

PENGARUH HASIL PENGELOAN ALUMINIUM 6061 *T-JOINT* MENGGUNAKAN LAS GTAW TERHADAP WPS (*WELDING PROCEDURE SPECIFICATION*)

Tenang Fermansah^{1)*}, Nely Ana Mufarida²⁾, Asmar Finali²⁾, Moh. Hairul Bahri³⁾, Asroful Abidin³⁾

¹⁾Mahasiswa Program Studi S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember

²⁾Pembimbing Skripsi 1 dan 2 Program Studi S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember

³⁾Penguji Skripsi 1 dan 2 Program Studi S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember

*E-mail : tenangfermansah@gmail.com

Abstrak

Sistem pengelasan dalam industri kereta api menggunakan referensi atau acuan yang disebut WPS (*Welding Procedure Specification*). Sistem ini bertujuan untuk meningkatkan mutu hasil lasan sesuai dengan kriteria yang telah ditentukan. WPS adalah prosedur tertulis tentang pengelasan yang sudah terakualifikasi untuk memberikan arahan dalam pengelasan sesuai dengan persyaratan dari standar yang dipakai. Pada penelitian ini akan dibahas mengenai prosedur penyusunan WPS untuk sambungan las pada gerbong (*carbody*) LRT berbasis aluminium tipe pelat dan pengujian hasil lasan material aluminium 6061 *t-joint* menggunakan mesin las GTAW (*Gas Tungsten Arc Welding*). Penyusunan WPS dimulai dari melakukan identifikasi sambungan las, menentukan parameter-parameter sambungan las sesuai dengan standar yang telah ada seperti ISO (*International Standard Organization*), pengelasan oleh juru las berakualifikasi, pengujian hasil lasan serta dilakukan analisis dan pembahasan. Diharapkan pada akhir penelitian ini dapat memberikan penjelasan mengenai pengelasan serta hasil pengujian yang telah dilakukan sesuai dengan yang diharapkan dan WPS dapat menjadi referensi dalam pengelasan aluminium 6061 *t-joint* menggunakan mesin las GTAW.

Kata kunci: Pengelasan, WPS (*Welding Procedure Specification*), GTAW (*Gas Tungsten Arc Welding*), Aluminium.

PENDAHULUAN

Perkembangan industri saat ini semakin pesat, salah satunya pada industri kereta api di Indonesia. Kereta api termasuk transportasi massal yang banyak ditemui di daratan Pulau Jawa dan banyak diminati karena harga tiketnya yang cukup terjangkau. Transportasi ini memiliki keunggulan khusus, hal ini dapat dilihat pada Peraturan Pemerintah nomor 69 tahun 1998 yang menyebutkan bahwa moda transportasi kereta api memiliki kemampuan dalam mengangkut baik penumpang maupun barang secara massal, hemat energi, hemat dalam penggunaan ruang, memiliki faktor keamanan yang tinggi, tingkat pencemaran yang rendah, serta lebih efisien untuk angkutan jarak jauh. Namun, transportasi kereta api di Indonesia masih belum merata. Saat ini, kereta api hanya ada di beberapa kota di Indonesia seperti Jakarta, Bandung, Surabaya, Jember, Madiun, Palembang, serta beberapa kota lainnya dan akan terdengar asing oleh masyarakat di luar Pulau Jawa seperti, di Pulau Kalimantan.

Industri kereta api dan institusi yang ada di Bandung-Indonesia, saat ini sedang mengembangkan proyek kereta api perkotaan jenis LRT (*Light Rail Transit*) berbasis aluminium ditunjukkan pada gambar 1. LRT berbasis aluminium dikembangkan karena memiliki konstruksi yang relatif ringan, bisa berjalan bersama lalu lintas lain atau jalur khusus dan dirancang mempunyai lantai yang rendah untuk memudahkan penumpang naik-turun. Aluminium paduan 6061 merupakan salah satu material yang mempunyai sifat-sifat tersebut.



Gambar 1. Kereta Api Perkotaan Jenis LRT (PT. INKA, 2018)

LRT berbasis aluminium memerlukan adanya perlakuan khusus dalam proses pengelasan dan juga pada metode pengelasannya. Pada proses pengelasan

aluminium, ada dua jenis proses las yang digunakan yaitu las GMAW (*Gas Metal Arc Welding*) atau MIG (*Metal Inert Gas*) dan las GTAW (*Gas Tungsten Arc Welding*) atau TIG (*Tungsten Inert Gas*). Las GTAW memberikan hasil lasan yang sangat bersih, halus, rapi dan bermutu tinggi. Hasil lasan akan berpengaruh pada pengujian NDT (*Non Destructive Test*) atau pengujian dengan tanpa merusak material maupun DT (*Destructive Test*) atau pengujian dengan merusak material. Apabila uji visual atau pengujian yang dilakukan pada hasil lasan dengan cara melihat dan mengamati secara kasat mata dinyatakan tidak baik.

Metode pengelasan aluminium pada proyek LRT dibuat sebuah WPS (*Welding Procedure Specification*) untuk menentukan parameter-parameter yang akan digunakan dalam pengelasan. WPS dibuat berdasarkan standar yang telah ada seperti, ISO (*International Organization for Standardization*), AWS (*American Welding Society*), ASTM (*American Society for Testing and Material*) dan lainnya. Untuk membakukan sebuah WPS diperlukan juru las (*welder*) yang berkualifikasi agar mendapat WPS yang sesuai. Namun, proyek ini memiliki masalah pada hasil sambungan las yang telah di uji NDT maupun DT tidak sesuai dengan yang diharapkan. Titik krusial yang mengalami masalah tersebut terdapat pada gerbong (*carbody*) bagian dinding, lantai maupun bagian bawah gerbong kereta api tersebut. Hal ini mengacu pada WPS yang harus diperbaiki ataupun dibuat ulang dengan menggunakan standar yang sesuai dan juru las yang berkualifikasi.

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah bagaimana pengaruh hasil pengelasan aluminium 6061 *t-joint* menggunakan las GTAW terhadap WPS (*Welding Procedure Specification*).

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah mengetahui pengaruh hasil pengelasan aluminium 6061 *t-joint* menggunakan las GTAW terhadap WPS (*Welding Procedure Specification*) yang dapat dijadikan sebagai referensi.

Dalam penelitian ini terdapat beberapa batasan masalah agar tidak menyimpang dari data di atas, berikut batasan masalah pada penelitian ini:

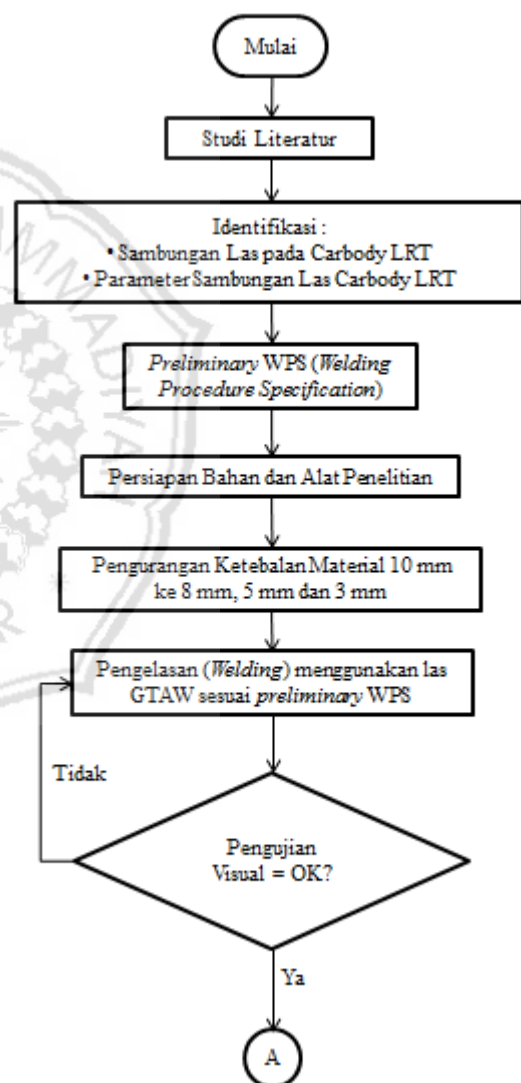
- Menggunakan preliminary WPS
- Material yang digunakan pada penelitian ini adalah aluminium 6061
- Ukuran material 150 mm × 300 mm
- Ketebalan pelat 3 mm, 5 mm dan 8 mm
- Menggunakan mesin las GTAW AC

- Jenis sambungan las menggunakan *t-joint*
- *Filler* atau bahan tambah AWS ER 5356
- Elektroda yang digunakan adalah tungsten murni
- Gas pelindung (*Inert Gas*) yang digunakan adalah argon murni (99,99%)
- Posisi 2F dan 3F.

METODE PENELITIAN

Diagram Alir Penelitian

Pada penelitian ini alur penelitian ditunjukkan pada gambar 2.





Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan adalah mesin las GTAW atau TIG 200 menggunakan arus AC, sedangkan *filler* atau bahan tambah yang digunakan adalah AWS ER5356 dan gas yang digunakan yaitu gas argon. Alat yang digunakan untuk pengujian *bending* pada penelitian ini adalah UH-300 knX *universal testing machine*. Proses pengujian *bending* yang dilakukan yaitu *three point bending*.

Pada penelitian ini bahan yang digunakan adalah aluminium tipe 6061, aluminium jenis ini merupakan aluminium yang banyak digunakan pada pabrikasi kendaraan transportasi seperti kereta api. Aluminium 6061 mempunyai banyak keunggulan seperti kekuatan tarik relatif tinggi, sifat mampu bentuk (*formability*) yang baik, tahan korosi dan merupakan logam ringan. Bahan untuk uji *dye penetrant* menggunakan *penetrant* tipe SKL SP1 berwarna merah, *cleaner/remover* tipe SKC S dan *developer* tipe SKL SP2 berwarna putih.

Pelaksanaan Penelitian

Adapun langkah-langkah yang akan dilakukan peneliti guna memenuhi tujuan penelitian dan penyelesaian rumusan masalah adalah sebagai berikut:

1) Prosedur Penyusunan WPS (*Welding Procedure Specification*)

Pada pembuatan WPS ada beberapa hal yang sebelumnya harus kita ketahui terlebih dahulu, berikut merupakan

proses penyusunan WPS untuk pengelasan aluminium 6061:

- Identifikasi Sambungan Las
 - a) Jenis *Welding Process* dan *Thickness*
 - b) Jenis Elektroda dan *Filler* atau Bahan Tambah
 - c) Posisi Pengelasan
 - d) Pegujian.
- Identifikasi Sambungan Las pada *Carbody* LRT
- Parameter Sambungan Las pada *Carbody* LRT

2) *Preliminary WPS (Welding Procedure Specification)*

Penelitian ini menggunakan *preliminary WPS* sebagai panduan maupun referensi atau acuan juru las dalam melakukan pengelasan spesimen uji di *workshop*. Adapun pWPS yang digunakan yaitu sebagai berikut.

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION		Document Number :					
		Joint preparation / tolerance: Support:					
WELDING CLASS : --	TYPE OF WELD : Fillet Weld (FUP)	SIZE OF WELD : aS (7 mm)					
BASIC MATERIAL : --	TYPE : AL 6061 A	THICKNESS : 3 mm					
WELDING PROCESS : GTAWV							
FILLER METAL : AWS ER 5356	DI : 1.0 mm						
GAS : --	TYPE : ARGON 100%						
	FLOW : 10 L/menit						
NUMBER OF PASSES : 1 PASS	PRE HEATING TEMP : --	POSITION : HORIZONTAL (2F) / PB					
TREATMENT : --	INTERPASS TEMP : --	COOLING SPEED : --					
TYPE : AC							
ELECTRIC CHARACTERISTIC	PASSES	1	2	3	4	5	TOLERANCE
	VOLTAGE	--	--	--	--	--	--
	CURRENT	110-120	--	--	--	--	--
	WELD SPEED	cm/min	--	--	--	--	--
	WIRE SPEED	mm/min	--	--	--	--	--
ENERGY	J/cm	--	--	--	--	--	--
SPECIAL INSTRUCTION :							
1. Welding must be straight. 2. Testing using EN 15614-2 standard.							
Verified by the responsible welding engineer.				Rev:	Date :	Prepared by:	Approved by :
				0		Welding Inspector	Welding Engineer

FORM NO.

Gambar 3. WPS Untuk Ketebalan 3 mm Posisi 2F

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION		Document Number :									
WELDING CLASS : --		TYPE OF WELD : Fillet Weld (PJP)									
BASIC MATERIAL : AL 6061 A		SIZE OF WELD : a6 (8.4 mm)									
WELDING PROCESS : GTAVV		THICKNESS : 5 mm									
FILLER METAL : ANS ER 5356		DA : 1.0 mm									
GAS : ARGON 100%		FLOW : 10 L/min									
NUMBER OF PASSES : 1 PASS		POSITION : HORIZONTAL (2F) / PF									
TREATMENT : PRE HEATING TEMP : --		RE HEATING TEMP : --									
INTERPASS TEMP : --		COOLING SPEED : --									
ELECTRIC CHARACTERISTIC	TYPE :	AC									
	PASSES	1	2	3	4	5				TOLERANCE	
	VOLTAGE	VOLT	--	--	--	--	--	--	--	--	
	CURRENT	Amp	125-135	--	--	--	--	--	--	--	
	WELD SPEED	cm/min	--	--	--	--	--	--	--	--	
WIRE SPEED	m/min	--	--	--	--	--	--	--	--		
ENERGY	J/cm	--	--	--	--	--	--	--	--		
SPECIAL INSTRUCTION : 1. Welding must be straight. 2. Testing using EN 15614-2 standard.											
Verified by the responsible welding engineer.				Rev:	Date :	Prepared by:	Approved by :				
				0		Welding Inspector	Welding Engineer				

FORM NO.

Gambar 4. WPS Untuk Ketebalan 5 mm Posisi 2F

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION		Document Number :									
WELDING CLASS : --		TYPE OF WELD : Fillet Weld (PJP)									
BASIC MATERIAL : AL 6061 A		SIZE OF WELD : a6 (8.4 mm)									
WELDING PROCESS : GTAVV		THICKNESS : 3 mm									
FILLER METAL : ANS ER 5356		DA : 1.0 mm									
GAS : ARGON 100%		FLOW : 10 L/min									
NUMBER OF PASSES : 1 PASS		POSITION : VERTICAL UP (3F) / PF									
TREATMENT : PRE HEATING TEMP : --		RE HEATING TEMP : --									
INTERPASS TEMP : --		COOLING SPEED : --									
ELECTRIC CHARACTERISTIC	TYPE :	AC									
	PASSES	1	2	3	4	5				TOLERANCE	
	VOLTAGE	VOLT	--	--	--	--	--	--	--	--	
	CURRENT	Amp	110-120	--	--	--	--	--	--	--	
	WELD SPEED	cm/min	--	--	--	--	--	--	--	--	
WIRE SPEED	m/min	--	--	--	--	--	--	--	--		
ENERGY	J/cm	--	--	--	--	--	--	--	--		
SPECIAL INSTRUCTION : 1. Welding must be straight. 2. Testing using EN 15614-2 standard.											
Verified by the responsible welding engineer.				Rev:	Date :	Prepared by:	Approved by :				
				0		Welding Inspector	Welding Engineer				

FORM NO.

Gambar 6. WPS Untuk Ketebalan 3 mm Posisi 3F

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION		Document Number :									
WELDING CLASS : --		TYPE OF WELD : Fillet Weld (PJP)									
BASIC MATERIAL : AL 6061 A		SIZE OF WELD : a6 (8.4 mm)									
WELDING PROCESS : GTAVV		THICKNESS : 8 mm									
FILLER METAL : ANS ER 5356		DA : 1.0 mm									
GAS : ARGON 100%		FLOW : 10 L/min									
NUMBER OF PASSES : 1 PASS		POSITION : HORIZONTAL (2F) / PF									
TREATMENT : PRE HEATING TEMP : 250°C		RE HEATING TEMP : --									
INTERPASS TEMP : --		COOLING SPEED : --									
ELECTRIC CHARACTERISTIC	TYPE :	AC									
	PASSES	1	2	3	4	5				TOLERANCE	
	VOLTAGE	VOLT	--	--	--	--	--	--	--	--	
	CURRENT	Amp	135-145	--	--	--	--	--	--	--	
	WELD SPEED	cm/min	--	--	--	--	--	--	--	--	
WIRE SPEED	m/min	--	--	--	--	--	--	--	--		
ENERGY	J/cm	--	--	--	--	--	--	--	--		
SPECIAL INSTRUCTION : 1. Welding must be straight. 2. Testing using EN 15614-2 standard.											
Verified by the responsible welding engineer.				Rev:	Date :	Prepared by:	Approved by :				
				0		Welding Inspector	Welding Engineer				

FORM NO.

Gambar 5. WPS Untuk Ketebalan 8 mm Posisi 2F

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION		Document Number :									
WELDING CLASS : --		TYPE OF WELD : Fillet Weld (PJP)									
BASIC MATERIAL : AL 6061 A		SIZE OF WELD : a6 (8.4 mm)									
WELDING PROCESS : GTAVV		THICKNESS : 5 mm									
FILLER METAL : ANS ER 5356		DA : 1.0 mm									
GAS : ARGON 100%		FLOW : 10 L/min									
NUMBER OF PASSES : 1 PASS		POSITION : VERTICAL UP (3F) / PF									
TREATMENT : PRE HEATING TEMP : --		RE HEATING TEMP : --									
INTERPASS TEMP : --		COOLING SPEED : --									
ELECTRIC CHARACTERISTIC	TYPE :	AC									
	PASSES	1	2	3	4	5				TOLERANCE	
	VOLTAGE	VOLT	--	--	--	--	--	--	--	--	
	CURRENT	Amp	125-135	--	--	--	--	--	--	--	
	WELD SPEED	cm/min	--	--	--	--	--	--	--	--	
WIRE SPEED	m/min	--	--	--	--	--	--	--	--		
ENERGY	J/cm	--	--	--	--	--	--	--	--		
SPECIAL INSTRUCTION : 1. Welding must be straight. 2. Testing using EN 15614-2 standard.											
Verified by the responsible welding engineer.				Rev:	Date :	Prepared by:	Approved by :				
				0		Welding Inspector	Welding Engineer				

FORM NO.

Gambar 7. WPS Untuk Ketebalan 5 mm Posisi 3F

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION		Document Number :
		Pass sequence:
WELDING CLASS : -	TYPE OF WELD : Fillet Weld (F/P)	SIZE OF WELD : $\phi 6$ (8.4 mm)
BASIC MATERIAL	TYPE : AL 6061 A	THICKNESS : 8 mm
WELDING PROCESS : GTAW		
FILLER METAL : AWS ER 5356	DIAM : 1.0 mm	
GAS	TYPE : ARGON 100%	FLOW : 10 L/min
NUMBER OF PASSES : 1 PASS	POSITION : VERTICAL UP (3F) / PF	
TREATMENT	PRE HEATING TEMP : 250°C	RE HEATING TEMP : -
	INTERPASS TEMP : -	COOLING SPEED : -
ELECTRIC CHARACTERISTIC	TYPE : AC	
PASSES	VOLTS	1 2 3 4 5 TOLERANCE
VOLTAGE	AMP	135-145
CURRENT	ON/OFF	
WELD SPEED	W/Min	
WIRE SPEED	mm/Min	
ENERGY	J/Cm	
SPECIAL INSTRUCTION :		
1. Welding must be straight.		
2. Testing using EN 15614-2 standard.		
Verified by the responsible welding engineer.	Rev	Date
	0	
	Prepared by :	Approved by :
	Welding Inspector	Welding Engineer

FORM NO.

Gambar 8. WPS Untuk Ketebalan 8 mm Posisi 3F

3) Pengujian Material

Pengujian yang dilakukan adalah uji *dye penetrant* (NDT) dengan uji *bending* (DT). Pengujian ini akan dilaksanakan di PT. Bromo Steel Indonesia (PT. BOSTO) Pasuruan untuk uji *dye penetrant* dan untuk uji *bending* dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Malang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Bab ini berisi data-data hasil penelitian yang dilakukan selama kurang lebih 4 bulan di Laboratorium Teknik Produksi, Fakultas Teknik Mesin dan Dirgantara, Institut Teknologi Bandung. Hasil penelitian ini terdiri dari hasil identifikasi dan parameter pengelasan *carbody* LRT serta hasil pengujian.

1) Identifikasi

- Jenis *Welding Process* dan *Thickness*

Menurut tabel ISO 9692-3:2000(E) no 3.10 A untuk *single fillet weld* dan no 3.10 B untuk *double fillet weld*, pengelasan *t-joint* aluminium menggunakan jenis *Tungsten Inert Gas (Arc) Welding (Wolfram Electrode) with solid-wire or-rod and inert gas* dan *Metal Arc Inert Gas Welding: MIG-Welding*.

- Posisi Pengelasan

Menurut tabel ISO 9692-3:2000(E) no 3.10 A untuk *single fillet weld* dan no 3.10 B untuk *double fillet weld*, pengelasan *t-joint* aluminium menggunakan posisi 2F atau 3F.

- Identifikasi Sambungan Las pada *Carbody* LRT
- Tabel 1. Detail Sambungan Las pada *Carbody* LRT.

Material	Gambar	Jenis Sambungan Las dan Posisi	Letak Material yang Dilas	Jumlah Sambungan Las
Aluminium Al 6061-T6, Tipe Pelat		T-Joint dan Horizontal	Dinding (Bracket of Folding Seat)	-
Aluminium Al 6061-T6, Tipe Pelat		T-Joint dan Vertikal	Dinding (Bracket of Folding Seat)	-
Aluminium Al 6061-T6, Tipe Pelat		T-Joint dan Horizontal	Bagian Lantai (Underframe)	8
Aluminium Al 6061-T6, Tipe Pelat		T-Joint dan Vertikal	Bagian Lantai (Underframe)	88

2) Parameter Sambungan Las *Carbody* LRT

Tabel 2. Parameter Sambungan Las pada *Carbody* LRT

Material	Gambar	Jenis Sambungan las	Ketebalan	Welding Process	Posisi	Filler
Aluminium Al 6061-T6, Tipe Pelat		T-Joint	3 mm	GTAW	2F / PB	AWS ER 5356
Aluminium Al 6061-T6, Tipe Pelat		T-Joint	3 mm	GTAW	3F / PF	AWS ER 5356
Aluminium Al 6061-T6, Tipe Pelat		T-Joint	5 mm	GTAW	2F / PB	AWS ER 5356
Aluminium Al 6061-T6, Tipe Pelat		T-Joint	5 mm	GTAW	3F / PF	AWS ER 5356

3) Hasil Pengujian

Berikut merupakan tabel data hasil uji *dye penetrant* yang dilakukan di PT. Bromo Steel Indonesia (PT. BOSTO) Pasuruan dan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Malang untuk uji *bending*.

Tabel 3. Data Hasil Uji *Dye Penetrant* dan Uji *Bending* pada Posisi 2F


Ketebalan	Uji <i>Dye Penetrant</i> (Diterima/Ditolak)	Uji <i>Bending</i>	
		Gaya maksimum (kN)	Displacement (mm)
3 mm	Diterima	1.29671	22
5 mm	Diterima	3.40633	15
8 mm	Diterima	3.35822	9

Tabel 4. Data Hasil Uji *Dye Penetrant* dan Uji *Bending* pada Posisi 3F

Ketebalan	Uji <i>Dye Penetrant</i> (Diterima/Ditolak)	Uji <i>Bending</i>	
		Gaya maksimum (kN)	Displacement (mm)
3 mm	Diterima	1.07265	22
5 mm	Diterima	3.73254	15
8 mm	Diterima	5.10774	19

Pembahasan

Hasil uji *dye penetrant* yang telah dilakukan menyatakan bahwa spesimen uji pada ketebalan 3 mm, 5 mm dan 8 mm pada posisi 2F dan 3F dinyatakan diterima atau spesimen uji tidak memiliki cacat permukaan seperti retak, berlubang atau kebocoran yang dapat menyebabkan perbaikan (*repair*). Namun, pada ketebalan 3 mm posisi 2F terdapat cacat *porosity* sebesar 0,6 mm dan pada posisi 3F sebesar 0,8 mm serta pada ketebalan 8 mm posisi 2F juga terdapat *porosity* sebesar 1,2 mm. Angka tersebut masih dalam toleransi yang telah ditetapkan “NSSS *Weld Acceptance Criteria*” yaitu untuk *porosity* semua tipe sambungan (*type joint*) besar lubang ≤ 2 mm. Detail data hasil uji *dye penetrant* dapat dilihat pada gambar 9.



PT BROMO STEEL INDONESIA
 Jl. Labs. R.E. Harsadinata 18 - 20 Pasuruan 67113
 Phone : (0343) 421074, Fax: (0343) 421797, E-mail : operasional.bosto@yahoo.co.id

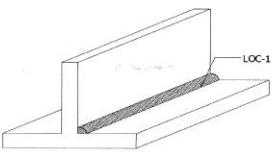
DYE PENETRANT EXAMINATION REPORT



CUSTOMER : -	ORDER No. : -	
USER : -	DRAWING No. : -	
ARTICLE : TEST SPECIMENT	PART NO. : FILLET JOINT	
REPORT NO. : 002	DATE OF Exm. : 26 DESEMBER 2018	

Penetrant : SKL SP1	Penetrant Time : 15	Minutes
Remover : SKC S	Surface Temp. : 32	°C
Developer : SKL SP2	Welding Process :	
	Applicable Code : ASME Sec V	

Part / Weld	Thickness (mm)	Accepted	Rejected	Type of Discontinuity	Remarks
FJT-1 LOC.1	3	Accepted	-	P	0,6 mm
FJT-2 LOC.1	3	Accepted	-	P	0,8 mm
FJT-3 LOC.1	5	Accepted	-	-	-
FJT-4 LOC.1	5	Accepted	-	-	-
FJT-5 LOC.1	8	Accepted	-	-	-
FJT-6 LOC.1	8	Accepted	-	P	1,2 mm

Sketch :



Inspected by  Date : 26-12-18	Approved by  Date : 27/12/18	Witnessed / Reviewed by _____ Date : _____
---	--	---

Gambar 9. Data Hasil Uji *Dye Penetrant*

Hasil uji *bending* yang telah dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Malang (detail gambar hasil pengujian *bending* dapat dilihat pada gambar 10 sampai 15). Pada tabel 4.3 kekuatan material maksimum terendah terjadi pada spesimen uji dengan ketebalan 3 mm sebesar 1.29671 kN dan kekuatan material maksimum tertinggi terjadi pada spesimen uji dengan ketebalan 5 mm sebesar 3.40633 kN. Pada tabel 4.4 kekuatan material maksimum terendah terjadi pada spesimen uji dengan ketebalan 3 mm sebesar 1.07265 kN dan kekuatan material maksimum tertinggi terjadi pada spesimen uji dengan ketebalan 8 mm sebesar 5.10774 kN. Berdasarkan data tersebut, dapat disimpulkan bahwa ketebalan pada spesimen uji sangat berpengaruh pada hasil kekuatan material maksimum yang dihasilkan yaitu semakin tebal pelat yang digunakan maka semakin besar pula kekuatan material yang dihasilkan.



Gambar 10. Spesimen Uji Ketebalan 3 mm Posisi 2F



Gambar 11. Spesimen Uji Ketebalan 5 mm Posisi 2F



Gambar 12. Spesimen Uji Ketebalan 8 mm Posisi 2F



Gambar 13. Spesimen Uji Ketebalan 3 mm Posisi 3F



Gambar 14. Spesimen Uji Ketebalan 5 mm Posisi 3F



Gambar 15. Spesimen Uji Ketebalan 8 mm Posisi 3F

Contoh perhitungan tegangan lengkung menggunakan rumus *three point bending* pada spesimen uji ketebalan 3 mm posisi 2F sebagai berikut.

Diketahui :

$$P = 1,29671 \text{ kN}$$

$$= 132,23 \text{ kgf}$$

$$L = ?$$

$$b = 43,1 \text{ mm}$$

$$d = 3 \text{ mm.}$$

Penyelesaian :

1 kN = 101,972 kgf dan karena bentuk benda uji V maka menggunakan rumus pythagoras untuk mencari jarak *point* (L).

$$\begin{aligned} L &= \sqrt{75^2 + 75^2} \\ &= \sqrt{5.625 + 5.625} \\ &= \sqrt{11.250} \\ &= 106,07 \text{ mm.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_f &= \frac{3 PL}{2bd^2} \\ &= \frac{3 \times 132,23 \times 106,07}{2 \times 43,1 \times 3^2} \\ &= \frac{42.076,91}{775,8} \\ &= 54,24 \text{ kgf/mm}^2. \end{aligned}$$

Jadi, tegangan lengkung yang terjadi pada spesimen uji ketebalan 3 mm posisi 2F adalah 54,24 kgf/mm².

Pengujian *bending* dinyatakan baik pada spesimen uji dengan ketebalan 3 mm dan 5 mm posisi 2F maupun 3F, karena tidak terjadi robek pada daerah las saat kekuatan material maksimum tercapai. Namun, spesimen uji dengan ketebalan 8 mm posisi 2F maupun 3F dinyatakan tidak baik karena pada daerah las spesimen uji terjadi robek (dapat dilihat pada gambar 12 dan 15).

Pernyataan di atas menyatakan bahwa spesimen uji ketebalan 8 mm posisi 2F maupun 3F mengalami robek atau dinyatakan tidak baik, hal ini mengacu pada *preliminary* WPS yang digunakan. *Preliminary* WPS yang digunakan pada ketebalan 8 mm menggunakan parameter *filler* maupun *size of weld* yang sama dengan

preliminary WPS ketebalan 5 mm. Perlu adanya peninjauan kembali terhadap *preliminary* WPS ketebalan 8 mm posisi 2F maupun 3F pada penggunaan diameter *filler* dan *size of weld* agar mendapatkan hasil yang baik dan sesuai dengan yang diharapkan.

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Hasil uji *dye penetrant* menyatakan bahwa spesimen uji diterima atau tidak memiliki cacat permukaan seperti retak, berlubang atau kebocoran yang dapat menyebabkan perbaikan (*repair*).
- 2) Semakin tebal pelat yang digunakan maka semakin besar pula kekuatan maksimum material yang di dapat. Berdasarkan hasil uji yang telah dilakukan kekuatan maksimum tertinggi terjadi pada material dengan tebal pelat 8 mm posisi 3F sebesar 5.10774 kN, namun pada spesimen ini terjadi robek pada hasil lasan dan dinyatakan tidak baik serta kekuatan maksimum terendah terjadi pada material dengan tebal pelat 3 mm posisi 3F sebesar 1.07265 kN.
- 3) WPS (*Welding Specification Procedure*) yang dipakai berpengaruh pada hasil pengelasan aluminium 6061 *t-joint* menggunakan las GTAW dengan kualitas lasan yang baik dan bermutu tinggi. Maka, WPS dapat digunakan sebagai referensi atau acuan dalam melakukan pengelasan aluminium 6061 *t-joint* dan dianjurkan untuk ketebalan pelat 3 mm dan 5 mm menggunakan las GTAW AC pada posisi pengelasan 2F dan 3F, serta dapat dijadikan sebagai WPQR (*Welder Procedure Qualified Record*) atau kualifikasi juru las aluminium untuk WPS dengan ketebalan 3 mm dan 5 mm posisi 2F maupun 3F.

Saran

Adapun saran yang dapat disampaikan pada penelitian ini yaitu dapat menggunakan parameter proses las, jenis sambungan las dan ketebalan pelat yang berbeda untuk membuat WPS atau panduan pengelasan untuk aluminium 6061. WPS atau panduan untuk aluminium 6061 akan sangat dibutuhkan, karena material ini cukup populer dan banyak digunakan di industri kereta api, kapal laut, otomotif, dan lain sebagainya.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah, Sofyan., Gunawan Dwi Hariyadi, AP. Bayuseno dan Seon Jin Kim. 2013. *Pengaruh Post-Weld Heat Treatment dan Arah Pengelasan TIG (Tungsten Inert Gas) Terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro pada Penyambungan Aluminium Paduan 6061*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Achmadi. 2018. *Jenis-Jenis Sambungan Pengelasan Dan Macam-Macam Kampuh Las*. Diakses di pengelasan.net.
- Andewi, Linda. 2016. *Pengaruh Variasi Arus Pada Hasil Pengelasan TIG (Tungsten Inert Gas) Terhadap Sifat Fisis Dan Mekanis Pada Aluminium 6061*. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Anonim. 2012. *Sejarah Aluminium*. <http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/20315/3/chapter%20II.pdf>. Diakses pada tanggal 5 Desember 2016 pukul 08.45 WIB.
- ASM Metal Handbook Volume 9, 2004.
- Avianto, Johan. 2013. *Visual Testing (Pengujian Indera Mata)*. <https://www.google.co.id/amp/s/johanavianto.wordpress.com/2013/08/29/visual-testing-pengujian-inderamata/amp/>.
- Chellamuthu, Sabarinathan. 2012. *Figure*. https://www.google.co.id/amp/s/www.researchgate.net/figure/Schematic-diagram-of-Tensile-Testing-Machine_fig5_289029747/amp. Diakses pada Juli 2012.
- Dadang. 2013. *Teknik Las GTAW*. Jakarta: Direktorat Jenderal Peningkatan Mutu Pendidik dan Tenaga Kependidikan.
- Engineering Division Handbook, Aluminium City (Pty) Limited, Sept 1999.
- India, aircraft plasma. 2016. *Welding Hard Facing Cladding And Cutting Of Metals*. <http://aircraftplasma.blogspot.com/2016/02/physical-testing-for-welded-materials.html?m=1>. Diakses pada Senin, 15 Februari 2016 pukul 15.31 WIB.
- Jones, David. 2016. *Macam-Macam Sambungan & Posisi Pengelasan Pelat Dan Pipa Beserta Gambarnya*. Diakses di pengelasan.com.
- Khamid, Abdul. 2011. *Rancang Bangun Alat Uji Bending Dan Hasil Pengujian Untuk Bahan Besi Cor*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Kholis, Ikhsan. 2012. *Kualifikasi Welding Procedure Specification (WPS) Dan Juru Las (Welder) Berdasarkan ASME Section IX Di Industri Migas*. Forum teknologi, vol 02 No 3.
- Multazam, Diky dan Subowo. 2015. *Analisa Pengaruh Perbedaan Interpas Temperatur Pengelasan GTAW Aluminium 6061 Menggunakan Filler ER4043 Terhadap Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Raharjo, Himawan Tri. 2013. *Pengujian Dengan Merusak Dan Tidak Merusak/NDT Material Destructive Test And Non Destructive Test*. <http://himawantriraharjo.blogspot.com/2013/03/pengujian-dengan-merusak-dan-tidak.html>. Diakses pada Jumat, 01 Maret 2013 pukul 20.07 WIB.
- Sonawan, H dan Rochim Suratman. 2006. *Pengantar Untuk Memahami Proses Pengelasan Logam*. Bandung: Alfabeta.
- Sumadi, Hamdani. 2019. Bab I Metal Inert Gas (MIG). Diakses di anzd.com.
- Subagyo, Nur Imam. 2017. *Analisis Pengaruh Artificial Aging Terhadap Sifat Mekanis Pada Aluminium Seri 6061*. Bandar Lampung: Universitas Lampung.
- Surdia, Tata dan Shinroku Saito. 1995. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 23 Tahun 2007 tentang Perkeretaapian. Presiden Republik Indonesia. Jakarta: 2007.
- Widharto, Sri. 2006. *Petunjuk Kerja Las*. Jakarta: Cetakan Ke-6 Pradnya Paramita.
- Wirjosumarto, H. dan T. Okumura. 2000. *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta: Cetakan Ke-8 Pradnya Paramita.
- Yulistiawan, Fiskan. 2016. *Pengaruh Variasi Kampuh Terhadap Kekuatan Tarik Hasil Pengelasan Tungsten Inert Gas (TIG) Pada Baja Karbon Rendah ST 37*. Bandar Lampung: Universitas Lampung.