairan etsa yang menggunakan larutan nital dengan komposisi 180 ml *distilled water*, 15 ml *hydrochloric acid* (HCl), dan 10 ml *hydrofluoric acid* (HF). Titik pengamatan pada spesimen uji struktur mikro dapat dilihat pada Gambar 4 dibawah ini.

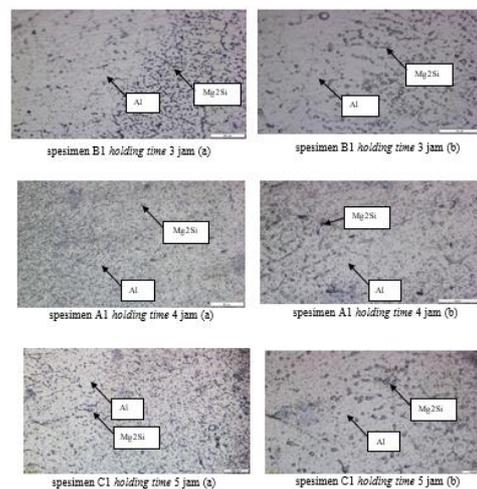


Gambar 4. Titik pengamatan struktur mikro

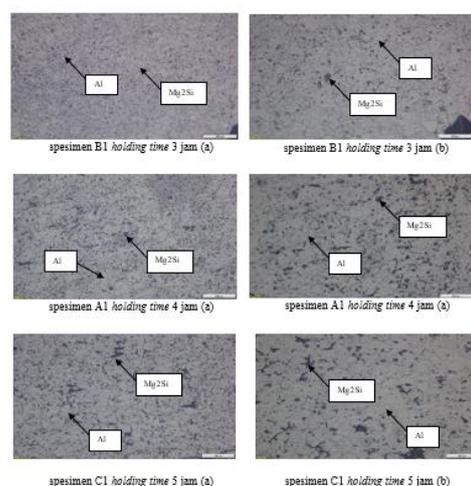
Hasil foto mikro spesimen pada daerah *weld metal*, HAZ, dan *base metal* dapat dilihat pada Gambar 5, 6, dan 7 dibawah ini.



Gambar 5. Hasil uji mikro pada daerah *weld metal* (a) 200x, (b) 500x



Gambar 6. Hasil uji mikro pada daerah HAZ (a) 200x, (b) 500x



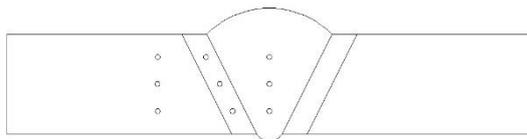
Gambar 7. Hasil uji mikro pada daerah *base metal* (a) 200x, (b) 500x

Pada hasil pengujian mikro diatas, yang memiliki fasa Mg_2Si paling banyak terdapat pada daerah *base metal*. Hal itu yang menyebabkan daerah *base metal* memiliki nilai kekerasan paling tinggi

daripada daerah HAZ dan *weld metal*. Lalu spesimen A1 dengan variasi *holding time* PWHT *artificial aging* 4 jam terlihat memiliki fasa Mg₂Si paling banyak yang menyebabkan spesimen dengan variasi tersebut memiliki nilai kekerasan paling tinggi dibandingkan dengan spesimen B1 dengan variasi *holding time* PWHT *artificial aging* 3 jam dan spesimen C1 dengan variasi *holding time* PWHT *artificial aging* 5 jam.

3.3 Hasil Pengujian Kekerasan (*Hardness Vickers*)

Pengujian kekerasan dilakukan untuk mengetahui nilai kekerasan dan spesimen sebuah proses pengelasan. Pengujian kekerasan dengan metode ini dilakukan dengan metode *hardness vickers* (HVN) dengan gaya pembebanan 2 kgf serta waktu pembebanan 10 detik lalu hasil nilai kekerasan akan terlihat pada layar monitor mesin uji *hardness* setelah mengatur diagonal indentasi. Pengujian dilakukan 3 titik pada setiap daerah *weld metal*, HAZ, dan *base metal* pada variasi *holding time* PWHT *artificial aging* 3 jam, 4 jam, dan 5 jam. Titik pengujian *hardness* pada spesimen dapat dilihat pada Gambar 8 dibawah ini.



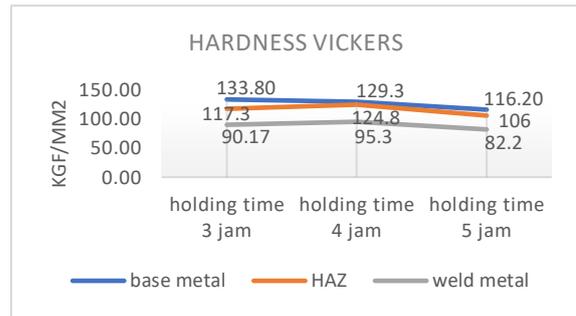
Gambar 8. Titik pengujian *hardness*

Berikut adalah hasil pengujian kekerasan pada spesimen B1, A1, dan C1 yang terdapat pada Tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2. Hasil pengujian kekerasan pada spesimen

Kode Spesimen	Lokasi	Indentasi			Rata-Rata
		Ke-1 (Bawah)	Ke-2 (Tengah)	Ke-3 (Atas)	
Spesimen holding time 3 jam					
Spesimen B1 holding time 3 jam	<i>Weld metal</i>	98.5	87.5	84.5	90.17
	HAZ	122.6	129.9	99.4	117.30
	<i>Base metal</i>	132.3	135.5	133.6	133.80
Spesimen holding time 4 jam					
Spesimen A1 holding time 4 jam	<i>Weld metal</i>	96.3	94.7	94.8	95.3
	HAZ	117.4	136	121.1	124.8
	<i>Base metal</i>	124.6	130.1	133.2	129.3
Spesimen holding time 5 jam					
Spesimen C1 holding time 5 jam	<i>Weld metal</i>	88.4	82.3	75.9	82.2
	HAZ	112.5	102.7	102.9	106.0
	<i>Base metal</i>	115.7	118.9	113.9	116.2

Berdasarkan rata-rata dari masing-masing kekerasan pada Tabel 2 diatas, dapat disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar 9 sebagai berikut.



Gambar 9. Grafik hasil uji kekerasan

Berdasarkan Tabel 2 dan Gambar 9 dapat dilihat pada semua spesimen daerah *base metal* memiliki nilai tertinggi daripada daerah HAZ dan *weld metal*. Pada daerah *base metal* yang memiliki nilai kekerasan tertinggi ada pada spesimen B1 dengan variasi *holding time* 3 jam sebesar 133,8 kgf/mm², lalu yang kedua pada spesimen A1 dengan variasi *holding time* 4 jam yaitu sebesar 117,3 kgf/mm², dan yang terendah pada spesimen C1 yaitu sebesar 90,17 kgf/mm². Nilai kekerasan tertinggi pada daerah HAZ yaitu pada spesimen A1 dengan *holding time* 4 jam sebesar 124,83 kgf/mm², lalu yang kedua pada spesimen B1 dengan *holding time* 3 jam yaitu sebesar 117,3 kgf/mm², dan yang terendah ada pada spesimen C1 dengan *holding time* 5 jam yaitu sebesar 106,03 kgf/mm². Nilai kekerasan tertinggi pada daerah *weld metal* ada pada spesimen A1 dengan variasi *holding time* 4 jam sebesar 95,3 kgf/mm².

Hasil tersebut juga sudah memenuhi standart perusahaan dengan minimum *hardness* pada *base metal* yaitu 16-17 HRE. Jika dikonversikan, 16-17 HRE setara dengan 112-142 kgf/mm² (HVN). Dimana pada *base metal* ketiga spesimen memiliki nilai diatas 112 kgf/mm² (HVN), yaitu pada *holding time artificial aging* 3 jam sebesar 133,80 kgf/mm² (HVN). Lalu *holding time artificial aging* 4 jam sebesar 129,3 kgf/mm² (HVN), dan spesimen dengan *holding time artificial aging* 5 jam sebesar 116,2 kgf/mm² (HVN). Ini menunjukkan bahwa ketiga variasi *holding time* tersebut masih memenuhi kriteria perusahaan.

4. KESIMPULAN

1. Hasil pengujian tarik pada pengelasan material aluminium alloy 6061 didapatkan nilai *ultimate tensile strength*. Pada spesimen A1 dengan variasi *holding time* PWHT *artificial aging* 4 jam memiliki nilai *ultimate tensile strength* tertinggi yaitu dengan nilai rata-rata sebesar 250,93 Mpa, sedangkan nilai *ultimate tensile strength* terendah ada pada spesimen B1 dengan variasi *holding time* PWHT *artificial aging* 3 jam yaitu dengan nilai rata-rata sebesar 224,15 Mpa.
2. Hasil uji kekerasan pada pengelasan material aluminium alloy 6061 dengan variasi *holding time* PWHT *artificial aging* berpengaruh pada nilai kekerasan. Pada daerah *weld metal* nilai tertinggi berada pada spesimen A1 dengan *holding time*

PWHT *artificial aging* 4 jam yaitu sebesar 95,3 kgf/mm² (HVN), sedangkan nilai terendah pada *weld metal* berada pada spesimen C1 dengan *holding time* PWHT *artificial aging* dengan *holding time* 5 jam yaitu sebesar 82,2 kgf/mm² (HVN). Pada daerah *base metal* nilai tertinggi terdapat pada spesimen B1 dengan *holding time* PWHT *artificial aging* 3 jam yaitu 133,93 kgf/mm² (HVN), sedangkan nilai terendah pada *base metal* berada pada spesimen C1 dengan *holding time* PWHT *artificial aging* 5 jam. Hal tersebut berarti semakin bertambahnya *holding time* semakin membuat nilai kekerasan menurun pada daerah *base metal*.

3. Hasil pengujian mikro menunjukkan bahwa terjadinya fasa Al- Mg₂Si pada aluminium alloy 6061. Fasa Mg₂Si banyak terlihat pada daerah *base metal* pada ketiga spesimen tersebut. Pada daerah *base metal* spesimen A1 dengan variasi *holding time* PWHT 4 jam memiliki fasa Mg₂Si paling banyak dibandingkan spesimen B1 dengan variasi *holding time* PWHT 3 jam dan spesimen C1 dengan variasi *holding time* 5 jam. Hal ini dikarenakan pada *holding time* 4 jam material berada pada kondisi *peak aged*, sedangkan pada *holding time* 5 jam material berada pada kondisi *over aged*. Hal itu yang menyebabkan presipitat menjadi berkurang dan penurunan kekerasan pada material.

5. SARAN

Saran yang diberikan penulis kepada peneliti yang akan melakukan penelitian selanjutnya antara lain:

1. Perlu adanya penambahan variasi *holding time* yang lebih banyak dan temperature PWHT dengan mengambil temperature yang disyaratkan untuk material aluminium alloy 6061, sehingga pengaruh dari PWHT *artificial aging* bisa lebih detail.
2. Perlu dilakukan uji mekanik yang lainnya seperti *impact test* agar didapatkan data hasil pengujian yang lebih banyak, sehingga bisa dijadikan perbandingan pada proses analisis.
3. Melakukan proses pengujian sebelum dilakukannya PWHT digunakan sebagai pembanding pengaruh dilakukan pengujian tanpa PWHT dan juga setelah dilakukannya PWHT.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyadari penyusunan jurnal ini tidak terlepas dari bimbingan dan motivasi dari berbagai pihak, penulis menyampaikan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Kedua orang tua penulis, Bapak Agus Romadhon dan Ibu Tutut Mochmini yang telah memberikan doa, semangat, motivasi, dukungan selama menempuh pendidikan Diploma IV.
2. Bapak Ir. Eko Julianto, M.Sc., F.RINA., selaku Direktur Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.

3. Bapak Ruddianto ST., M.T., M.RINA., selaku Ketua Jurusan Teknik Bangunan Kapal.
4. Bapak Moh. Syaiful Amri, S.ST., M.T., selaku Ketua Prodi Teknik Pengelasan.
5. Bapak M. Thoriq Wahyudi, S.T., M.M., selaku Dosen Pembimbing 1 yang telah memberikan bimbingan, masukan, motivasi, saran, dan semangat pada penulis sehingga tugas akhir dapat diselesaikan dengan baik.
6. Bapak Dika Anggara, S.ST., M.T., selaku Dosen Pembimbing 2 yang telah memberikan bimbingan, masukan, motivasi, saran, dan semangat pada penulis sehingga tugas akhir dapat diselesaikan dengan baik.
7. Bapak Hendri Budi Kurniyanto S.ST., M.T., serta seluruh staf lab Uji Bahan yang telah membantu pengerjaan tugas akhir ini.
8. Bapak Ibu Dosen Teknik Pengelasan yang telah mendoakan dan memberikan ilmu yang bermanfaat.
9. Bapak dan Ibu Dosen Penguji Tugas Akhir atas kritik dan saran yang sangat membangun dan menyempurnakan penulisan Tugas Akhir ini.
10. Seluruh pihak perusahaan tempat magang yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
11. Pembimbing di perusahaan tempat penulis melakukan *On the Job Training* (OJT) yaitu Pak Arwanda, Pak Ony, Pak Agus yang telah memberikan ilmu, arahan, semangat dan dukungan serta telah memperlakukan penulis dengan baik selama ini.
12. Alumni Teknik Pengelasan sekaligus kakak tingkat yang berada di perusahaan yaitu Mas Yusuf dan Mas Rizal yang telah memberikan ilmu, pengalaman, serta dukungan berupa materi maupun moral kepada penulis ketika *On the Job Training* (OJT)
13. Seluruh teman-teman D4 Teknik Pengelasan angkatan 2019 yang selalu berbagi suka dan duka serta saling memberi semangat, bantuan dan motivasi selama pengerjaan tugas akhir ini.

7. PUSTAKA

- [1] ASME Section IX (2019) 'ASME Boilers and Pressure Vessel Code'
- [2] Budiyanto, E., Nugroho, E., & Zainudin, A. (2018). Uji KETAHANAN FATIK ALUMINIUM SCRAP HASIL REMELTING PISTON BEKAS MENGGUNAKAN ALAT Uji FATIK TIPE ROTARY BENDING. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*
- [3] Syukran, S., Azwinur, A. and Ferdiansyah, F. (2020) 'The Effect of Holding time on Stress Relief Annealing Process to Hardness of Carbon Steel SA. 106 Grade B After Welding', *SINTEK JURNAL: Jurnal ...*, 14(June 2020), pp. 46–51. Available at: <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/sintek/article/view/6242>