

# ANALISIS METODE *STATIC THERMAL TENSIONING* (STT) DENGAN VARIASI JARAK *HEATER* PADA MATERIAL *STAINLESS STEEL* 304 PROSES PENGELASAN GMAW TERHADAP SIFAT MEKANIS DAN STRUKTUR MAKRO

Sectio Wahyu Syahbani<sup>1\*</sup>, Moh. Syaiful Amri<sup>2</sup>, Rikat Eka Prastyawan<sup>3</sup>

Program Studi Teknik Pengelasan, Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya,  
Surabaya 60111<sup>1\*</sup>

Email: sectiowahyu15@gmail.com<sup>1</sup>

**Abstract** – The welding process could have been considered good, effective, and efficient if it had met the standards. One of the welding defects that frequently occurred and was crucial in the welding process was distortion caused by heat and residual stress during the welding process. The Static Thermal Tensioning (STT) method was a technique that could minimize distortion during welding. Based on the formulated background, this study aimed to investigate the effect of the STT method on SUS 304 material, using heater distance variations of 60 mm, 80 mm, and 100 mm as parameters. The experimental research design used heater distance variations of 60 mm, 80 mm, and 100 mm, with ER 308 welding wire of 1 mm diameter and 99.99% Argon as shielding and backing gas on SUS 304 material. The instruments used in this study included tensile tests, macro tests, and hardness tests. The analysis results showed the highest hardness value was found in the Base Metal, while the lowest hardness value was found in the Weld Metal. The tensile test results showed the highest tensile strength at a heater distance variation of 60 mm with a value of 562.93 MPa, while the lowest tensile strength was found at a heater distance variation of 100 mm with a value of 497.22 MPa. The conclusion of this research was that the farther the heater distance, the more it affected the tensile strength and hardness value of the material.

**Keyword:** GMAW, Residual Stress, Static Thermal Tensioning

## 1. PENDAHULUAN

Pada proses fabrikasi struktur baja, salah satu metode penyambungannya adalah pengelasan, dimana pengelasan dinilai sangat efektif dan efisien sehingga perusahaan fabrikasi pasti menggunakannya. Pada umumnya perusahaan fabrikasi menggunakan metode pengelasan SMAW, GMAW, FCAW, dan GTAW.

Pada proses pengelasan terdapat welding defect yang dapat mempengaruhi kualitas sambungan las. Salah satu welding defect yang sering terjadi dan krusial pada proses pengelasan adalah deformasi yang diakibatkan oleh panas dan tegangan sisa yang terjadi pada saat proses pengelasan, distorsi dapat menyebabkan perubahan dimensi sehingga menurunkan presisi dan bahkan menyebabkan hilangnya integritas struktural logam hasil lasan, deformasi tidak dapat dihilangkan namun dapat diminimalisir, pada umumnya untuk meminimalisir distorsi dilakukan perlakuan panas pada material las. Untuk metode meminimalisir distorsi penulis akan menggunakan metode *Static Thermal Tensioning* (STT), Prinsip kerja metode ini berupa pemberian tegangan termal (*thermal tensioning*) untuk melawan tegangan termal akibat pengelasan. Penelitian tentang (STT) telah

dilakukan oleh [1] menggunakan efek termal pada pelat dengan ketebalan lebih dari 4 mm selanjutnya [2] mengembangkan metode STT untuk diaplikasikan pada pesawat dan mampu mengurangi distorsi pada pelat tipis kurang dari 4mm. Metode yang dikembangkan ini dikenal dengan *Low Stress No Distortion* (LSND). [3] dalam studinya tentang pengaruh static thermal tensioning terhadap distorsi akibat proses las TIG (Tungsten Inert Gas) pada plat tipis paduan aluminium 2024 menunjukkan bahwa metode pengelasan ini dapat mengurangi terjadinya tegangan sisa dan distorsi secara efektif. Menurut hasil penelitian [4], Metode STT dapat meningkatkan sifat mekanik material baik kekerasan dan kekuatan tarik material, hal ini dapat terlihat pada peningkatan kekuatan tarik material dan peningkatan kekerasan material.

Metode STT ini dilaksanakan pada saat proses pengelasan sedang berlangsung, dimana proses ini mengkombinasikan proses pemanasan material las diiringi dengan pendinginan cepat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keefektifan penggunaan metode STT terhadap plat *stainless steel* SUS 304 yang akan divariasikan jarak heater sehingga mendapatkan jarak yang efektif untuk STT dengan suhu 200°C untuk pengendalian deformasi. Penelitian ini juga

bertujuan untuk mengetahui pengaruh perlakuan panas dan pendinginan cepat pada metode STT terhadap struktur *macro*, kekerasan, dan kekuatan sambungan lasnya.

## 2. METODOLOGI.

Penelitian ini menggunakan material *stainless steel* SUS 304 dengan dimensi 400 x 180 x 4 mm sebanyak 9 *joint* spesimen. Material tersebut dilas menggunakan pengelasan GMAW dengan tambahan menggunakan metode *Static Thermal Tensioning* (STT) dengan kecepatan kawat pengumpan 9 mm/s, arus 180 Ampere, tegangan 22 volt dan gas pelindung Argon (Ar). Berikut adalah kode spesimen beserta pembagian parameter dan jarak *heater* pada Tabel 1.

Tabel 1 Parameter dan Variasi Jarak *Heater*

Kode	STT Suhu 200°	Diameter Elektroda	Polarity	Ampere	Voltage	Heat Input (J/mm)
A1	Jarak Heater 60 mm	1 mm	DCEP	180	22	67,8
A2	Jarak Heater 60 mm	1 mm	DCEP	180	22	67,8
A3	Jarak Heater 60 mm	1 mm	DCEP	180	22	67,8
B1	Jarak Heater 80 mm	1 mm	DCEP	180	22	67,8
B2	Jarak Heater 80 mm	1 mm	DCEP	180	22	67,8
B3	Jarak Heater 80 mm	1 mm	DCEP	180	22	67,8
C1	Jarak Heater 100 mm	1 mm	DCEP	180	22	67,8
C2	Jarak Heater 100 mm	1 mm	DCEP	180	22	67,8
C3	Jarak Heater 100 mm	1 mm	DCEP	180	22	67,8

Maerial disambung dengan tipe sambungan *butt joint*. *Filler metal* yang digunakan adalah ER 308L. Setelah proses pengelasan selesai dilakukan, tes kupon akan dipotong dan selanjutnya dijadikan spesimen-spesimen untuk pengujian. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian makro mikro, pengujian kekerasan, dan pengujian tarik.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Hasil Pengujian Makro

Pengujian makro dilakukan dengan menggunakan etsa Aqua-regia dengan kandungan H<sub>2</sub>O 50ml + HCL 50ml. Makro test dilakukan untuk melihat penetrasi atau peleburan filler metal, untuk melihat diskontinuitas dan melihat weld size yang diperoleh (AWS). Pada Tabel 2 ialah ukuran *depth*, *width* dan *reinforcement* pada 9 sample variasi jarak *heater* pada pengelasan GMAW menggunakan metode STT.

Tabel 2 Hasil Pengujian Makro

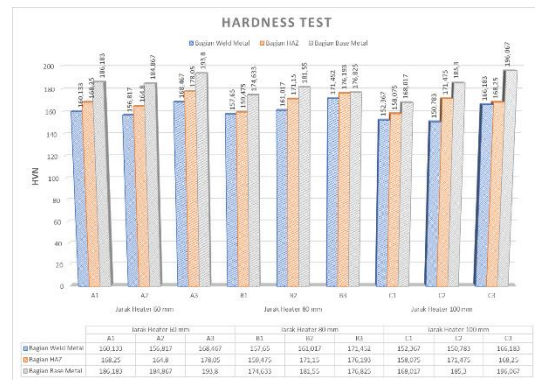
Kode	Depth (mm)	Width (mm)	(+) <sup>(+)</sup> Reinforcement / (-) <sup>(-)</sup> Concavity (mm)
1	6,36	8,41	1,29
2	6,94	8,68	1,36

3	6,61	9,24	1,6
4	8,33	10,86	4
5	6,95	10,76	3,18
6	8,03	11,71	3,33
7	6,72	9,64	2,98
8	10,22	9,14	4,14
9	4,97	10,64	0,88

Pada pengujian makro didapatkan pengelasan yang fusi, menghasilkan lebar *depth* terbesar 10,22 mm pada variasi jarak *heater* 80 mm, lebar *depth* terkecil 4,97 mm pada variasi jarak *heater* 80 mm, uji makro juga menghasilkan tinggi penetrasi 11,71 mm pada variasi jarak *heater* 100 mm, penetrasi terkecil 8,41 mm terdapat pada variasi jarak *heater* 60 mm, dan lebar *reinforcement* sebesar 4,14 mm pada variasi jarak *heater* 80 mm dan *reinforcement* terkecil sebesar 0,88 pada variasi jarak *heater* 80 mm

### 3.2 Hasil Pengujian Hardness

Berikut adaah rata-rata nilai kekerasan total tiap specimen variasi pada penelitian ini terdapat pada Gambar 1.



Gambar 1 Grafik Nilai Kekerasan

Foto Pada pengujian kekerasan didapatkan bahwa untuk nilai kekerasan dari seluruh spesimen memiliki nilai yang tidak jauh berbeda di setiap daerahnya, dari hasil pengujian kekerasan pada bagian base metal tertinggi terdapat pada variasi jarak *heater* 80 mm sebesar 206,3 HVN dan untuk nilai terendah pada bagian base metal terdapat pada variasi jarak *heater* 100 mm 164 HVN dan dari hasil pengujian kekerasan pada daerah HAZ nilai tertinggi terdapat pada variasi jarak *heater* 60 mm sebesar 185 HVN unttuk nilai terendah terdapat pada variasi jarak *heater* 80 mm sebesar 154,1 HVN.

Hasil nilai kekerasan setiap spesimen yang didapatkan pada daerah weld metal, base metal dan HAZ sama yaitu nilai kekerasan tertinggi pada daerah base metal dan nilai kekerasan

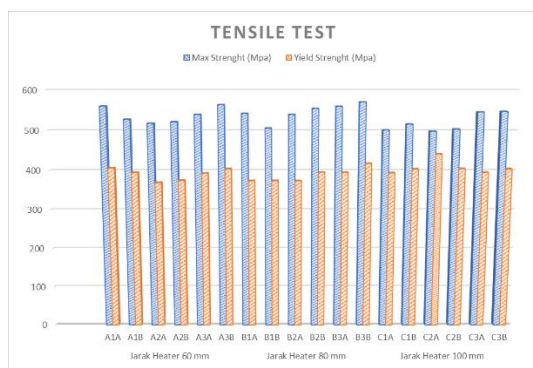
terendah pada daerah weld metal. Hasil uji kekerasan memperlihatkan bahwa kekerasan di daerah las memberikan hasil yang relatif sama baik yang tanpa STT/TTT maupun yang menggunakan STT/TTT, sedangkan bila dibandingkan dengan daerah HAZ maupun logam induk kekerasan di daerah las relatif lebih rendah[5].

### 3.3 Hasil Pengujian Tarik

Pada penelitian ini setiap spesimen variasi diambil 2 sampel untuk pengujian tarik. Hasil dari pengujian tarik dari tiap spesimen variasi terdapat pada Tabel 3 dan perbandingan nilai dari tiap spesimen disajikan dalam bentuk diagram pada Gambar 2.

Tabel 3 Hasil Uji Tarik

Variasi	Kode	Max Strength (MPa)	Yield Strength (MPa)
Jarak Heater 60 mm	A1A	559,43	405,75
	A1B	527,08	394,31
	A2A	517,43	368,8
	A2B	520,98	373,99
	A3A	539,08	392,44
	A3B	562,93	403,53
Jarak Heater 80 mm	B1A	541,31	373,31
	B1B	504,94	373,47
	B2A	539,09	373,14
	B2B	553,64	394,67
	B3A	559,1	394,54
	B3B	569,57	416,97
Jarak Heater 100 mm	C1A	500,25	393,24
	C1B	515,08	402,82
	C2A	497,22	440,92
	C2B	502,62	403,97
	C3A	545,07	394,81
	C3B	546,42	403,44



Gambar 2 Diagram Nilai Kekuatan Tarik

Hasil pengujian tarik menunjukkan bahwa patah tarik terjadi pada daerah *weld metal*, hal ini bisa terjadi diakibatkan pada daerah *weld metal* mempunyai kekerasan relatif rendah sehingga merupakan daerah yang paling lemah. Pada

pengujian tarik diatas pada variasi jarak *heater* 60 mm nilai *max strength* tertinggi pada kode spesimen A3B sebesar 562,93 MPa, untuk nilai *yield strength* tertinggi pada kode spesimen A1A sebesar 405,75 MPa. Untuk variasi jarak *heater* 80 mm nilai *max strength* tertinggi pada kode spesimen B3B sebesar 569,57 MPa untuk *yield strength* tertinggi pada kode spesimen B3B sebesar 416,97 MPa. Untuk variasi jarak *heater* 100 mm nilai *max strength* tertinggi pada kode spesimen C3B sebesar 546,42 MPa untuk *yield strength* tertinggi pada kode spesimen C2A sebesar 440,92 MPa. Jadi nilai *max strength* tertinggi pada penelitian ini pada spesimen B3B sebesar 569,57 MPa dengan variasi jarak *heater* 80 mm untuk pada *yield strength* tertinggi pada penelitian ini terdapat pada spesimen C2A sebesar 440,92 MPa dengan variasi jarak *heater* 100 mm.

### 4. KESIMPULAN

Dari hasil penyajian data dan analisis hasil pengujian dalam penelitian ini dapat diambil kesimpulan antara lain:

1. Pengamatan hasil uji makro didapatkan dari pengelasan GMAW dengan penggunaan metode Static Thermal Tensioning variasi jarak heater 60 mm, 80 mm, dan 100 mm, menghasilkan lebar depth terbesar 10,22 mm pada variasi jarak heater 80 mm, lebar depth terkecil 4,97 mm pada variasi jarak heater 80 mm, uji makro juga menghasilkan tinggi penetrasi 11,71 mm pada variasi jarak heater 100 mm, penetrasi terkecil 8,41 mm terdapat pada variasi jarak heater 60 mm, dan lebar reinforcement sebesar 4,14 mm pada variasi jarak heater 80 mm dan reinforcement terkecil sebesar 0,88 pada variasi jarak heater 80 mm.
2. Hasil pengujian tarik menunjukkan bahwa kekuatan tarik tertinggi terdapat pada variasi jarak heater 80 mm sebesar 569,57 MPa, sedangkan nilai kuat tarik terendah terdapat pada variasi jarak heater 100 mm sebesar 497,22 MPa.
3. Hasil pengujian kekerasan didapatkan bahwa untuk nilai kekrasan dari seluruh spesimen memiliki nilai yang tidak jauh berbeda di setiap daerahnya, dari hasil pengujian kekerasan pada bagian base metal tertinggi terdapat pada variasi jarak heater 80 mm sebesar 206,3 HVN dan untuk nilai terendah pada bagian base metal terdapat pada variasi jarak heater 100 mm 164 HVN dan dari hasil pengujian kekerasan pada daerah HAZ nilai tertinggi terdapat pada variasi jarak heater 60 mm sebesar 185 HVN unntuk nilai terendah terdapat pada variasi jarak heater 80 mm sebesar 154,1 HVN.

## 5. PUSTAKA

- [1] Burak, Y. I., Romanchuk, Y. P., Kazimirov, A. A., & Morgun, V. P. (1979). *SELECTION OF THE OPTIMUM FIELDS FOR PREHEATING PLATES BEFORE WELDING.*
- [2] Guan Q., D.L., G., Cao, Y., Li, C. Q., Y.C., S., & Liu, J. D. (1988). *Method and apparatus for low stress no-distortion welding of thin-walled structural elements.*
- [3] Guo, S.Q. & Li, X.H. & Xu, W.L. & Liu, X.S. & Wan, X. & Tian, X. T. . (2001). *Welding distortion control of thin Al alloy plate by static thermal tensioning.*
- [4] Habibi, M. L., & Iman, M. N. (2011). Studi Metode Static Termal Tensioning (Stt) Untuk Meminimalkan Distorsi Las Mig Aluminium Aa5083 Dan Pengaruhnya Terhadap Sifat Mekanis. *Studi Metode Static Termal Tensioning (Stt) Untuk Meminimalkan Distorsi Las Mig Aluminium Aa5083 Dan Pengaruhnya Terhadap Sifat Mekanis*, 924.
- [5] Yunaidi., & Iman, M. N. (2012). PENGARUH PREHEAT DAN THERMAL TENSIONING TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIK PADA SAMBUNGAN LAS TIG AL 6061-T6. *PENGARUH PREHEAT DAN THERMAL TENSIONING TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIK PADA SAMBUNGAN LAS TIG AL 6061-T6*, 2(2).