

## Computational model tahanan kapal untuk menentukan kebutuhan daya kapal bulk carrier 8664 DWT

### Computational model of ship resistance for estimate engine power of bulk carrier ship 8664 DWT

Erik Sugianto\*, Arif Winarno

Universitas Hang Tuah Surabaya

\*Corresponding author email: erik.sugianto@hangtuah.ac.id

Submitted: 06 Desember 2017 / Revised: 22 Desember 2017 / Accepted: 22 Desember 2017

<http://dx.doi.org/10.21107/jk.v10i2.3411>

#### ABSTRAK

Faktor utama dalam menentukan daya mesin kapal adalah tahanan kapal. Umumnya, tahanan kapal dihitung menggunakan percobaan model pada towing tank. Namun biaya yang diperlukan sangat besar. Penelitian ini bertujuan menentukan tahanan total kapal dan memperkirakan kebutuhan daya mesin kapal bulk carrier 8664 DWT. Kapal dimodelkan menggunakan software perkapalan, kemudian perhitungan tahanan kapal dan kebutuhan daya kapal dilakukan. Selain itu dilakukan validasi hasil dengan perhitungan matematis Holtrop dan analisa perbandingan hasil dengan penelitian sebelumnya. Hasil analisa untuk kecepatan dinas maksimal 14 knots menunjukkan tahanan total kapal adalah 286.75 kN dan kebutuhan dayanya adalah 2950.31 kW. Sedangkan dengan perhitungan matematis Holtrop dihasilkan tahanan total 256.59 kN, ini terdapat selisih 10.52% dengan hasil permodelan komputer.

**Kata kunci:** tahanan, model, daya, kapal

#### ABSTRACT

The main factor in determining the ship's engine power is the ship's resistance. Generally, ship resistance is calculated using model experiments on towing tanks. But the cost is high, this research aims to determine the total ship resistance and estimate the power requirement of bulk carrier 8664 DWT. The bulk carrier is modeled using shipbuilding software, then the calculation of the ship resistance and the ship's power requirement. In addition to the validation of results with mathematical calculations Holtrop and comparative analysis of results with prior research. The analysis result for a maximum speed of 14 knots shows the total ship resistance is 286.75 kN and its power requirement is 2950.31 kW. While with mathematical calculations Holtrop generated a total resistance of 256.59 kN, there is a difference of 10.52% with the results of computer modeling.

**Keywords:** resistance, model, power, ship

#### PENDAHULUAN

Biaya operasional kapal (BOP) merupakan biaya yang dikeluarkan untuk mengoperasikan kapal dalam sebuah pelayaran. Terdapat biaya langsung yang terdiri dari biaya tetap dan tidak tetap serta biaya langsung. Dari semua komponen BOP, biaya bahan bakar minyak (BBM) menjadi biaya terbesar atau sekitar 33% dari total BOP (1).

Besar kecilnya konsumsi BBM kapal dipengaruhi oleh spesifikasi mesin utama, daya kapal, jarak pelayaran dan kecepatan kapal ketika beroperasi (2). Sehingga penentuan mesin utama dan daya kapal yang tepat akan menjadi penting dalam konsumsi BBM.

Spesifikasi mesin kapal dan besarnya daya diperoleh dari perhitungan tahanan kapal dan berbagai faktor pada sistem propulsi kapal. Saat ini, tahanan kapal dapat hitung dengan

menggunakan metode percobaan pada *towing tank*, namun biaya yang diperlukan untuk melakukan pengujian sangat mahal. Metode numerik dengan menggunakan software perkapalan dapat menjadi salah satu solusi dalam menghitung tahanan kapal terutama kapal yang mempunyai koefisien block besar dan kecepatan rendah seperti kapal pengangkut curah kering atau *bulk carrier*.

## MATERI DAN METODE

### Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Fluida Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan

<i>LWL</i> atau panjang garis air	=	128.71 m
<i>LPP</i> atau Panjang dari After Perpendicular ke Forward Perpendicular	=	123.76 m
<i>B</i> atau lebar kapal	=	17.04 m
<i>H</i> atau tinggi kapal	=	9.73 m
<i>T</i> atau sarat kapal	=	7.12 m
<i>Vsea</i> atau kecepatan dinas kapal	=	14 knots
<i>Cb</i> atau koefisien block	=	0.736
<i>Cp</i> atau koefisien prismatic	=	0.745
<i>Cm</i> atau koefisien midship	=	0.9886
<i>Cw</i> atau koefisien waterplan	=	0.840
<i>Displacement</i>	=	11331.52 ton
<i>WSA</i> atau luas permukaan basah	=	3194.36 m <sup>2</sup>
Masa jenis air laut	=	1.025 ton/m <sup>3</sup>
Volume displacement	=	11055.14 m <sup>3</sup>
<i>LCB</i> atau longitudinal center of bouyency	=	1.655 m
<i>g</i> atau percepatan gravitasi bumi	=	9.81 m/s <sup>2</sup>

### Software Perkapalan

Permodelan yang dilakukan pada software perkapalan adalah bentuk badan kapal yang tercelup dalam fluida atau air laut. Software perkapalan yang digunakan adalah Software Maxsurf versi academic.

### Metode Tahanan Kapal Matematis Holtrop

Tahanan kapal pada suatu kecepatan adalah gaya fluida yang bekerja sehingga melawan gerakan kapal tersebut (4). Tahanan total kapal dapat dibagi menjadi tiga yakni tahanan viskositas (*Rv*), tahanan gelombang (*Rw*) dan tahanan udara (*Ra*). Karena nilai tahanan udara sangat kecil yakni sekitar 4% dari tahanan total, maka perannya sering diabaikan (5). Formula tahanan total kapal (*RT*) dapat ditulis seperti persamaan 1.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Permodelan

Perbedaan utama *bulk carrier* dengan kapal lain adalah pada bagaimana cara memuat

Universitas Hang Tuah SJurabaya. Penelitian dilakukan antara bulan Februari sampai Agustus 2017.

### Kapal Bulk Carrier 8664 DWT

Pada penelitian ini, kapal yang digunakan model adalah Kapal Bulk Carrier 8664. Kapal Bulk Carrier adalah kapal niaga yang dipergunakan untuk mengangkut muatan curah kering seperti beras, gandum, jagung, nikel, batu bara dan bijih-bijihan lainnya. Kapal *bulk carrier* 8664 DWT mempunyai ukuran dan data utama sebagai berikut:

$$RT = Rv + Rw + Ra \text{ [ N ]} \quad \text{Persamaan 1}$$

Komponen tahanan gesek dapat ditunjukkan seperti persamaan 2. *Cf* merupakan koefisien tahanan gesek kapal dan *K* merupakan konstanta. Tahanan gesek merupakan komponen tahanan yang terkait dengan gaya akibat gesekan antara molekul fluida (5). Tahanan ini dipengaruhi oleh kecepatan kapal, viskositas fluida dimana kapal berada dan luas permukaan kapal yang tercelup air. Secara umum formula tahanan gesek kapal dapat ditulis seperti persamaan 6 (6).

$$Rf = \frac{1}{2} C_f (1+k) \rho C_f S V^2 \text{ [ N ]} \quad \text{Persamaan 2}$$

Dimana *Rf* merupakan tahanan gesek,  $\rho$  merupakan massa jenis fluida (kg/m<sup>3</sup>), *Cf* merupakan koefisien gesek, *S* merupakan permukaan basah (m<sup>2</sup>), dan *V* adalah kecepatan kapal (m/s).

barang yakni barang secara langsung dicurahkan ke dalam tangka muatan. Selain itu, kapal ini juga memiliki keistimewaan pada konstruksinya yakni terdapat *top side tank* dan *hopper side tank* yakni tangki berbentuk

segitiga pada keempat sisi pojok pada setiap ruang muatannya. Data kapal bulk carrier

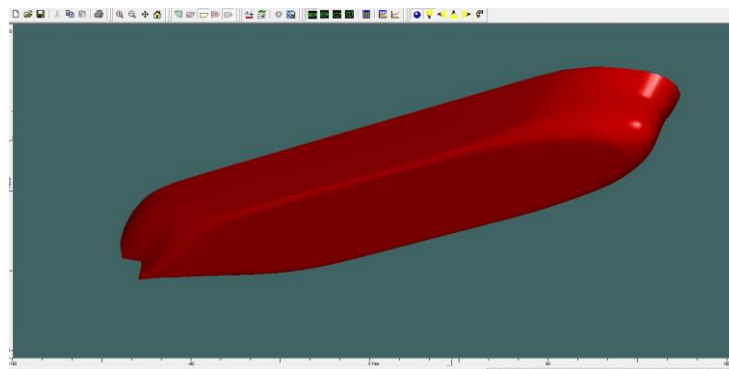
8664 DWT yang dimasukan dalam software perkapalan seperti pada gambar 1.

Measurement	Value	Units
1 Displacement	1262659293	tonne
2 Volume	1231862724	mm <sup>3</sup>
3 Draft to Baseline	7120	mm
4 Immersed depth	7120	mm
5 Lwl	122468.3	mm
6 Beam wl	17038.9	mm
7 WSA	3311189753	mm <sup>2</sup>
8 Max cross sect area	120914560	mm <sup>2</sup>
9 Waterplane area	1877897068	mm <sup>2</sup>
10 Cp	0.832	
11 Cb	0.829	
12 Cm	0.997	
13 Cwp	0.9	
14 LCB from zero pt	4015.6	mm
15 LCF from zero pt	1358.3	mm
16 KB	3695.5	mm
17 KG	0	mm
18 BMT	3369.4	mm
19 BMI	158997.9	mm
20 GMt	7064.8	mm
21 GMI	162693.4	mm
22 KMt	7064.8	mm
23 KMI	162693.4	mm
24 Immersion (TPc)	1924844495	tonne/cm
25 MTC	1677384733	tonne.m
26 RM at 1deg = GMt.Dl	1556838696	tonne.mm
27 Precision	Medium	50 station

Gambar 1. Data Kapal pada software perkapalan

Permodelan kapal bulk carrier 8664 DWT dilakukan pada software perkapalan. Model ini merupakan ganti dari model nyata kapal atau model kapal dengan skala tertentu. Pada software ini terdapat gambar dasar bentuk bulk carrier yakni model lambung kapal yang

berada dalam fluida. Data ukuran utama kapal kita gunakan untuk membuat model seperti yang kita inginkan sampai semua komponen ukuran utama dan koefisien kapal memenuhi bentuk kapal bulk carrier. Gambar hasil model seperti gambar 2.



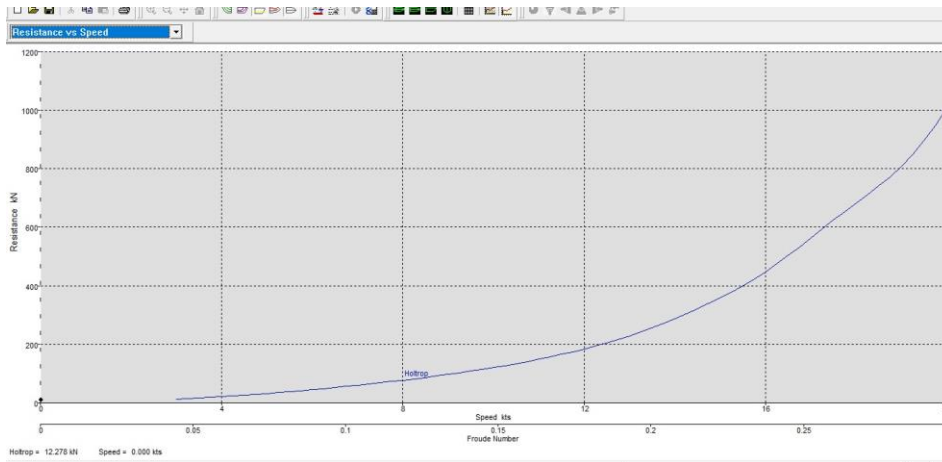
Gambar 2. Model lambung kapal yang tercelup air

**Kecepatan, Hambatan dan Daya**

Perhitungan tahanan dilakukan dengan motode Holtrop dengan berbagai variasi kecepatan kapal dari 0 knots sampai 20 knots. Motode holtrop merupakan metode perhitungan tahanan dengan menggunakan formula pendekatan matematis. Hasil perhitungan didapatkan grafik seperti gambar 3.

Hal ini terjadi karena kapal dianggap sedang ditarik dengan kapal tongkang, sehingga kapal bergerak namun sistem propulsi kapal sedang diam. Selanjutnya pada kecepatan 3 knot sampai 20 knots, tahanan berangsur-angsur naik mengikuti kenaikan kecepatan kapal. Tren garis antara kecepatan dan tahanan juga sesuai dengan persamaan Lewis pada persamaan 6 yakni hambatan adalah kuadrat kecepatan kapal. Untuk kecepatan maksimum kapal bulk carrier dengan 14 knots maka nilai tahanannya adalah 286. 75 Kn.

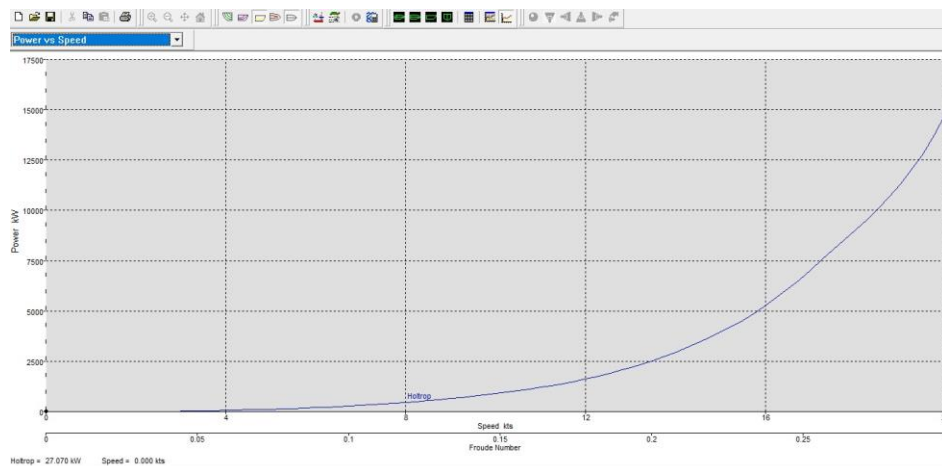
Dari gambar 4 diketahui pada kecepatan 0 sampai 2.5 knots tahanan kapal adalah 0 kN.



Gambar 3. Grafik kecepatan vs hambatan

Daya kapal yang didapatkan dari perhitungan software perkapalan ini adalah daya efektif kapal karena pengaruh poros, bentuk lambung dan daerah pelayaran belum dimasukkan. Hasil perhitungan daya dapat dilihat pada

gambar 4. Linier dengan nilai tahanan kapal, pada kecepatan 0 sampai 2.5 knots, daya kapal bernilai 0. Ini sesuai dengan persamaan 3 yakni daya efektif merupakan perkalian antara tahanan dengan kecepatan.



Gambar 4. Grafik kecepatan vs Daya

Tren garis kecepatan dan daya hampir sama dengan kecepatan dan tahanan kapal yakni semakin tinggi kecepatan maka daya yang diperlukan semakin tinggi. Persamaan garis antara kecepatan dan daya juga merupakan fungsi kuadrat linier. Untuk kecepatan kapal bulk carrier 14 knots didapatkan daya efektif kapal 2950.31 Kw. Tampilan alur gelombang ketika kapal bergerak dapat dilihat pada gambar 5. Gambar tersebut merupakan gambar tampak atas ketika kapal sedang berlayar dengan kecepatan tertentu.

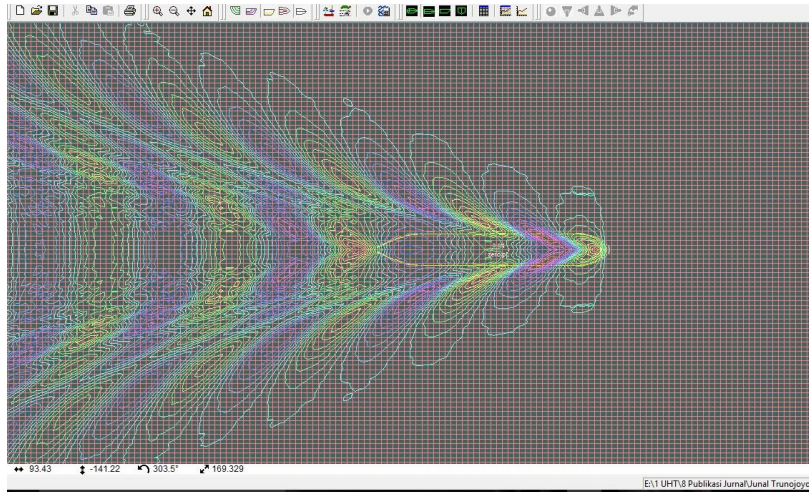
**Validasi Perhitungan Tahanan Holtrop**

Setelah mendapatkan nilai dari notasi seluruhnya yang meliputi masa jenis fluida adalah 1.025 Kg/m<sup>3</sup>, kecepatan dinas kapal adalah 7.2 m/s, luas permukaan basah adalah

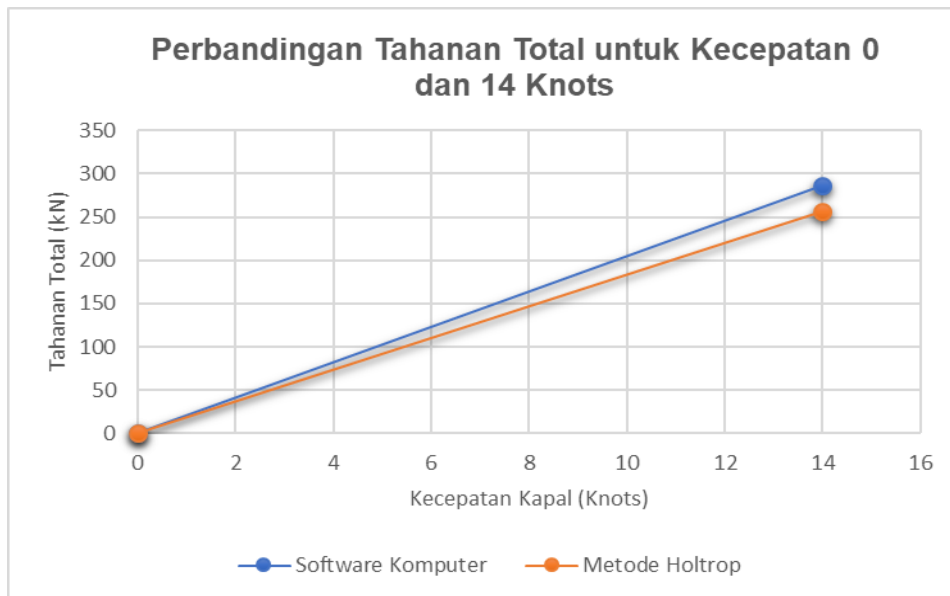
3301.14 m<sup>2</sup>, koefisien tahanan gesek adalah 0.00153\*1.44, koefisien tahanan udara adalah 0.000434 dan *wake making resistence* adalah 0.000434\*111162.19 maka didapat kan besarnya tahanan totalnya (RT), yakni:  

$$R_T = \frac{1}{2} * 1,025 * 7,2^2 * 3301,14 * [(0,00153 * 1,24 + 0,000466) + (0,000434 * 111162,19)] = 256,588 \text{ kN}$$

Perbandingan tahanan total antara penggunaan software komputer dan metode matematis holtrop dapat dilihat pada gambar 6. Pada grafik tersebut kecepatan dinas kapal 14 knots menjadi acuan. Tahanan total software komputer adalah 286.75 kN sedangkan tahanan metode matematis holtrop 256.59 KN. Dari keduanya terdapat selisih 10.52%.



Gambar 5. Tampak atas alur gelombang ketika kapal bergerak



Gambar 6. Grafik Perbandingan Tahanan Total Bulk carrier

### Perbandingan dengan Tahanan Kapal Tanker

Pada paper dengan judul Penggunaan Metode Komputerisasi dalam Penentuan Tahanan

Kapal Tanker (7) juga dilakukan penelitian penentuan tahanan kapal total namun untuk kapal tanker. Perbandingan perhitungan tahanan total dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan Tahanan Total Buck Carrier dan Tanker

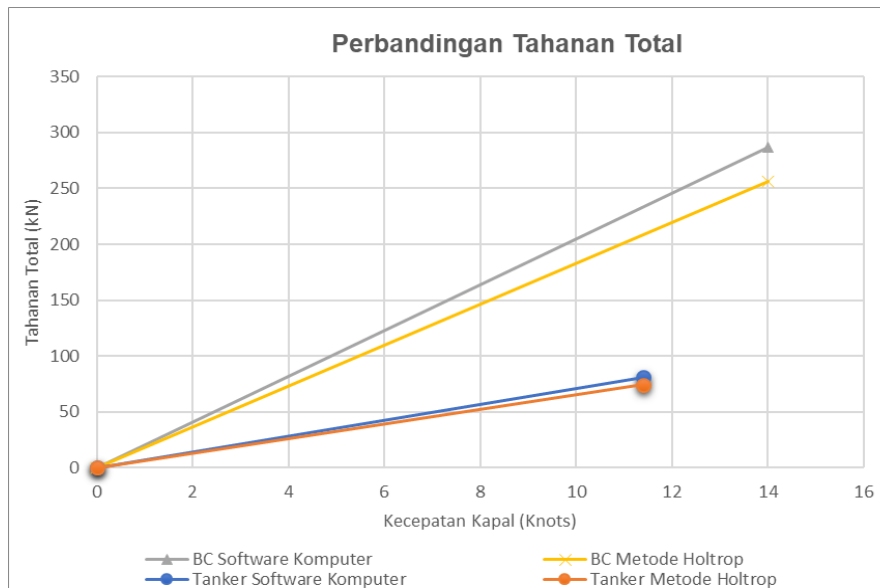
Jenis Kapal	Kecepatan Kapal (Knot)	Software Komputer (KN)	Metode Holtrop (KN)	Selisih (KN)	Selisih (%)
Kapal Bulk Carrier	0	0	0		
	14	286.75	256.59	30.16	10.517873
Kapal Tanker	0	0	0		
	11.4	80.9	74.38	6.52	8.0593325

Dengan membandingkan tahanan total kapal bulk carrier dan kapal tanker untuk kecepatan 0 dan kecepatan dinas masing-masing 14 dan

11.4 knots, dihasilkan selisih nilai tahanan total antara metode komputer dan metode holtrop adalah masing-masing 10.52% dan 8.06%.

Selisih nilai tahanan bulk carrier lebih besar dari tanker karena ukuran kapal bulk carrier lebih besar dari tanker, sehingga volume yang tercelup fluida bulk carrier lebih besar dari tanker. Seperti juga pada gambar 7,

kecepatan dinas bulk carrier lebih tinggi dari tanker. Ini menjadi alasan penting kenapa tahanan total bulk carrier lebih tinggi dibanding tanker



Gambar 7. Grafik Perbandingan Tahanan Total Buck Carrier dan Tanker

### KESIMPULAN DAN SARAN

Dari Analisa dan pembahasan maka untuk kecepatan 0 sampai 2.5 knots dihasilkan tahanan dan daya bernilai 0. Kemudian setelah kecepatan terus bertambah maka nilai tahanan dan daya mengikuti naik dengan pola persamaan garis linier kuadrat. Pada kecepatan maksimal kapal bulk carrier 14 knots menghasilkan nilai tahanan total kapal adalah 286.75 kN dan kebutuhan dayanya adalah 2950.31 kW. Sedangkan dengan perhitungan matematis Holtrop dihasilkan tahanan total 256.59 kN, ini terdapat selisih 10.52% dengan hasil permodelan komputer.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Hang Tuah Surabaya atas hibah Penelitian Internal yang diberikan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan karya tulis ini.

### DAFTAR PUSTAKA

Muslihati, 2012. Analisis Biaya Operasi Kapal pada Berbagai Load Faktor Angkutan Perintis, Jurnal ILTEK, Volume 7, Nomer 14, Oktober. Makassar.

- Parsons, Michael G. 1998. Parametric Ship Design Chapter 11. Univ of Michigan USA.
- Watson, David G.M. 1998. Practical Ship Design Volume 1. Oxford. UK.
- Rosmani, A., & Algan, M. (2011). Prediksi Tahanan Kapal Cepat Dolpin Dengan Metode Eksperimen. Jurnal Teknik Universitas Hasanuddin: Makassar.
- Susilo, J. S. J. S. J., & Santoso, A. S. A. S. A. (2014). Simulasi Penggunaan Fin Undership Terhadap Tahanan dan Gaya Dorong Kapal dengan Metode Analisa CFD. *Jurnal Teknik ITS*, 3(2), G174-G179. ISSN: 2337-3539 (2301-9271). 2013. ITS Surabaya.
- Lewis, E. V. (1988). Principles of Naval Architecture: Volume II-Resistance, Propulsion, and Vibration, Vol. 2, 2 edn, Soc. Naval Architects & Marine Engineers.
- Sugianto E, Puji H. 2017 "Metode Komputerisasi dalam Penentuan Tahanan Kapal Tanker". Seminar Nasional Teknik Mesin 2017, Universitas Jember.