

Studi Eksperimental Pertambahan Berat Las Blok 7 Lambung Kapal Ferry Ro-Ro 1500 GT

Jefry Adam Matemmu¹, Wahyuddin Mustafa^{2*}, Syamsul Asri³, Farianto Fachruddin⁴, Mohammad Rizal Firmansyah⁵, Misliah⁶, Fadhil Rizki Clausthaldi⁷, Diva Anugrah Ramadhani⁸, Jerry Agung Patari⁹, Ledy Vega Adiputrie¹⁰

^{2,3,4,5,6,7}Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Indonesia

^{1,8,9,10}Mahasiswa Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Indonesia

*Corresponding Author: wahyuddinmustafa09@gmail.com

Abstract

Before World War II, rivet construction was used for steel ship construction. However, along with the development of technology, welding methods were created and are a technique for joining steel construction with results that are tighter, more straightforward, and cost-effective for assembly. Welding is the process of joining materials by heating them to welding temperature, with or without standard pressure, and with or without the use of filler metal. The weight of the weld metal can affect the Ship's Light Weight Tonnage (LWT) and the ship's construction cost. This research aims to determine how much weld metal increases the weight of the steel structure in block 7 of the 1500 GT Ro-Ro Ferry Ship using the SMAW (Shielded Metal Arc Welding) welding process. The approach was carried out experimentally by making several specimens based on the welded construction design and welding specification procedures (WPS) for the 1500 GT Ro-Ro Ferry Ship. The increase in weld weight on an experimental basis was 2.13%, or in other words, from a total welding length of 2,395.56 meters, an increase in weld metal weight is 1,059.95 kg from the total weight of block 7 of the hull structure of the 1500 GT Ro-Ro Ferry Ship of 48,595.0 kg.

Keywords: Ship structure; SMAW; LWT; Ship weight; Weld weight

Article Info

Article History:

Received 01 May 2024

Revised 26 May 2024

Accepted 28 June 2024

Available online 30 June 2024

1. Pendahuluan

Pada era sebelum Perang Dunia II, kapal baja menggunakan konstruksi keling. Namun seiring dengan perkembangan teknologi, ditemukan metode pengelasan (*welding*) untuk menyambung konstruksi baja dengan hasil yang lebih cepat, sederhana dan murah [1]. Pengelasan adalah suatu proses penyambungan dimana dua bagian yang terpisah dapat disambung menjadi satu bagian yang tidak terpisahkan. Idealnya harus ada kesinambungan yang utuh antara bagian-bagiannya dan bagian pada area sambungan harus tidak dapat dibedakan dari logam induk masing-masing bagian. Pengelasan didefinisikan sebagai operasi yang menyatukan logam melalui panas atau tekanan, atau keduanya, sedemikian rupa sehingga ada kesinambungan dalam sifat logam bagi material telah bergabung [2-4].

Proses pengelasan terbagi menjadi dua bagian besar yaitu proses dengan tekanan dan fusi atau panas. Proses pengelasan fusi atau busur antara lain SAW, FCAW, GMAW, GTAW dan SMAW atau MMA. Proses pengelasan SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) merupakan yang paling umum digunakan dalam bidang industri logam, termasuk salah satunya dalam industri pembangunan dan reparasi kapal [5].

Pengelasan SMAW dilakukan dengan memanfaatkan sumber panas dari listrik dan bahan pengisi atau *filler*. Adanya bahan pengisi pada proses pengelasan menyebabkan terjadinya pertambahan volume dan berat pada objek yang dilas. Panjang pengelasan pada konstruksi kapal baja dapat mencapai ribuan meter atau bahkan lebih, keadaan ini menyebabkan terjadi pertambahan berat yang signifikan pada konstruksi kapal.

Logam Las (*weld metal*) dapat mempengaruhi total berat baja atau komponen LWT kapal. LWT kapal terdiri dari 3 (tiga) kelompok berat yaitu berat struktur, peralatan dan perlengkapan dan permesinan kapal [6-9]. Secara umum, kelompok struktur mencakup semua baja atau material struktur lainnya yang dikerjakan oleh

galangan kapal ditambah item-item seperti logam las atau kepala keling. Berat struktur baja yang dihitung harus dikoreksi untuk logam las dan berat margin sebelum ditetapkan sebagai komponen berat LWT pada saat perancangan kapal [6]. Berat margin pada tahap desain awal/pra-rancangan kapal nilai besarnya bervariasi yaitu antara 1 – 2% untuk struktur sederhana dan 2 – 3% dan 6% untuk kapal yang lebih kompleks [7].

Secara empirik berat logam las pada struktur baja blok 7 adalah sebesar 734 kg dan berat struktur baja blok 7 adalah sebesar 48595 kg, maka besar pertambahan berat logam las terhadap berat struktur blok 7 adalah sebesar 1,5 % [10]. Tujuan utama penelitian adalah mendeskripsikan besar pertambahan logam atau hasil las dengan pendekatan eksperimental menggunakan proses pengelasan SMAW.

2. Tinjauan Pustaka

Metode yang dikembangkan dalam menentukan pertambahan berat logam las pada struktur baja kapal, adalah sebagai berikut :

1. Pembuatan Spesimen
2. Pengkodean dan Penimbangan Awal Spesimen.
3. Pengelasan dan Penimbangan Sambungan Spesimen

2.1 Pembuatan Spesimen

Spesimen dibuat berdasarkan dari desain konstruksi las dan WPS kapal Ferry Ro-Ro 1500 GT. Material sampel uji adalah material sisa pembangunan kapal, seperti terlihat pada Gambar 1. Jumlah spesimen yang diperlukan sesuai dengan variasi ketebalan sambungan yang akan di las yaitu pelat dengan ketebalan 8 mm, 9 mm, 10 mm, 12 mm, 14 mm, 20 mm, *bulb plate* 8 x 160 mm, dan *bulb plate* 7 x 140 mm dengan masing-masing jumlah spesimen seperti terlihat pada Tabel 1. Jumlah sampel ditentukan berdasarkan metode Slovin dengan margin error sebesar 5%. Ukuran masing-masing spesimen dapat di lihat pada Tabel 2.



Gambar 1. Material spesimen

Tabel 1. Jumlah Kebutuhan Sampel

Kebutuhan sampel			
Jenis Sambungan		Panjang Las Sampel (mm)	Jumlah Sampel (buah)
Las Sudut Pelat dengan Pelat	8X8	398.677	4
	8X10	399.720	4
	8X12	398.661	4
	8X14	390.675	4
	9X10	352.941	4
	10X10	399.698	4
	10 x 12	398.453	4
	10 x 14	386.403	4
	12 x 12	398.079	4
	12 x 14	396.121	4
	12 x 20	297.435	4
14 x 20	380.222	4	
Las Sudut Pelat dengan Profil	7 x 7	340.740	4
	7 x 8	399.290	4
	7 x 10	381.064	4
	8 x 8	394.435	4
	8 x 10	398.078	4
	8 x 12	396.817	4
8 x 14	378.947	4	
Sambungan Tumpul	8 x 8	398.875	4
	8 x 12	393.442	4
	9 x 10	393.442	4
	10 x 10	398.576	4
	10 x 12	393.837	4
12 x 12	397.144	4	

Tabel 2. Ukuran Spesimen

Tebal	Lebar	Panjang
8 mm	65 mm	100 mm
9 mm	55 mm	100 mm
10 mm	48 mm	100 mm
12 mm	45 mm	100 mm
14 mm	32 mm	100 mm
20 mm	52 mm	100 mm
Bp 7 mm	100 mm	140 mm
Bp 8 mm	100 mm	160 mm

2.2 Pengkodean dan Penimbangan Awal Spesimen

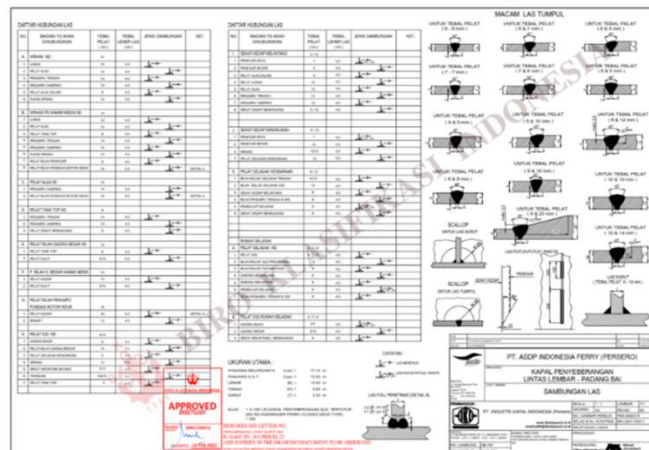
Pelat dan Profil dipotong dan dibevel dan permukaan dibersihkan hingga sampel sesuai dengan WPS. Pengkodean dan penimbangan awal sampel uji, sebagaimana terlihat pada Gambar 2. Tata kode dibuat untuk memastikan sampel tidak tertukar dan mudah dikenali. Tata kode sampel disusun berdasarkan urutan sebagai berikut: jenis sambungan – tebal 1 – tebal 2 – nomor urut sampel. Sebagai contoh untuk sambungan las sudut ketebalan 8 mm dengan 8 mm maka labelnya adalah B-8-8-a. Huruf B pada kode itu untuk menunjukkan sambungan tumpul, huruf L untuk sambungan sudut pelat dengan pelat dan huruf P untuk sambungan sudut pelat dengan Profil.



Gambar 2. Pemotongan dan penimbangan awal spesimen

2.1. Pengelasan dan Penimbangan Spesimen

Pengelasan spesimen dilakukan menggunakan proses pengelasan SMAW berdasarkan desain konstruksi las atau welding table dan WPS Kapal Ferry Ro-Ro 1500 GT, seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Desain las atau welding table lambung kapal Ferry Ro-Ro 1500 GT

Pertambahan berat logam las spesimen ditentukan dengan cara mengurangi berat spesimen setelah dilas dengan berat spesimen awal di bagi dengan panjang las, yang diekpresikan dalam bentuk persamaan (1).

$$P_{BLS} = \frac{B_{SL} - B_{SA}}{P_L} \quad (1)$$

dimana P_{BLS} adalah pertambahan berat logam las spesimen (gram/mm), B_{SL} adalah berat spesimen setelah dilas (gram), B_{SA} adalah berat spesimen awal (gram), dan P_L adalah panjang las spesimen (mm).

Pertambahan berat logam las spesimen dikalikan dengan panjang objek las pada struktur blok merupakan berat logam las pada struktur blok yang di formulasi dalam persamaan (2) berikut ini.

$$B_L = P_{BL} * P_{OL} \quad (2)$$

dimana B_L adalah berat logam las struktur blok (kg) dan P_{OL} adalah panjang las struktur blok (meter).

Rasio pertambahan berat logam las pada struktur blok merupakan perbandingan antara struktur blok dengan berat struktur blok ditambah dengan berat logam las, yang diformulasikan dalam persamaan (3) sebagai berikut.

$$RP_{BL} = \frac{B_L}{B_{SB}} \times 100\% \quad (3)$$

dimana RP_{BL} adalah rasio pertambahan berat logam las (%), B_L adalah berat logam las struktur blok (kg) dan B_{SB} adalah berat struktur blok (kg).

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Berat Logam Las

Proses pengelasan spesimen menggunakan jenis SMAW (las elektroda terbungkus), menggunakan elektroda las ukuran 3,2 mm, arus las 90 – 130 Ampere, dan disesuaikan dengan Welding Procedure Specification (WPS). Tukang las adalah peneliti sendiri, tidak bersertifikat. Pengelasan spesimen dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Proses dan hasil pengelasan spesimen

Spesimen yang telah di sambung dengan las, di timbang untuk mendapatkan berat setelah di las (BSL), seperti terlihat pada Tabel 3, 4 dan 5.

Tabel 3. Las sudut pelat dengan pelat

Kode	Panjang las (mm)	Berat spesimen (gram)							
		Sebelum dilas				Setelah dilas			
		a	b	c	d	a	b	c	d
L-8-8	100	803	803	803	803	841	825	855	850
L-8-10	100	784	784	784	784	833	828	828	829
L-8-12	100	810	810	-	-	855	854	-	-
L-8-14	100	723	723	723	723	764	772	772	768
L-9-10	100	719	719	719	719	777	767	765	769
L-10-10	100	746	746	746	746	815	795	798	798
L-10-12	100	788	788	0	0	846	844	0	0
L-10-14	100	705	7056	705	705	771	758	755	755
L-12-12	100	833	833	-	-	919	905	-	-
L-12-14	100	734	734	-	-	813	800	-	-
L-12-20	100	1213	1213	-	-	1307	1310	-	-
L-14-20	100	1130	1130	1130	1130	1232	1227	1220	1230

Tabel 4. Las sudut pelat dengan profil

Kode	Panjang las (mm)	Berat spesimen (gram)							
		Sebelum dilas				Setelah dilas			
		a	b	c	d	a	b	c	d
P-7-7	140	1842	1842	1842	1842	1894	1900	1903	1900
P-7-8	50	1334	1334	1334	1334	1358	1359	1359	1357
P-7-10	50	1267	1267	1267	1267	1290	1291	1291	1291
P-8-8	50	1806	1806	1806	1806	1837	1830	1831	1832
P-8-10	50	1775	1775	1775	1841	1797	1798	1802	1869
P-8-12	50	1840	1840	1840	1840	1865	1865	1863	1863
P-8-14	50	1771	1771	1771	1771	1793	1794	1791	1795

Tabel 5. Las Tumpul

Kode	Panjang las (mm)	Berat las tumpul							
		Berat sampel (gram)				Berat sampel setelah dilas (gram)			
		a	b	c	d	a	b	c	d
B-8-8	100	798	798	798	798	811	792	796	808
B-8-12	100	815	815	-	-	817	815	-	-
B-9-10	100	730	730	730	730	740	739	730	733
B-10-10	100	773	773	773	773	712	777	798	780
B-10-12	100	800	800	800	800	794	774	773	809
B-12-12	100	795	795	795	795	802	802	797	823

3.2. Pertambahan Berat Logam Las

Perhitungan berat logam las dilakukan dengan menggunakan persamaan (1) dan (2), setelah memilih sebuah nilai yang mewakili berat sampel dari masing-masing sambungan menggunakan pendekatan nilai modus atau median, seperti terlihat pada Tabel 6.

Table 6. Berat logam las pada blok 7

Jenis sambungan	Berat pengelasan pada blok 7 berdasarkan hasil eksperimen						Total berat (kg)
	Tebal material (mm)	Panjang las (mm)	Pertambahan berat (g/mm)	Berat Pengelasan			
				gram	kg		
Las sudut pelat dengan pelat	8	8	120620	0.495	59706.9	59.71	788.03
	8	10	507204	0.440	223169.8	223.17	
	8	12	119140	0.445	53017.3	53.02	
	8	14	16760	0.490	8212.4	8.21	
	9	10	3000	0.490	1470.0	1.47	
	10	10	530340	0.520	275776.8	275.78	
	10	12	103048	0.555	57191.64	57.19	
	10	14	11368	0.500	5684.0	5.68	
	12	12	82916	0.790	65503.64	65.50	
	12	14	40850	0.725	29616.25	29.62	
Las sudut pelat dengan profil	12	20	1160	0.955	1107.8	1.11	240.72
	14	20	7690	0.985	7574.65	7.57	
	7	7	2300	0.414	952.8571	0.95	
	7	8	224969.2	0.500	112484.6	112.48	
	7	10	8049.6	0.480	3863.808	3.86	
	8	8	28352	0.490	13892.48	13.89	
Las Tumpul	8	10	147648	0.550	81206.4	81.2064	31.19
	8	12	49881.6	0.500	24940.8	24.9408	
	8	14	7200	0.470	3384	3.384	
	8	8	141856	0.115	16313.44	16.31	
	8	12	24000	0.010	240	0.24	
	9	10	24000	0.095	2280	2.28	
Total berat pengelasan secara eskperimental						1059.95	

Contoh perhitungan pertambahan las untuk spesimen dengan kode L-8-10 atau baris kedua dalam Tabel 3 dan Tabel 6 adalah sebagai berikut: jika diketahui nilai berat spesimen setelah di las (B_{SL}) yang sering muncul (modus) dari ke empat sampel adalah berat 828 gram , maka :

$$P_{BLS} = \frac{B_{SL} - B_{SA}}{P_L}$$

$$P_{BLS} = \frac{828 - 784}{100}$$

$$P_{BLS} = \frac{44}{100}$$

$$P_{BLS} = 0,44 \text{ gram/mm}$$

Jika diketahui panjang objek las pada struktjur adalah sepanjang 507204 mm, maka :

$$B_L = P_{BL} * P_{OL}$$

$$B_L = 0,44 \frac{\text{gram}}{\text{mm}} * 507204 \text{ mm}$$

$$B_L = 223169.8 \text{ gram atau } 223.17 \text{ kg}$$

dengan cara yang sama untuk keseluruhan panjang objek las diperoleh total pertambahan las pada blok 7 sebesar 1059,95 kg.

Rasio pertambahan berat las pada struktur blok 7 diperoleh menggunakan persamaan 3. Jika diketahui berat struktur blok 7 sebesar 48595 kg, maka :

$$RP_{BL} = \frac{B_L}{B_{SB}} * 100 \%$$

$$RP_{BL} = \frac{1059,95}{48595} * 100 \%$$

$$RP_{BL} = 0,0218 * 100 \%$$

$$RP_{BL} = 2,18 \%$$

Pertambahan berat las berdasarkan hasil eksperimen adalah sebesar 2,18 %, yaitu dari total panjang pengelasan sebesar 2.395,56 meter diperoleh pertambahan berat logam las sebesar 1.059,95 kg dari total berat struktur blok 7 lambung Kapal Ferry Ro-Ro 1500 GT sebesar 48.595,0 kg. Berat blok 7 adalah jumlah berat seluruh elemen struktur di tambah dengan berat las, yaitu sebesar :

$$\text{Total Berat Blok 7} = B_{SB} + B_{las}$$

$$\text{Total Berat Blok 7} = 48595 + 01059,95$$

$$\text{Total Berat Blok 7} = 49654,95 \text{ kg}$$

4. Kesimpulan

Pertambahan berat logam las berdasarkan eksperimental sebesar 2,18 %, yaitu dari total panjang pengelasan sebesar 2.395,56 meter diperoleh pertambahan berat logam las sebesar 1.059,95 kg dari total berat struktur blok 7 lambung Kapal Ferry Ro-Ro 1500 GT sebesar 48.595,0 kg.

Daftar Pustaka

- [1] Eyres, D.J., Bruce, G.J., Ship construction, Seventh Edition, Elsevier Ltd., 2012
- [2] ISO 857-1:1998(E/F) : Welding and allied processes, ISO,1998
- [3] Weman, K., Welding processes handbook, Woodhead Publishing Ltd, 2003
- [4] Messler, Jr., Robert, W., Principles of welding: processes, physics, chemistry, and metallurgy, John Wiley & Sons, 2008.
- [5] Mandal, Nisith, R., Ship Construction and Welding, Springer Nature Singapore Pte Ltd.,2017
- [6] Papanikolaou, A., Ship design: methodologies of preliminary design, Springer, 2014.
- [7] Molland, A.F., Ed. The maritime engineering reference book: a guide to ship design, construction and operation, Elsevier, 2011.
- [8] Watson, David, G.M., Practical ship design, Vol. 1, Elsevier, 2002
- [9] Schneekluth, H., Volker B., Ship design for efficiency and economy, Vol. 218. Oxford: Butterworth-Heinemann, 1998.
- [10] Mustafa, W., Asri, S., Fachruddin, F., Firmansyah, M.R., Clausthaldi, F.R., Matemmu, J.A., Pendekatan Empiris Pada Penentuan Pertambahan Berat Las di Blok 7 Lambung Kapal Ferry Ro-Ro 1500 GT , Jurnal Riset Teknologi Perkapalan, 2023, Vol. 1, No. 1, pp. 51-57.