

STUDY ON THE EFFECT OF POST WELD HEAT TREATMENT (PWHT) TIME ON THE TENSILE STRENGTH AND HARDNESS OF TIG WELD JOINT OF MOTORCYCLE CRANKCASE

Fajar Nugroho

Program Studi Teknik Mesin

Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto

Jl. Janti Blok R Komplek Lanud Adisutjipto Yogyakarta 55198

E-mail : mas_noeg@yahoo.com

Abstract

Postweld heat treatment (PWHT) is a common practice among building codes to reduce the residual stress, improve the ductility, and decrease the defects. This article describes the welding joint property of motorcycle crankcase material by taking tungsten inert gas (TIG) welding measures before PWHT on 200°C with holding time of 0,4,6, 8 hours. Test data were analyzed in relation to tensile strength, hardness and microstructure on the welding joint. The regions corresponding to the base metal (BM) and heat-affected zone (HAZ) were studied. The effect of holding time under PWHT on properties of joints can be investigated. The results demonstrated that micro-hardness in the weld and tensile strength decreased with PWHT time prolonging, while tensile strength increased with the extension of PWHT time. The microstructure before PWHT was coarse in the joint. With the extension of holding time under PWHT, the structure obtains fine grain and the characteristic becomes obvious.

Keywords: TIG, PWHT, tensile strength, hardness, microstructure

1. Pendahuluan

Aluminium digunakan secara luas dalam industri otomotif karena mempunyai sifat fisis dan mekanik yang baik, tahan korosi, serta bobot yang ringan. Salah satu aplikasi material aluminium adalah komponen bak engkol (*crankcase*) sepeda motor. Seiring dengan berjalannya waktu, bagian bak engkol (*crankcase*) akan mengalami kerusakan berupa retakan yang diakibatkan oleh salah pemasangan, tekanan yang terlalu besar, benturan maupun kecelakaan. Salah satu cara memperbaiki *crankcase* yang retak adalah dengan pengelasan. Pengelasan merupakan penyambungan dua bahan atau lebih berdasar prinsip proses difusi, sehingga terjadi penyatuan bagian yang disambung. Kelebihan sambungan las adalah konstruksi lebih ringan, dapat menahan kekuatan yang tinggi, mudah pengerjaannya, serta cukup ekonomis. Namun demikian sambungan las juga mempunyai kelemahan yaitu terjadinya perubahan sifat fisik maupun mekanis dari bahan yang dilas [1].

Metode penyambungan material dengan pengelasan akan sangat dipengaruhi oleh komposisi material yang akan dilas. Unsur-unsur yang terkandung dalam komposisi material menyebabkan perbedaan pada sifat mekanis hasil lasan. Besarnya penurunan atau peningkatan kekuatan tarik, kekuatan impak dan kekerasan ditentukan oleh ada tidak unsur tambahan yang ada di dalam *filler* atau elektroda yang digunakan [1, 2]. Selanjutnya kualitas hasil lasan juga ditentukan oleh metode pengelasan yang digunakan dikarenakan setiap jenis metode pengelasan memiliki kelebihan dan kelemahan yang berbeda-beda. Sehingga dalam pengelasan pemilihan metode pengelasan juga menjadi salah satu pertimbangan di dalam

menentukan kualitas hasil lasan yang diinginkan. Sebagai contoh pada jenis las *Tungsten Inert Gas* (TIG) menghasilkan kekuatan tarik lasan yang lebih baik bila dibandingkan dengan las *Metal Inert Gas* (MIG). Hal ini diperkuat dengan adanya perbedaan struktur makro maupun mikro antara las TIG dan MIG, dimana hasil lasan pada las MIG terlihat lebih banyak menghasilkan pori-pori pada daerah sambungan las [3, 5]. Selain metode pengelasan yang digunakan, kualitas hasil pengelasan juga ditentukan oleh *heat input* yang di berikan selama proses pengelasan. *Heat input* sangat berpengaruh terhadap kecepatan proses peleburan dari logam pengisi, kecepatan pengelasan dan perubahan struktur di daerah *Heat Affected Zone* (HAZ) [1, 4].

Beberapa cara yang dapat dilakukan untuk mengurangi kelemahan atau cacat yang timbul dari proses pengelasan antara lain seperti menerapkan prosedur pengelasan yang baik (*Welding Procedure Specification*), melakukan proses pemanasan awal (*preheat*) atau juga bisa menerapkan *Post Weld Heat Treatment* (PWHT) [1]. Variasi temperatur dan waktu *preheat* terhadap spesimen hasil pengelasan TIG ternyata mempunyai pengaruh yang cukup signifikan terhadap sifat mekanik seperti kekuatan tarik, kekerasan, ketangguhan dan struktur mikro pada paduan aluminium [5]. *Post Weld Heat Treatment* (PWHT) merupakan salah satu cara untuk mengatasi kelemahan dari proses pengelasan. PWHT dapat meningkatkan keuletan (*ductility*) hingga 28,8 % serta memperhalus struktur butiran pada sambungan las TIG pada material AA 6061 [6]. Perubahan struktur mikro pada zona logam induk (*Based Metal*), daerah terpengaruh panas (*Heat Affected Zone*-HAZ) dan daerah lasan (*Weld Pool*) akan berpengaruh terhadap perilaku perambatan retak akibat beban dinamis. Variasi waktu perlakuan PWHT pada hasil sambungan las juga akan menyebabkan perubahan terhadap karakteristik *Fatigue Crack Growth* (FGC). Selain itu juga berpengaruh terhadap kekuatan tarik pada sambungan las TIG pada material aluminium paduan AA6013-T4 [7].

Selanjutnya PWHT pada sambungan las juga akan berpengaruh terhadap ketahanan korosi. Selain faktor durasi atau lamanya perlakuan panas, faktor pemilihan temperatur PWHT juga sangat berpengaruh terhadap sifat fisis dan mekanis sambungan las. Kenaikan temperatur PWHT akan menyebabkan meningkatnya ketangguhan las serta menurunkan laju korosi. Namun demikian proses PWHT tersebut juga memiliki kelemahan dari sisi sifat mekanis yang mengalami penurunan yaitu kekuatan tariknya sedikit menurun. Kecenderungan perubahan sifat ini tidak berlangsung secara linear namun akan mencapai nilai optimum pada temperatur tertentu [8].

2. Metodologi Penelitian

Crankcase memegang peranan penting sebagai rumah dari komponen yang ada dibagian dalamnya. Material yang digunakan untuk bak engkol (*Crankcase*) sepeda motor saat ini adalah berupa material aluminium paduan. Penggunaan material aluminium paduan berdasarkan pada pertimbangan dari sifat mekaniknya baik, ketahanan korosi yang baik serta bobot yang ringan. Meskipun komponen ini jarang rusak namun ada beberapa kasus komponen *crankcase* mengalami kerusakan. *Seal* poros engkol rusak atau mengeras, pengencangan atau pemasangan kurang sempurna, kualitas perekat (*sealer*) yang digunakan kurang baik serta benturan menjadi faktor penyebab terjadinya kerusakan komponen ini. *crankcase* biasanya mengalami kerusakan berupa retak pada bagian dinding.

Dalam penelitian digunakan metode pengelasan *Tungsten Inert Gas* (TIG) dimana busur nyala listrik ditimbulkan oleh elektroda *tungsten* dengan benda kerja. Daerah pengelasan dilindungi oleh gas pelindung mulia seperti argon dan helium. *Tungsten* yang merupakan logam dengan titik lebur yang tinggi atau paduannya digunakan sebagai elektroda yang *non-consumble*. Busur listrik terbentuk diantara ujung elektroda dan benda kerja. Bahan pengisi/*filler* (berupa batangan atau kawat) harus ditambahkan ketika deposit logam

dibutuhkan. Penambahan logam pengisi yang terpisah mempunyai arti bahwa masukan panas pengelasan dan jumlah logam yang disimpan dapat dikontrol secara terpisah. Ini secara tidak langsung menguntungkan untuk semua posisi las dan mudah terbentuknya kampuh lasan pada akar las [1]. *Filler* yang digunakan dalam pengelasan ini adalah dengan menggunakan elektroda ER 5356, ER 4043, atau *filler* dari bahan induk. Namun di dalam penelitian ini *filler* yang digunakan adalah elektroda ER 5356. Setelah proses pengelasan selesai kemudian dilanjutkan dengan proses PWHT dengan dengan temperatur 200°C selama 4 jam, 6 jam, 8 jam. Setelah proses PWHT kemudian dilakukan pengujian terhadap sifat mekanis yang meliputi pengujian tarik dengan menggunakan alat uji tarik dan pengujian kekerasan. Pengujian tarik untuk mengetahui kekuatan tarik bahan dilakukan dengan menggunakan alat uji tarik *Universal Testing Machine* (UTM) merk GOTTECH. Sedang pengujian kekerasan dilakukan dengan metode uji kekerasan vickers dengan menggunakan alat uji kekerasan merk DMAG.

Sebagai data pendukung dalam penelitian ini juga dilakukan uji komposisi material, uji kekuatan tarik, uji kekerasan dan uji struktur mikro. Uji komposisi dilakukan terhadap *raw material* dengan menggunakan alat *Optical Emission Spectroscopy*. Data ini digunakan untuk mengetahui karakteristik material *crankcase* sepeda motor yang digunakan dalam penelitian ini.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Karakterisasi Material

Karakterisasi material dilakukan untuk mengetahui sifat mekanis maupun fisis dari suatu material. Dalam penelitian ini karakterisasi material *crankcase* sepeda motor meliputi, uji komposisi, uji kekerasan, dan uji struktur mikro.

Uji Komposisi

Uji komposisi yang dilakukan untuk mengetahui unsur-unsur yang terkandung di dalam material *crankcase* sepeda motor. Pengujian komposisi kimia *crankcase* sepeda motor dilakukan pada tahap karakterisasi material. Dari hasil uji komposisi ini juga dapat ditentukan jenis material yang digunakan untuk *crankcase*. Hasil uji komposisi yang telah dilakukan terhadap material *crankcase* tersebut disajikan seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Uji Komposisi Material

UNSUR	SAMPEL UJI	
	14/S505 (%)	Deviasi
Al	88,31	0,3201
Si	8,89	0,327
Fe	0,870	0,0364
Cu	<0,05000	<0,0000
Mn	0,147	0,0072
Mg	<0,0500	<0,0000
Cr	<0,0150	<0,0000
Ni	0,0375	0,0158
Zn	1,46	0,0354
Sn	<0,0500	<0,0000
Ti	0,0902	0,0183
Pb	<0,0300	<0,0000
Be	0,0001	0,0000
Ca	0,0035	0,0002
Sr	<0,0005	<0,0000
V	<0,0100	<0,0000
Zr	0,0111	0,0012

Dari hasil uji komposisi Tabel 1. komposisi kimia dapat disimpulkan bahwa paduan yang terdapat pada material *crankcase* tersebut adalah aluminium paduan Al-Si. Hal tersebut dapat diketahui dari nilai persentase terbesar kandungan komposisi kimianya. Untuk komposisi kimia Al sebesar 88,31% dan juga komposisi kimia dari Si sebesar 8,89%. Dengan demikian material *crankcase* tersebut merupakan aluminium paduan Al-Si jenis *hypoeutectic*, dengan kandungan dibawah 12%. Aluminium paduan Al-Si mempunyai sifat fisik dan sifat mekanis seperti sifat mampu cor, ketahanan korosi yang sangat baik dan memiliki sifat *machinability* yang baik [9].

Uji Tarik

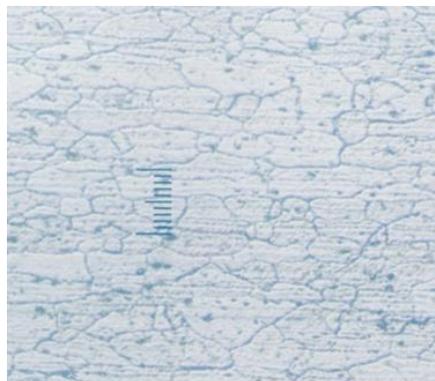
Uji tarik perlu dilakukan untuk mengetahui kekuatan tarik dari material *crankcase* sebelum dilakukan pengelasan. Hasil uji tarik pada *raw material* menunjukkan bahwa material *crankcase* sepeda motor yang menjadi obyek penelitian memiliki tegangan maksimal sebesar $9,80 \text{ kgf/mm}^2$ dan tegangan luluh sebesar $9,04 \text{ kgf/mm}^2$.

Uji Kekerasan

Uji Kekerasan perlu dilakukan untuk mengetahui kekuatan material *crankcase* untuk menahan terhadap goresan sebelum dilakukan pengelasan. Pengujian kekerasan dilakukan pada permukaan material. Hasil uji kekerasan pada *raw material* menunjukkan bahwa material *crankcase* sepeda motor yang menjadi obyek penelitian memiliki kekerasan sebesar 103,13 VHN.

Uji Struktur Mikro

Uji struktur mikro dilakukan untuk mengetahui ukuran butiran serta distribusi butiran. Hal ini penting dilakukan untuk mengetahui kondisi awal material sebelum dilakukan pengelasan, setelah pengelasan maupun setelah mengalami proses PWHT. Hasil uji struktur mikro pada raw material ditunjukkan seperti pada Gambar 1.

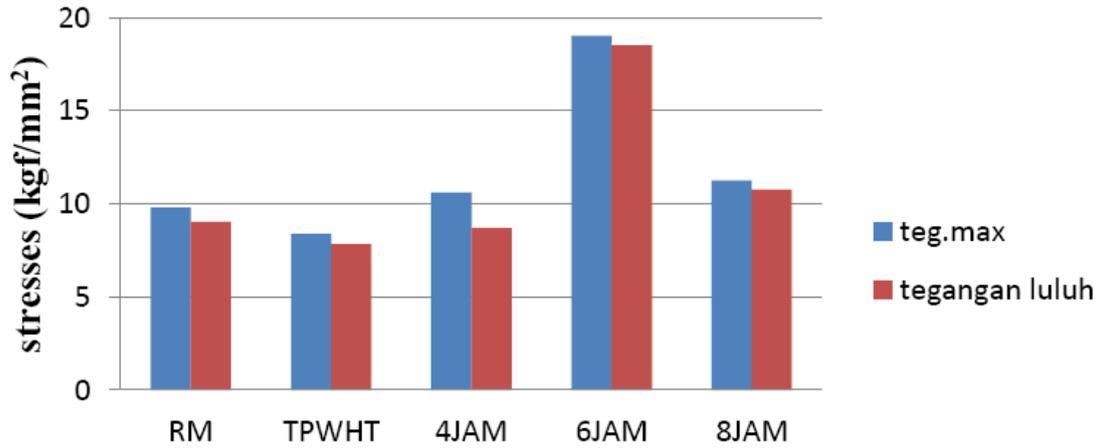


Gambar 1. Struktur Mikro *Raw Material/Crankcase*

Gambar 1 menunjukkan bahwa unsur Si merupakan unsur yang cukup dominan dalam material *crankcase* sepeda motor. Distribusi unsur Si terlihat cukup merata dalam ukuran yang cukup kecil pada seluruh bagian butiran. Namun demikian dari pengamatan struktur mikro pada Gambar 1 juga terlihat adanya inklusi berupa partikel yang lebih halus. Inklusi terlihat juga merata hampir pada semua bagian. Inklusi tersebut kemungkinan berupa senyawa dalam bentuk SiAl_2 , MgZn_3 , FeAl_3 , CuAl_2 , FeMn_3 , Mg_5Al_8 dan senyawa-senyawa lainnya.

3.2 Pengujian Tarik

Pengujian tarik yang telah dilakukan meliputi uji tarik pada *raw material*, uji tarik pada spesimen tanpa proses PWHT, dan uji tarik pada spesimen dengan PWHT. Hasil dari uji tarik ini kemudian disajikan dalam bentuk grafik seperti pada Gambar 2.

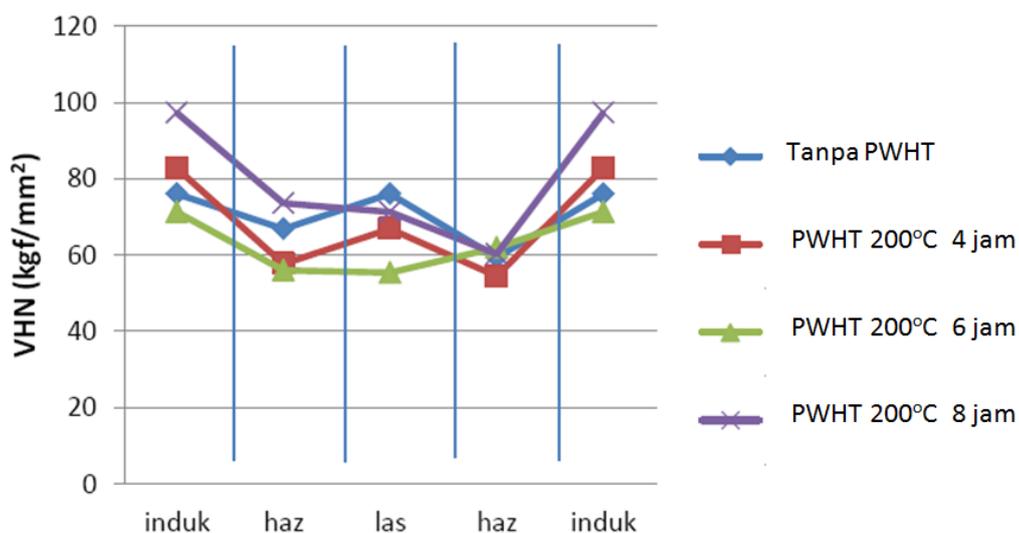


Gambar 2. Grafik Hasil Uji Tarik

Grafik pada Gambar 2. memberikan informasi bahwa kekuatan tarik spesimen setelah dilakukan pengelasan akan sedikit menurun jika dibandingkan dengan kekuatan tarik *raw material*. Namun ketika dilakukan proses PWHT, kekuatan tarik spesimen pengelasan menunjukkan adanya perbaikan berupa peningkatan kekuatan tarik yang melebihi dari nilai kekuatan tarik *raw material*. Dari grafik terlihat bahwa pada proses PWHT dengan temperatur 200°C selama 6 jam memberikan hasil yang optimal, namun demikian, pada eksperimen dengan durasi waktu (*Holding Time*) PWHT yang lebih lama yaitu selama 8 jam dengan temperature 200°C justru terlihat menurun. Perubahan sifat mekanis berupa peningkatan kekuatan tarik tersebut

3.3. Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasn yang telah dilakukan meliputi: uji kekerasan pada spesimen las tanpa PWHT, spesimen las dengan PWHT 200°C selama 4 jam, spesimen las PWHT 200°C selama 4 jam, spesimen las PWHT 200°C selama 6 jam, dan spesimen las PWHT 200°C selama 8 jam. Hasil uji kekerasan ini kemudian disajikan dalam bentuk grafik seperti pada Gambar 3.

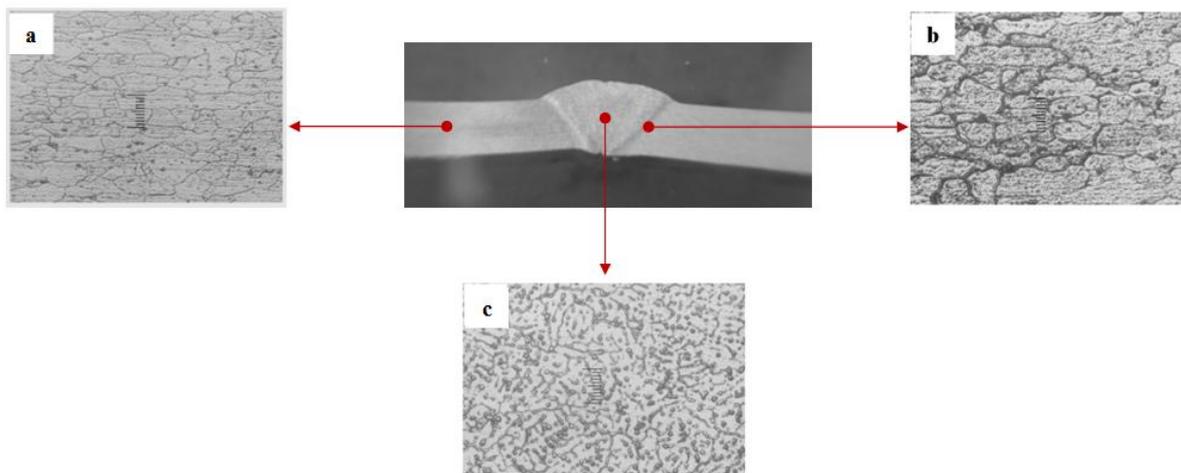


Gambar 3. Grafik Uji kekerasan

Grafik pada Gambar 3, menunjukkan bahwa untuk nilai kekerasan bagian logam induk dan HAZ tertinggi dicapai pada proses pengelasan dengan PWHT pada temperatur 200°C selama 8 jam. Kekerasan tertinggi pada daerah lasan terdapat pada spesimen tanpa PWHT yaitu sebesar 75,978 VHN. Hal ini cukup berbeda jika dibandingkan dengan hasil uji kekerasan terhadap spesimen dengan PWHT 200°C selama 4 jam dan PWHT 200°C selama 6 jam dimana nilai kekerasannya pada daerah HAZ dan lasan cenderung turun. Terutama pada PWHT 6 jam, ini dikarenakan perubahan struktur mikro yang lebih rapat yang menjadikan material lunak namun ulet dan kekuatan tarik meningkat.

3.3 Pengujian Struktur Mikro

Gambar 4, merupakan hasil uji struktur mikro pada daerah logam induk (*based metal*), daerah HAZ serta daerah lasan (*weldpool*). Gambar 4(a) merupakan foto struktur mikro pada logam induk. Logam induk tidak terlalu terpengaruh oleh masukan panas. Pada Gambar 4(b), daerah HAZ menunjukkan perubahan bentuk butiran dimana ukuran butiran dan bentuk tidak lagi memanjang tetapi cenderung bulat (*equiaxed*). Hal ini disebabkan karena panas saat pengelasan menyebabkan terjadinya pertumbuhan butir (*grain growth*). Selanjutnya pada Gambar 4(d) menunjukkan foto struktur mikro daerah lasan yang memiliki bentuk struktur dendritik. Dari Gambar 4(d) diperoleh informasi bahwa daerah lasan memiliki struktur mikro berwarna gelap yang menunjukkan fasa silikon–magnesium (Si-Mg) sedangkan warna terang merupakan fasa α (aluminium).



Gambar 4. Foto Struktur mikro hasil Las TIG.

(a) Daerah Logam Induk, (b). Daerah HAZ, (c). Daerah Lasan

Kemudian setelah pengelasan dilanjutkan dengan proses PWHT pada temperatur 200°C selama 4 jam, 6 jam dan 8 jam. Dari hasil uji sifat mekanis menunjukkan bahwa nilai kekuatan tarik dan kekerasannya memiliki nilai yang berbeda jika dibandingkan dengan spesimen tanpa PWHT. Hal ini disebabkan karena pada proses PWHT akan mengatur laju pendinginan pada spesimen pengelasan. Semakin lambat laju pendinginan pengelasan maka akan menyebabkan struktur mikro akan semakin halus pada daerah lasan, HAZ dan logam induk. Perubahan struktur mikro ini menyebabkan peningkatan sifat mekanis setelah proses PWHT. Perubahan struktur mikro juga akan menyebabkan material perubahan sifat mekanis seperti kekuatan tarik, kekerasan, dan kekuatan impak pada material yang mengalami proses perlakuan PWHT. Hal ini terjadi karena proses PWHT menyebabkan material lebih ulet dengan ditandai turunnya nilai kekerasan dan naiknya kekuatan tarik serta ukuran butiran

struktur mikro yang lebih halus. Dari data pengujian yang diperoleh terlihat adanya korelasi antara lamanya waktu atau durasi proses PWHT dengan sifat mekanis yang ditinjau. Semakin lama waktu proses PWHT maka akan cenderung meningkatkan kekuatan tarik. Namun pada di sisi lain PWHT cenderung menurunkan nilai kekerasannya, semakin lama waktu PWHT maka menyebabkan kekerasan material cenderung turun. Hal ini terjadi karena pada proses PWHT dengan durasi yang lebih lama bisa menyebabkan *overaging* pada material aluminium paduan.

4. Kesimpulan

1. PWHT akan meningkatkan kekuatan tarik hasil lasan pada aluminium paduan Al-Si (*crankcase*). Pada proses PWHT dengan suhu 200°C, dan *holding time* 4 jam, 6 jam, dan 8 jam, diperoleh kekuatan tarik maksimal pada PWHT 200°C selama 6 jam.
2. PWHT menyebabkan nilai kekerasan pada daerah HAZ dan daerah lasan cenderung turun sebagai akibat adanya perubahan struktur mikro lebih halus dan rapat yang menjadikan material lunak namun ulet.

Daftar Pustaka

- [1] Wiryosumarto, H., Toshie Okumura. (2008). *Teknologi Pengelasan Logam*. Pradnya Paramita, Jakarta.
- [2] Romli,R (2012). *Pengaruh Proses Pengelasan TIG Terhadap Sifat Mekanis Bahan Paduan Aluminium*”, Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang 4(1).
- [3] Ahmadi, N. (2016). Pengaruh Suhu Preheat dan Variasi Arus pada Hasil Las Tig Aluminium Paduan terhadap Kekuatan Tarik dan Kekerasan. *Angkasa: Jurnal Ilmiah Bidang Teknologi*, 8(1), 159-172.
- [4] Nugroho, F. (2017). Studi Komparasi Pengaruh Variasi Arus Pengelasan terhadap Kekuatan Impak, Kekerasan, dan Struktur Mikro Sambungan Las Pegas Daun Baja Sup 9 pada Proses Las Smaw. *Angkasa*, 9(2), 57-66.
- [5] Ardana, I. G. N (2012). *Uji Perbandingan Kekuatan Tarik Pengelasan Aluminium Dengan Metode Metal Inert Gas (MIG) Dengan Tungsten Inert Gas (TIG)*. Jurnal Matrix 2(3). Bali
- [6] Abdillah, S., Hariyadi, G. D., Bayuseno, A. P., & Kim, S. J. (2013). Pengaruh Post-weld Heat Treatment Dan Arah Pengelasan Tig Tungsten Inert Gas) Terhadap Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro Pada Penyambungan Aluminium Paduan 6061. *Prosiding SNST Fakultas Teknik*, 1(1).
- [7] Haryadi, G. D., & Kim, S. J. (2011). Influences of Post Weld Heat Treatment On Fatigue Crack Growth Behavior of TIG Welding of 6013 T4 Aluminum Alloy Joint (Part 1. Fatigue Crack Growth Across The Weld Metal). *Journal Of Mechanical Science And Technology*, 25(9), 2161.
- [8] Setiawan, I., & Ilman, M. N.(2011). Pengaruh Post Weld Heat Treatment Terhadap Sifat Mekanis dan Korosi Sambungan Las Spiral Saw pada Pipa Baja ASTM A252. *Jurnal Energi Dan Manufaktur*, 5(1)
- [9] Hatch, J. E.(1995). *Aluminium Properties and Physical Metallurgy*. American Society for Metals, Metal Parks, Ohio.