

# Pendekatan Empiris Pada Penentuan Pertambahan Berat Las di Blok 7 Lambung Kapal Ferry Ro-Ro 1500 GT

Wahyuddin Mustafa<sup>1\*</sup>, Syamsul Asri<sup>2</sup>, Farianto Fachruddin<sup>3</sup>, Mohammad Rizal Firmansyah<sup>4</sup>, Fadhil Rizki Clausthaldi<sup>5</sup>, Jefry Adam Matemmu<sup>6</sup>

<sup>1,2,3,4,5,6</sup>Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Indonesia

\*Corresponding Author: [wahyuddinmustafa09@gmail.com](mailto:wahyuddinmustafa09@gmail.com)

## Abstract

A ship is designed to meet the requirements of the owner or mission authority, exhibiting specific functional characteristics, hull shape and strength, weight and space distribution, and certain technical and economic performance. Weight, hydrostatic, hydrodynamic, and structural analysis can obtain ship technical performance. Estimated ship weight must be as accurate as possible because it relates to some weight components and the location of the centre of gravity, both in the pre-design and final design stages. Inaccuracies and miscalculations will significantly affect the ship's carrying capacity, speed, stability, and safety. Reserve/Margin Weight is one component of the lightweight ship (LWT) intended to be added to the weight of other LWT components. The values vary at the initial design/ship design stage, about 1–2% for simple structures and 2–3% and 6% for more complex vessels. One component of this reserve weight is the weight of the weld on the ship's steel structure. This study uses an empirical approach to calculate the weld's additional weight to the ship's steel structure on block-7 of the Ferry Ro-Ro 1500 GT. The results showed that the weight of the welds on the steel structure block-7 was 734 kg, while the steel structure block-7's weight was 48595 kg. Hence, the additional weight of the weld to the block-7 structure was 1.5%.

**Keywords:** Lightweight ship; Reserve Weight; Ship weight

## Article History:

Received 04 Februari 2023  
Revised 20 Maret 2023  
Accepted 30 Juni 2023  
Available online 30 Juni 2023

## 1. Pendahuluan

Sebuah kapal dirancang untuk memenuhi keinginan dari pemilik atau misi otoritas, yang menunjukkan karakteristik fungsional tertentu, bentuk dan kekuatan lambung tertentu, distribusi berat dan ruang, serta kinerja teknis dan ekonomi tertentu. Kinerja teknis kapal dapat diperoleh dengan melakukan analisis berat, hidrostatika, hidrodinamika dan struktur. Perkiraan berat kapal harus seakurat mungkin karena berkaitan dengan sejumlah komponen berat dan letak titik berat, baik pada tahap prarancangan maupun desain akhir. Ketidakakuratan dan kesalahan perhitungan akan mempengaruhi secara signifikan kapasitas angkut, kecepatan, stabilitas dan keselamatan kapal.

Displasmen atau berat air yang dipindahkan kapal atau total jumlah berat kapal didefinisikan sebagai jumlah bobot mati atau kapasitas angkut (DWT-*deadweight tonnage*) dengan berat kosong kapal (LWT-*light weight tonnage*) [1–5]. Baja terpasang dan perlengkapan merupakan massa lambung kapal; setiap ketidaktepatan perkiraan dapat menyebabkan hilangnya bobot mati, DWT. Juga setiap penyimpangan dari desain yang menyebabkan peningkatan massa lambung akan mempengaruhi DWT. Jadi berat *margin* biasanya diperbolehkan. Besar berat *margin* yang diperbolehkan akan tergantung pada tingkat ketidakpastian estimasi berat kapal kosong (LWT), dan klausul penalti mengenai ketidaktepatan perhitungan bobot mati yang ditentukan [1–2, 4–5].

Berat Cadangan/*Margin* merupakan salah satu komponen berat kapal kosong (LWT), dimaksudkan menjadi penambah berat dari komponen LWT. Pada tahap desain awal/prarancangan kapal besaran nilainya bervariasi yaitu 1–2% untuk struktur sederhana dan 2–3% dan 6% untuk kapal yang lebih kompleks. 1% dari LWT + 0.1% displasmen dan 2% dari DWT dan 2% LWT [2, 5].

*Margin* berat yang disarankan adalah 3% dari bobot mati kapal kargo baru. Jika pembuat kapal memiliki sedikit pengalaman dalam merancang dan membangun jenis kapal yang dibutuhkan, *margin* berat harus ditingkatkan. Ini khususnya terjadi jika kapal penumpang sedang dibangun untuk pertama kalinya. Namun,

jika desainnya adalah rekonstruksi atau mirip dengan kapal yang ada, marginnya dapat dikurangi secara signifikan. *Margin* berat harus memadai tetapi tidak berlebihan [5].

Salah satu komponen berat cadangan ini adalah berat las pada struktur baja kapal. Pengelasan sangat banyak digunakan dalam pekerjaan baja seperti fabrikasi, perawatan dan perbaikan struktur. Proses pengelasan beragam dan memerlukan bahan isian (*filler*). Bahan isian dapat berbentuk elektroda batang maupun kawat. massa jenis bahan isian untuk pekerjaan baja sama dengan massa jenis baja artinya bahan isian homogen dengan material induk. [6 – 10]

Berat las ditentukan secara empirik dengan mengalikan volume deposit (endapan) las dengan massa jenis elektroda las [7]. Berapa besar pertambahan berat las pada struktur baja kapal pada blok 7 kapal Ferry Ro-Ro 1500 GT menggunakan pendekatan empiris menjadi tujuan penelitian ini.

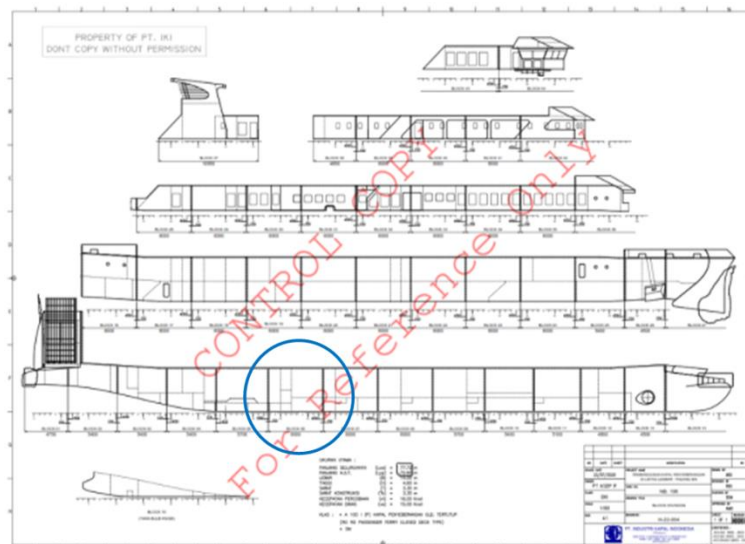
## 2. Metode

Objek penelitian adalah blok 7 lambung kapal Ferry ro-ro 1500 GT, seperti terlihat pada Gambar 1 dan 2 dengan total berat struktur blok (block weight structure/BWS) = 48.595 Kg. Sistematika untuk menjawab tujuan penelitian adalah sebagai berikut:

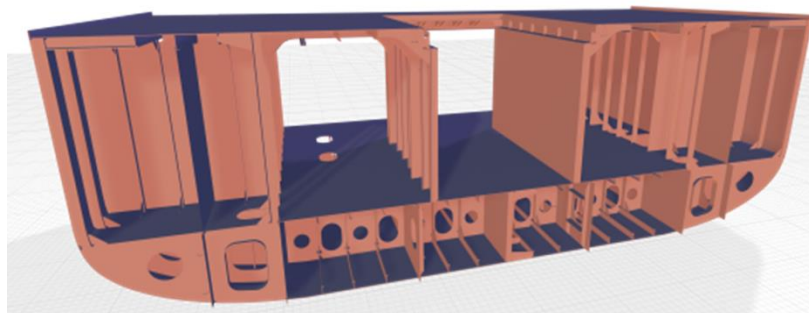
### 2.1 Klasifikasi jenis sambungan las dan Panjang Las

Jenis sambungan las yang diaplikasi pada blok 7 ada dua yaitu sambungan tumpul (*butt weld*) dan sudut (*fillet weld*). Sambungan tumpul didapati pada sambungan antar pelat, sambungan sudut didapati dua jenis yaitu sambungan antar pelat (posisi silang atau T) dan sambungan antar pelat dan profil. Jenis sambungan akan ditabulasi berdasar ketebalan pelat dan ukuran profil. Identifikasi panjang las dilakukan dengan terlebih dahulu membuat hirarki blok 7 mulai dari level system, sub-sistem dan komponen.

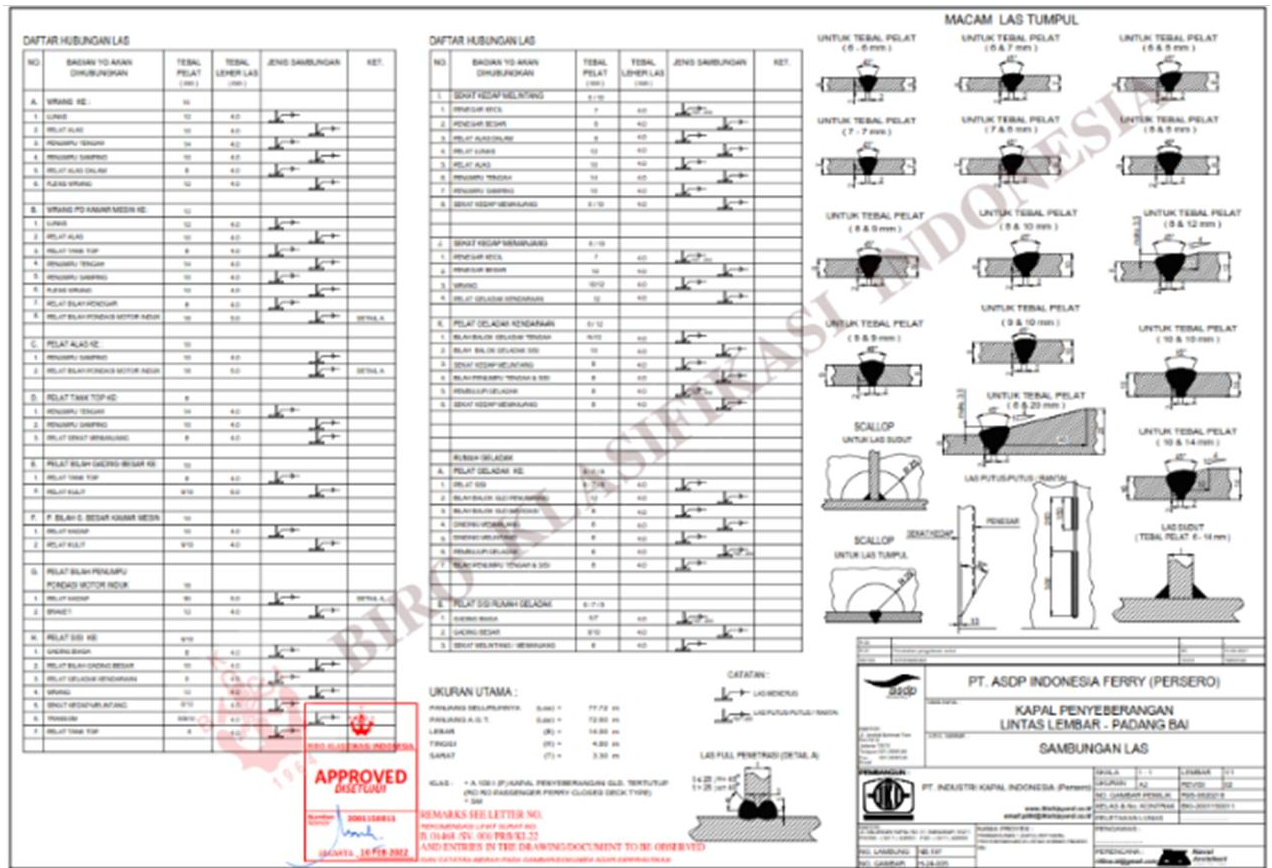
Rekapitulasi panjang las diperoleh dengan mengakumulasi seluruh panjang sambungan struktur di blok7. Identifikasi panjang las didasarkan dari desain las atau *welding table*. *Welding table* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 1. Desain blok lambung kapal Ferry Ro-Ro 1500 GT



Gambar 2. Tampak Isometri (3D) blok lambung 7

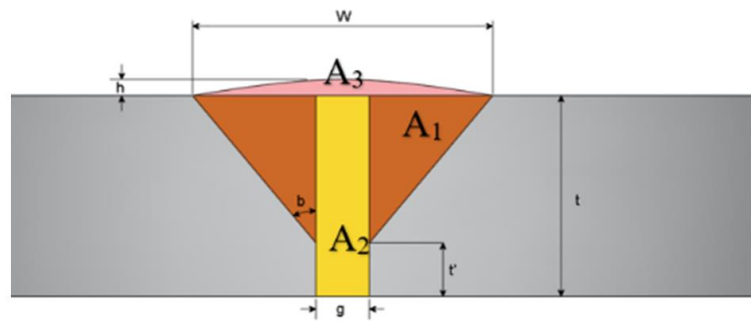


Gambar 3. Desain las atau welding table lambung kapal Ferry Ro-Ro 1500 GT

### 2.2 Penentuan Volume dan Berat Deposit (endapan) Las

Pendekatan penentuan volume endapan atau deposit las dilakukan masing-masing untuk jenis sambungan tumpul dan fillet, seperti terlihat pada Gambar 4 dan 5 dan persamaan 1 dan 2.

Sambungan tumpul :



Gambar 4. Luas penampang las tumpul

$$W_{las\ tumpul} = V_{deposit} \times \rho \quad \text{dan} \quad V_{deposit} = A \times L_{las}$$

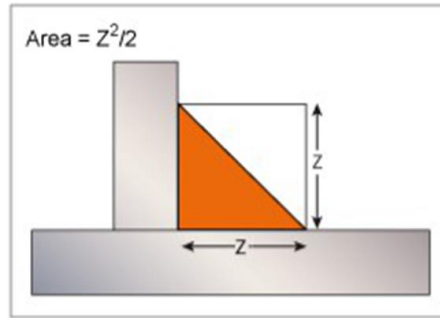
Sehingga

$$W_{las\ tumpul} = A \times L_{las} \times \rho \tag{1}$$

Dimana :

- $W_{las\ tumpul}$  = Berat las tumpul
- $A$  = luas penampang kampuh las ( $2A_1 + A_2 + A_3$ )
- $L_{las}$  = panjang las
- $\rho$  = massa jenis kawat las

Sambungan Sudut :



Gambar 5. Luas penampang las sudut

$$W_{las\ sudut} = V_{deposit} \times \rho \quad \text{dan} \quad V_{deposit} = A \times L_{las}$$

$$W_{las\ sudut} = A \times L_{las} \times \rho \quad \text{dan} \quad A = \left(\frac{Z^2}{2}\right)$$

sehingga

$$W_{las\ sudut} = \left(\frac{Z^2}{2}\right) \times L_{las} \times \rho \tag{2}$$

Dimana :

- $W_{las\ sudut}$  = Berat las sudut
- $A$  = luas penampang kampuh las ( $1/2 \times Z \times Z$ )
- $Z$  = panjang kaki las sudut (leg)
- $L_{las}$  = panjang las
- $\rho$  = massa jenis kawat las

### 2.3 Penentuan Pertambahan Berat Struktur Blok 7

Besar pertambahan berat struktur blok 7 dari berat las diperoleh dari perhitungan rasio berat deposit las terhadap berat struktur blok 7. Ekspresi formulasi rasio ini, seperti terlihat pada persamaan 3

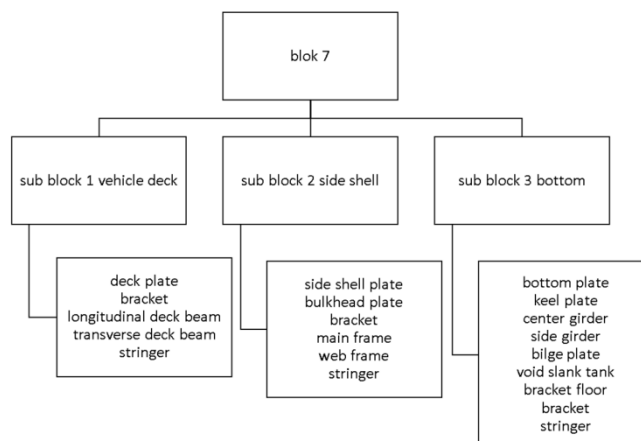
$$R_{Rst} = \frac{W_{las}}{W_{SB}} \times 100 \tag{3}$$

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Jenis sambungan las dan panjang Las

Variabel yang dibutuhkan dalam penentuan berat pengelasan adalah jenis-jenis sambungan las, variasi ketebalan pelat dan profil, dan panjang pengelasan dari tiap sambungan struktur blok 7. Variable ini diperoleh dari gambar struktur blok, dan *welding table*. Identifikasi dilakukan secara terstruktur dan sistematis dengan merinci dari level sistem (blok) , sub sistem (sub-blok), panel, dan komponen, seperti terlihat pada Gambar 6.

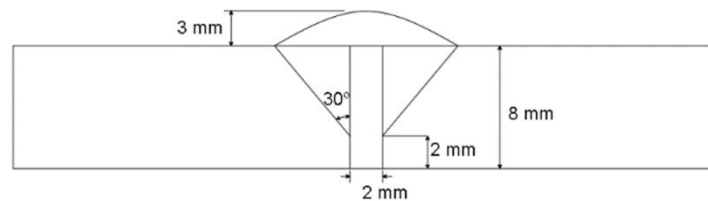
Berdasarkan hirarki struktur blok 7, dilakukan identifikasi jenis sambungan, ukuran komponen dan panjang las sambungan komponen, seperti terlihat pada Tabel 1



Gambar 6. Hirarki struktur blok 7

### 3.2 Volume dan Berat Deposit (endapan) Las

Volume dan berat endapan las, dihitung menggunakan persamaan 1 dan 2, sesuai jenis sambungan masing-masing komponen struktur yang disambung. Perhitungan berat las pada sambungan tumpul antara pelat 8 mm dengan pelat 8 mm, seperti terlihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Ilustrasi sambungan tumpul antara pelat 8 mm dengan pelat 8 mm

Dari Gambar 7, jika :

$$A_1 = (\text{Alas segitiga} \times \text{Tinggi segitiga}) \div 2$$

$$A_1 = \{(8 \text{ mm} - 2 \text{ mm}) \times (\tan 30^\circ \times (8 \text{ mm} - 2 \text{ mm}))\} \div 2$$

$$A_1 = (3.46 \text{ mm} \times 6 \text{ mm}) \div 2$$

$$A_1 = 10.39 \text{ mm}^2$$

Karena kedua objek yang disambung memiliki tebal dan ukuran *groove* yang sama maka  $A_1$  dikali dengan dua. Maka nilai dari  $A_1$  adalah 20.78 mm<sup>2</sup>.

$$A_2 = \text{Lebar celah akar kampuh} \times \text{Tebal pelat}$$

$$A_2 = 2 \text{ mm} \times 8 \text{ mm}$$

$$A_2 = 16 \text{ mm}^2$$

$$A_3 = \text{Luas jajangan genjang panjang } W \text{ dengan tinggi } h$$

$$A_3 = (W \times h) / 2$$

Dimana :

$$W = 2 \times \text{tinggi segitiga } (A_1) + \text{lebar celah akar kampuh}$$

$$W = (8 \text{ mm} - 2 \text{ mm} \times \tan 30^\circ) + (8 \text{ mm} - 2 \text{ mm} \times \tan 30^\circ) + 2 \text{ mm}$$

$$W = 8.92 \text{ mm}$$

$$A_3 = (8.92 \text{ mm} \times 3 \text{ mm}) / 2$$

$$A_3 = 13.39 \text{ mm}^2$$

Jadi :

$$A = 10.39 \text{ mm}^2 + 16 \text{ mm}^2 + 13.39 \text{ mm}^2$$

$$A = 50.176 \text{ mm}^2$$

Luas penampang kampuh sambungan tumpul antara dua pelat tebal 8 mm adalah 50.176 mm<sup>2</sup>. Oleh karena dalam perhitungan berat blok 7 tidak memperhatikan bentuk kampuh atau dengan kata lain berat blok adalah jumlah berat dari seluruh komponen struktur dalam blok 7 utuh (*net weight*) maka nilai luasan yang digunakan adalah luasan :

$$A = A_2 + A_3$$

$$A = 16 \text{ mm}^2 + 13.39 \text{ mm}^2$$

$$A = 29.392 \text{ mm}^2$$

$$\rho = 7.85 \text{ g/cm}^3; \text{ massa jenis}$$

$$W_{\text{las tumpul}} = A \times L_{\text{las}} \times \rho$$

$$W_{\text{las tumpul}} = 29.392 \times 141856 \times 7.85$$

$$W_{\text{las tumpul}} = 32730.377 \text{ gram atau } 32.7 \text{ kg}$$

Perhitungan berat las pada sambungan sudut antara pelat 8 mm dengan pelat 10 mm, seperti terlihat pada Gambar 5. Jika nilai  $z$  (leher manik las) dipilih dari ketebalan bilah pelat yang paling tipis yaitu 8 mm, diperoleh luasan penampang las sudut:

$$A = (8 \times 8) / 2$$

$$A = 32 \text{ mm}^2$$

Berat las adalah sebesar :

$$W_{\text{las sudut}} = 32 \text{ mm}^2 \times L_{\text{welding}} \times \text{massa jenis baja}$$

$$W_{\text{las sudut}} = 32 \text{ mm}^2 \times 507,204 \text{ mm} \times 7.85 \text{ g/cm}^3$$

$$W_{\text{las sudut}} = 16,230,528 \text{ mm}^3 \times 7.85 \text{ g/cm}^3$$

$$W_{\text{las sudut}} = 127409.64 \text{ gram}$$

$$W_{\text{las sudut}} = 127.409 \text{ kg}$$

Perhitungan ini juga berlaku pada sambungan sudut pada profil jenis pengelasan *intermitten* atau putus putus. Berdasarkan metode perhitungan yang telah dilakukan maka didapatkan berat masing-masing sambungan pada blok 7 yang tersaji pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Panjang dan berat las pada konstruksi blok 7

Jenis Las	Tebal material (mm)		Panjang Las (mm)	A (mm <sup>2</sup> )	V (cm <sup>3</sup> )	Berat las		Total (kg)
	Pelat 1	Pelat 2				Gram	Kilogram	
Fillet Weld	8	8	120620	32	3859.84	30299.74	30.29974	522.4
	8	10	507204	32	16230.53	127409.64	127.4096	
	8	12	119140	32	3812.48	29927.97	29.92797	
	8	14	16760	32	536.32	4210.11	4.210112	
	9	10	3000	40.5	121.5	953.78	0.953775	
	10	10	530340	50	26517	208158.45	208.1585	
	10	12	103048	50	5152.4	40446.34	40.44634	
	10	14	11368	50	568.4	4461.94	4.46194	
	12	12	82916	72	5969.952	46864.12	46.86412	
	12	14	40850	72	2941.2	23088.42	23.08842	
	12	20	1160	72	83.52	655.63	0.655632	
	14	20	7690	98	753.62	5915.92	5.915917	
	Fillet Weld with Profile	7	7	2300	24.5	56.35	442.35	
7		8	224969.2	24.5	5511.745	43267.20	43.2672	
7		10	8049.6	24.5	197.2152	1548.14	1.548139	
8		8	28352	32	907.264	7122.02	7.1	
8		10	147648	32	4724.736	37089.18	37.1	
8		12	49881.6	32	1596.211	12530.26	12.5	
Butt Weld	8	14	7200	32	230.4	1808.64	1.81	107.5
	8	8	141856	29.392	4169.475	32730.377	32.7	
	8	12	24000	40.856	980.5538	7697.347	7.7	
	9	10	24000	35.990	863.7691	6780.588	6.8	
	10	10	112000	36.856	4127.918	32404.153	32.4	
	10	12	25564	42.588	1088.731	8546.541	8.5	
	12	55640	44.321	2465.993	19358.046	19.4		
<b>Total Berat Pengelasan</b>							<b>734</b>	

### 3.3 Pertambahan Berat Struktur Blok 7

Besar pertambahan berat las dari berat struktur blok 7 menggunakan persamaan 3, yaitu:

$$R_{Rst} = \frac{W_{\text{las}}}{W_{\text{SB}}} \times 100$$

$$R_{Rst} = \frac{734}{48595} \times 100$$

$$R_{Rst} = 1,5 \%$$

Besaran ini berarti untuk tipikal blok seperti blok 7 pada kapal Ferry Ro-Ro 1500 GT, terjadi penambahan berat las sebesar sebesar 1,5 % dari berat blok. Berat blok 7 adalah jumlah berat seluruh elemen struktur di tambah dengan berat las, yaitu sebesar :

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

$$\text{Total Berat Blok 7} = 48595 + 734$$

Total Berat Blok 7 = 49329 kg

## 2. Kesimpulan

Dari hasil analisis, didapatkan berat pertambahan las pada konstruksi blok 7 adalah sebesar 734 kg dari berat blok 7 yaitu 48.595 kg atau mengalami pertambahan sebesar 1,5 % dari berat blok 7.

## Daftar Pustaka

- [1] Papanikolaou, Apostolos. Ship design: methodologies of preliminary design. Springer, 2014.
- [2] Molland, Anthony F., ed. The maritime engineering reference book: a guide to ship design, construction and operation. Elsevier, 2011.
- [3] Watson, David GM. Practical ship design. Vol. 1. Elsevier, 2002
- [4] Lamb, Thomas. Ship design and construction. Editor Thomas Lamb, Published by: The SNAME, ISBN: 0-939773-40-6, 2003.
- [5] Schneekluth, Herbert, and Volker Bertram. Ship design for efficiency and economy. Vol. 218. Oxford: Butterworth-Heinemann, 1998.
- [6] Mandal, Nisith R. Ship construction and welding. Vol. 329. Singapore: Springer, 2017.
- [7] K. Pańcikiewicz, L. Tuz, Z. Żurek, Ł. Rakoczy, Optimization of Filler Metals Consumption in the Production of Welded Steel Structures, Advances in Materials Science; Gdansk Vol. 16, Iss. 1, 2016: 27-34
- [8] Thakur, Ashish, Hagos Gebrelibanos, and Tadesse Gabrey. "Arc welding process selection through a quality and costs." International Journal of Current Engineering and Technology 9.3 2019: 383-394.
- [9] Kalpakjian, S., and S. R. Schmid. "Manufacturing, Engineering and Technology, -Serope." 2006.
- [10] Messler Jr, Robert W. Principles of welding: processes, physics, chemistry, and metallurgy. John Wiley & Sons, 2008.