



ANALISA PENGARUH PENAMBAHAN *ENERGY SAVING DEVICE (ESD) PROPELLER BOSS CAP FIN (PBCF)* TERHADAP PERFORMA *PROPELLER B-SERIES* PADA KAPAL RO-RO 600 GT

Renanda Bayu Harsi¹⁾, Erifive Pranatal*²⁾

¹⁾ Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, Surabaya

²⁾ Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, Surabaya

*email: erifive@itats.ac.id

Info Artikel

Diserahkan:
20 Juli 2022
Direvisi:
26 Juli 2022
Diterima:
2 Agustus 2022
Diterbitkan:
6 Agustus 2022

Abstrak

ESD atau *Energy Saving Devices* adalah berbagai jenis peralatan yang mengacu pada pada konsep tindakan atau metode untuk menghemat energi. Pada dunia perkapalan, ESD ada banyak macamnya seperti *Becker Mewis Duct*, *Wake Equalising Duct*, dan *Propeller Boss Cap Fins (PBCF)*. PBCF merupakan penambahan sirip kecil di bagian belakang *propeller* atau lebih tepatnya pada *boss cap* dengan tujuan untuk memperkecil atau bahkan meniadakan *hub vortex* saat *propeller* beroperasi. Pada penelitian ini akan digunakan metode CFD melalui *software ANSYS Students* untuk mencari pengaruh terhadap gaya dorong dari pemasangan PBCF pada *propeller B-Series B4-40* dengan menggunakan ukuran utama kapal RO-RO 600 GT sebagai acuan penentuan dimensi *propeller*. Variasi PBCF yang akan diuji dalam penelitian ini adalah variasi *pitch angle* dengan variasi sudut 25°, 30°, 35°, 40°, dan 45°. Hasil uji CFD melalui *software ANSYS* menunjukkan adanya penambahan dan penurunan performa dalam hal gaya dorong *propeller* dengan penambahan gaya dorong tertinggi dihasilkan oleh PBCF dengan sudut 45° yaitu 126160.6 N atau 0.09% dan penurunan terbesar dialami saat penambahan PBCF dengan sudut 25° yaitu sebesar 125486.7 N atau -0.45%.

Kata Kunci: *Propeller Boss Cap Fins (PBCF); Pitch Angle; CFD; Gaya Dorong.*

Abstract

ESD or *Energy Saving Devices* are various types of equipment that refer to the concept of actions or methods to save energy. In the world of shipping, there are many types of ESD such as *Becker Mewis Duct*, *Wake Equalising Duct*, and *Propeller Boss Cap Fins (PBCF)*. PBCF is the addition of a small fin on the back of the *propeller* or more precisely on the *boss cap* with the aim of reducing or even eliminating the *hub vortex* when the *propeller* is operating. In this study, the CFD method will be used through the *ANSYS Students* software to find the effect on the thrust of the PBCF installation on the *B-Series B4-40 propeller* by using the main size of the RO-RO 600 GT ship as a reference for determining the dimensions of the *propeller*. The variation of PBCF that will be tested in this study is the *pitch angle* variation with angle variations of 25°, 30°, 35°, 40°, and 45°. The results of the CFD test through *ANSYS* software

show that there is an increase and decrease in performance in terms of propeller thrust with the highest addition of thrust produced by PBCF with an angle of 45° which is 126160.6 N or 0.09% and the largest decrease is experienced when the addition of PBCF with an angle of 25° is 125486.7 N or -0.45%.

Keywords: Propeller Boss Cap Fins (PBCF); Pitch Angles; CFDs; Pressure Force

1. Pendahuluan

Energy Saving Device atau ESD adalah sebuah perangkat yang dipasangkan pada depan baling-baling, di belakang baling-baling, pada baling-baling itu sendiri, pada lambung, dan bahkan pada kemudi kapal guna menghemat energi dengan mengurangi jumlah hilangnya energi yang terbuang (*energy loss*) selama kapal beroperasi [1].

Propeller Boss Cap Fins (PBCF), yaitu pemberian sirip kecil terhadap *hub propeller* dengan tujuan mengecilkan *hub vortex* [2]. Penambahan PBCF diharapkan dapat membuat aliran yang ditimbulkan pada *hub propeller* menjadi selaras dengan aliran pada daun *propeller*. Hal ini dapat mengembalikan *rotational energy* yang hilang serta dapat mengurangi terjadinya kavitasi [3]. Trimulyono dkk., dalam risetnya telah membuktikan bahwa dengan penggunaan ESD PBCF pada *propeller B-Series* berhasil meningkatkan performa *propeller* berupa peningkatan gaya dorong sebesar 3-4% [4]. Selain hal tersebut, PBCF juga mempunyai desain yang relatif sederhana dan mudah baik dalam hal pemasangan maupun perawatan, investasinya cukup rendah, tidak perlu persetujuan klasifikasi, serta mampu meningkatkan gaya dorong dan efisiensi dari *propeller* [5].

Ada yang perlu diperhatikan ketika memasang PBCF, yakni diantaranya adalah jumlah sirip PBCF harus sama jumlahnya dengan *propeller*, selisih fase *cross-section* antara 20° - 30° dari pangkal daun *propeller* dengan sirip, lebar dari *fin* kurang lebih sama dengan 33% dari lebar *propeller*, serta *leading edge* dari *fin* berada dekat diantara dua pangkal daun *propeller* [6]. Syafriansyah dkk., membuktikan dalam penelitiannya bahwa pada PBCF penambahan jumlah *fins* tidak menghasilkan pengaruh yang cukup besar terhadap perbedaan gaya dorong, torsi, maupun efisiensi [5]. Pada riset yang telah dilakukan oleh Mizzi dkk mengusulkan bahwa r/R merupakan faktor yang lebih mempengaruhi efisiensi [7]. Malingkas dkk. mencoba membuktikan dalam penelitiannya terhadap *propeller* INSEAN E779A dengan memperkecil nilai r/R PBCF dengan nilai awal 0.25 dan mendapatkan hasil berupa kenaikan sebesar 0.8% dibandingkan sebelum terpasangnya PBCF [8].

Efisiensi juga dapat ditingkatkan dengan memodifikasi *cap propeller* seperti yang dilakukan oleh Abar dan Utama, dengan subjek yang diteliti berupa variasi dari sudut kemiringan *hub cap* tipe divergen dan konvergen sebesar 5° , 10° , dan 15° yang kemudian didapatkan peningkatan hasil dalam efisiensi sebesar 1.4% untuk *hub* dengan tipe konvergen dan meningkat lagi sebesar 0.8% setelah diubah menjadi PBCF. Sedangkan untuk *hub* dengan tipe divergen mengalami pengurangan dalam efisiensi sebesar 1.2% dan terjadi penurunan lebih lanjut lagi sebesar 1% setelah diubah menjadi PBCF [9]. Namun pada penelitian yang dilakukan Kurniawan dkk., dengan memvariasikan diameter dari PBCF dan sudut *cross-section* diperoleh efisiensi yang tertinggi pada variasi diameter 0.2D dengan sudut 49° dari 8 variasi diameter (0.15D, 0.20D, 0.25D, 0.30D) pada variasi sudut 46° dan 49° [10].

Pada penelitian kali ini dilakukan pada fokus perubahan performa yang dihitung dengan metode CFD sebagai akibat dari variasi sudut *pitch Propeller Boss Cap Fins* (PBCF) pada *propeller B-Series* B4-40 yang penentuan dimensinya didasarkan pada data ukuran utama kapal RO-RO 600 GT.

2. Metodologi

Metodologi yang digunakan dalam menyelesaikan penelitian ini dimulai dengan tahap studi literatur guna menunjang pengerjaan dengan mengumpulkan dan mempelajari informasi dan teori yang berkaitan dari jurnal dan penelitian terdahulu dengan tema sejenis. Selanjutnya dilakukan dengan pengambilan data yang diperlukan untuk pengerjaan penelitian antara lain data geometri *propeller* dan data geometri PBCF. Setelah dipersiapkan segala kebutuhan dan data-data yang diperlukan, selanjutnya dilakukan pemodelan atas *propeller* dan PBCF dengan bantuan *software* CAD beserta variasi *pitch angle* PBCF.

2.1. Pengumpulan Data

Tahapan ini digunakan peneliti untuk mengumpulkan data-data yang nantinya digunakan untuk menentukan ukuran-ukuran utama *propeller* dan PBCF. Didapatkan ukuran-ukuran utama kapal RO-RO 600 GT seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Ukuran Utama Kapal RO-RO 600 GT Untuk Menentukan Dimensi *Propeller*

DATA UTAMA		
LOA	50,070	m
LBP	48,596	m
LWL	46,780	m
B	13,800	m
H	4,140	m
T	2,760	m
CB	0,602	
CBwl	0,625	
Cm	0,77	
Cp	0,782	
Cw	0,894	
Vs	13,5	kts
	6,945	m/s
RT	156,56	kN
RT.D	180,044	kN

Sumber : Rosmani, 2013 [11]

Menggunakan data pada Tabel 1., kemudian dilakukan perhitungan daya mesin untuk menentukan DHP yang selanjutnya digunakan untuk menentukan dimensi *propeller* sehingga didapatkan hasil seperti Tabel 2.

Tabel 2. Dimensi *Propeller*

DATA PROPELLER		
TIPE	B4-40	
D	1,724	m
P/D	0,612	
N	600	rpm

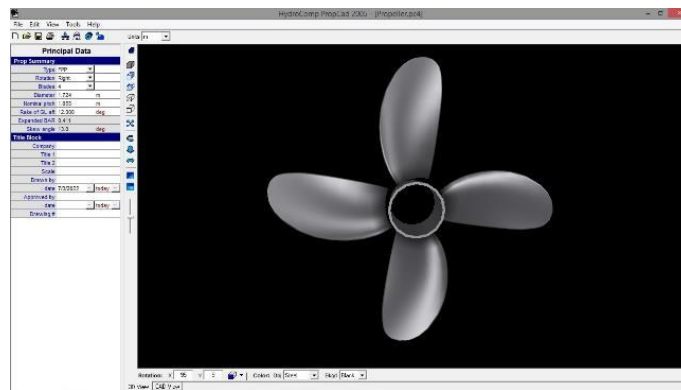
Tabel 3. Dimensi PBCF

DATA PBCF		
Pitch (°)	D (m)	N (RPM)
25°	0,431	600
30°	0,431	600
35°	0,431	600
40°	0,431	600
45°	0,431	600

Pada Tabel 3., diameter PBCF yang digunakan merupakan 25% dari diameter *propeller*. Data-data ini kemudian digunakan untuk membuat model dengan bantuan *software* CAD. Model yang telah dibentuk kemudian diuji dalam simulasi dengan bantuan *software* CFD sesuai dengan rumusan masalah yang telah ditetapkan, yakni untuk mendapatkan nilai gaya dorong untuk *propeller* yang telah dipasang PBCF dengan berbagai variasi *pitch angle*. Hasil kemudian dianalisis dan dibuat laporan.

2.2. Pembuatan Model Propeller

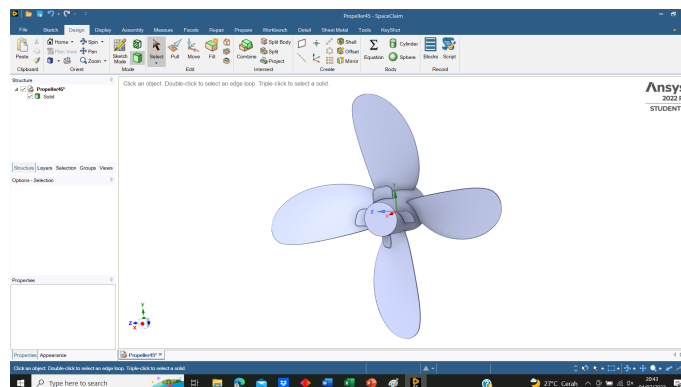
Tahap ini dilakukan dengan pembuatan geometri propeller beserta model 3D yang nantinya akan digunakan dalam simulasi CFD. Jenis *propeller* yang akan digunakan ditetapkan sebagai tipe B4-40 dengan ukuran utamanya seperti yang telah dicari dengan menggunakan data ukuran utama kapal RO-RO 600 GT pada Tabel 2.



Gambar 4. Model Propeller

2.3. Pembuatan Model PBCF

Pada tahapan ini dilakukan pembuatan model PBCF sesuai dengan data pada Tabel 3. dengan diameter didapat dari 25% diameter *propeller*.



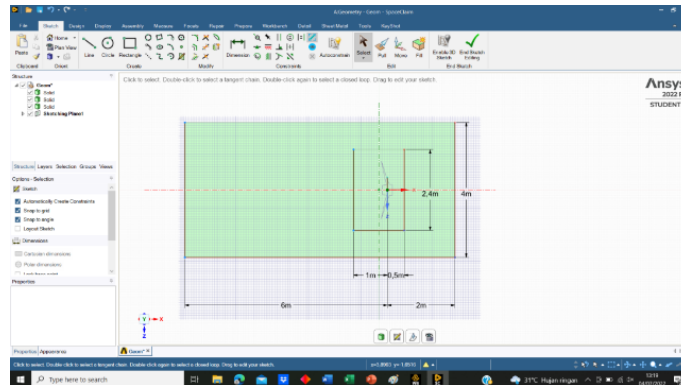
Gambar 5. Model PBCF Pitch Angle 45° Pada Propeller

2.4. Simulasi CFD

Simulasi dilakukan dengan bantuan *software* ANSYS. Dalam simulasi ini terdapat 3 tahapan pengerjaan yaitu:

(a) Tahapan Pre-Processor

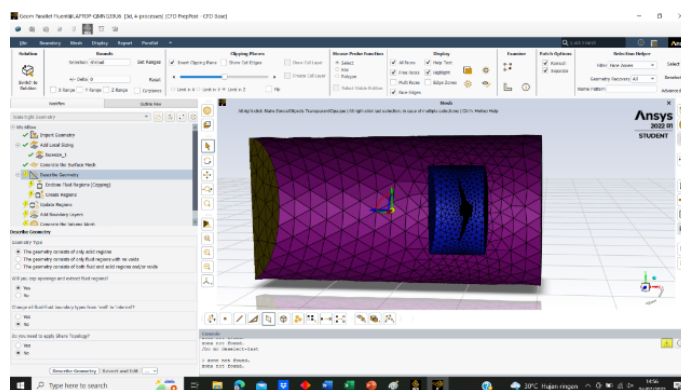
Model *propeller* dan PBCF yang telah dibuat dengan bantuan *software* CAD tadi di input kedalam ANSYS *Workbench* untuk kemudian dibuat *domain boundary* sebelum masuk ke tahap *Meshing*.



Gambar 6. Proses Pembuatan *Domain Boundary*

(b) Tahapan *Meshing*

Setelah *domain boundary* telah terbentuk, selanjutnya dilakukan proses *meshing*. *Mesh* adalah representasi diskrit dari masalah geometri, gunanya untuk menunjukkan sel atau elemen pada aliran yang dipecahkan dalam perhitungan oleh karena itu diaplikasikan pada *domain* seperti *domain* statik dan *domain* berputar seperti yang dapat dilihat pada Gambar 7., dimana *domain* statik adalah zona didalam selubung berwarna ungu sementara *domain* berputar adalah zona didalam selubung berwarna biru. *Mesh* memiliki dampak yang sangat signifikan pada tingkat konvergensi, hasil perhitungan simulasi, serta waktu CPU yang dibutuhkan [12]. Pada tahapan ini ditentukan ukuran *size surface mesh* sebesar 0.1 m untuk minimum dan 0.6 m untuk maksimum di seluruh bagian. Setelah *surface mesh* terbentuk, dapat dilanjutkan dengan pembuatan *volume* mesh. Pada penelitian kali ini, *volume mesh* yang digunakan adalah tipe *poly-hexcore*.



Gambar 7. Proses Pembuatan *Surface Mesh*

(c) Tahapan *Solver*

Langkah selanjutnya adalah setup atau penentuan parameter-parameter yang akan digunakan oleh *software* ANSYS dalam mengkalkulasi. Setelah model telah mendapat *surface* dan *volume mesh*, model kemudian dimasukan kedalam *solver manager* untuk ditentukan parameter seperti jenis fluida, massa fluida yang masuk, kecepatan fluida yang masuk, tekanan fluida yang keluar, dan besarnya putaran *propeller*.

Tabel 4. Solver Settings yang Digunakan

Equations	
Flow	TRUE
Turbulence	TRUE
Numerics	
Absolute Velocity Formulations	TRUE
Pseudo Time Explicit Relaxation Factors	
Density	1
Body Forces	1
Turbulent Kinetic Energy	0.75
Specific Dissipation Rate	0.75
Turbulent Viscosity	1
Explicit Momentum	0.5
Explicit Pressure	0.5
Pressure-Velocity Coupling	
Type	Coupled
Pseudo Time Method (Global Time Step)	TRUE
Discretization Scheme	
Pressure	Second Order
Momentum	Second Order Upwind
Turbulent Kinetic Energy	Second Order Upwind
Specific Dissipation Rate	Second Order Upwind
Solution Limits	
Minimum Absolute Pressure [Pa]	1
Maximum Absolute Pressure [Pa]	5e+10
Minimum Temperature [K]	1
Maximum Temperature [K]	5000
Minimum Turb. Kinetic Energy [m ² /s ²]	1e-14
Minimum Spec. Dissipation Rate [s ⁻¹]	1e-20
Maximum Turb. Viscosity Ratio	100000

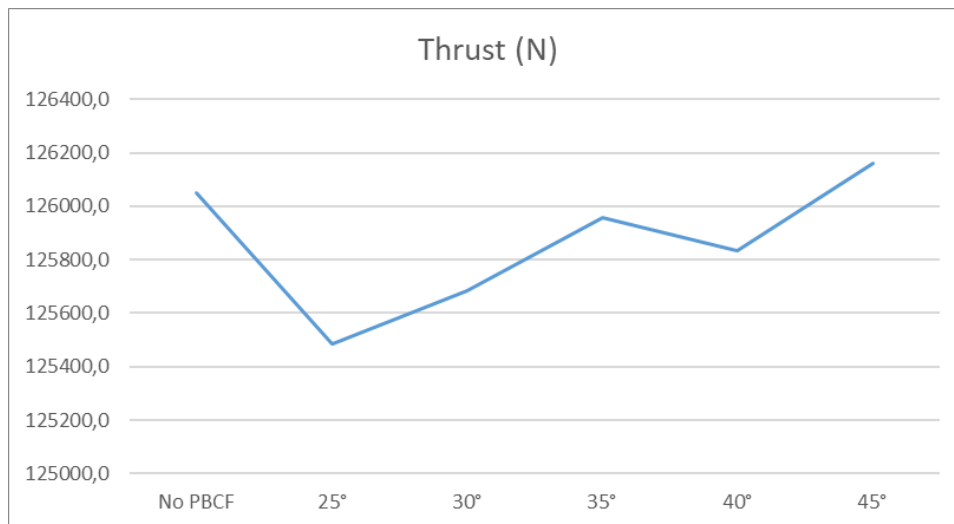
3. Hasil Dan Pembahasan

Setelah semua parameter diisi, dapat dilanjutkan dengan melakukan simulasi. Dalam penelitian kali ini didapatkan hasil perhitungan simulasi CFD seperti pada Tabel 5.

Tabel 5. Gaya Dorong Hasil Running CFD

Model	Vs	RPM	RPS	Massa Jenis Fluida (kg/m ³)	Diameter	T (N)
B4-40	6,945	600	10	1,025	1,724	126050,4
25°	6,945	600	10	1,025	1,724	125486,7
30°	6,945	600	10	1,025	1,724	125684,0
35°	6,945	600	10	1,025	1,724	125959,0
40°	6,945	600	10	1,025	1,724	125835,4
45°	6,945	600	10	1,025	1,724	126160,6

Pada Tabel 5., didapatkan hasil dari perhitungan gaya dorong (T atau *Thrust*) dalam satuan Newton (N) melalui metode CFD dengan bantuan *software* ANSYS pada *propeller* B4-40 dan *propeller* dengan penambahan PBCF variasi sudut *pitch* 25°, 30°, 35°, 40°, dan 45°.



Gambar 8. Grafik Perbandingan Performa Gaya Dorong *Propeller* Dengan Dan Tanpa Pemasangan Variasi PBCF

Dari Gambar 8. diatas dapat disimpulkan bahwa peningkatan performa gaya dorong *propeller* tertinggi terdapat dengan penambahan PBCF dengan sudut *pitch* sebesar 45°, sementara yang terendah pada sudut 25°.

KESIMPULAN

Dalam performa gaya dorong *propeller* terdapat peningkatan setelah diberi penambahan PBCF namun ada juga yang mengalami penurunan. Penambahan terbesar terjadi pada PBCF dengan variasi sudut *pitch* sebesar 45° dengan nilai 126160.6 N atau peningkatan sebesar 0.09%. Sementara mengalami penurunan performa pada sudut 25° yakni sebesar 125486.7 N atau penurunan sebesar -0.45%.

Dapat dilihat pada tabel dan gambar hasil *running* bahwa semakin besar sudut *pitch* maka semakin tinggi juga nilai gaya dorong yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan semakin bertambahnya sudut *pitch* maka jarak axial yang ditempuh *propeller* dalam satu kali putar juga meningkat yang artinya jarak tempuh yang diberikan *propeller* pada kapal juga meningkat dalam satu putarannya. Selain itu, dapat dilihat bahwa hasil performa yang didapat dari model variasi PBCF yang telah dibuat tidaklah konsisten dan terdapat beberapa model yang malah memiliki performa yang lebih rendah pada gaya dorong dibanding tanpa memakai PBCF, sehingga mempengaruhi bentuk grafik kurva performa. Hal ini dapat terjadi karena banyak hal, termasuk diantaranya adalah bentuk desain dari PBCF seperti bentuk daun, diameter dari PBCF, tingkat konvergensi, hingga *meshing* seperti pada penelitian yang dilakukan oleh Pranatal [12].

SARAN

Berdasarkan atas proses pengerjaan, simulasi, dan data yang telah dihasilkan, terdapat beberapa poin yang penulis sarankan guna mengoptimalkan penelitian kedepannya. Diantaranya adalah:

- Perlu dilakukan pengkajian ulang mengenai pembuatan dan instalasi PBCF sehingga hasil model dan perhitungan yang didapat lebih akurat.
- Perlu dilakukan pengkajian ulang mengenai ANSYS CFD
- Diperlukan komputasi yang lebih tinggi dalam analisa CFD

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Tuhan yang Maha Esa serta pihak-pihak yang membantu penyelesaian tugas paper ini, yaitu: Bapak Dr. Ir. Minto Basuki, M.T. selaku Dosen Pembimbing Mata

Kuliah “Publikasi Ilmiah”, Bapak Erifive Pranatal, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing serta Penulis Kedua, Kedua Orang Tua, dan Keluarga yang selalu memberikan semangat kepada penulis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Mewis, F., & Guiard, T. (2011). Mewis Duct ® – New Developments, Solutions and Conclusions. *Second International Symposium on Marine Propulsors*.
- [2]. Seo, J., Lee, S., Han, B., & Rhee, S.H. (2016). Influence of Design Parameter Variations for Propeller-Boss-Cap-Fins on Hub Vortex Reduction. *Journal of Ship Research*, 60, 203-218.
- [3]. Ichwansyah, I. (2019). Analisa Peningkatan Thrust Akibat Penerapan Energy Saving Device pada Kapal Perintis 500 DWT Menggunakan Metode CFD (COMPUTATION FLUID DYNAMIC). *Jurnal Teknik Perkapalan*, 7(3). Retrieved from <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/naval/article/view/23827>.
- [4]. Trimulyono, A., Manik, P., & Huda, N. (2013). PENGARUH PENGGUNAAN ENERGY SAVING DEVICE PADA PROPELLER B4 55 DENGAN METODE CFD. *Kapal: Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Kelautan*, 10(3), 147-153. <https://doi.org/10.14710/kpl.v10i3.5624>.
- [5]. Syafriansyah. (2016). Analisa Penggunaan Propeller Boss Cap Fins (PBCF) Terhadap Pengaruh Pembebanan Daya Main Engine Dalam Upaya Mendukung Program Eco Ship PT. Pertamina (Persero) Perkapalan. *Institut Teknologi Sepuluh Nopember*.
- [6]. Ouchi, K., Tamashima, M., Kawasaki, T., & Koizuka, H. (1988). A Research and Development of PBCF (Propeller Boss Cap Fins). *Journal of the Society of Naval Architects of Japan*, 1989, 43-53.
- [7]. Mizzi, K., Demirel, Y.K., Banks, C., Turan, O., Kaklis, P.D., & Atlar, M. (2017). Design optimisation of Propeller Boss Cap Fins for enhanced propeller performance. *Applied Ocean Research*, 62, 210-222.
- [8]. Malingkas, D. G. A., Trimulyono, A., & Chrismianto, D. (2021). Optimasi Energy Saving Device (ESD) Propeller Boss Cap Fins (PBCF) dengan Metode Response Surface Method (RSM) terhadap Propeller INSEAN E779A. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 9(3). Retrieved from <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/naval/article/view/30365>.
- [9]. Abar, I. A. C., & Utama, I. K. A. P. (2019). Effect of the incline angle of propeller boss cap fins (PBCF) on ship propeller performance. *International Journal of Technology*, 10(5), 1056–1064. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v10i5.2256>.
- [10]. Kurniawan, A. T. E., Chrismianto, D., & Rindo, G. (2017). Analisa Perbandingan Penggunaan Energy Saving Device (ESD) Propeller Boss Cap Fin Pada Propeller Tipe B-Series Dengan Variasi Diameter Fin Menggunakan Metode CFD. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 5(1). Retrieved from <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/naval/article/view/16273>
- [11]. Rosmani, dkk. (2013). Pengaruh bentuk lambung kapal Terhadap tahanan kapal, Proceeding Hasil Penelitian, Fakultas Teknik Universitas Hassannudin, ISBN: 978-979-127255-0-6.
- [12]. Pranatal, E., & Beu, M. (2018). Analisa CFD Penggunaan Duct pada Turbin Kombinasi Darrieus-Savonius. *Jurnal IPTEK*, 22(1), 63-70. <https://doi.org/10.31284/j.iptek.2018.v22i1.239>
- [13]. Pranatal, Erifive, and Renanda Bayu Harsi. "Numerical Study of The Airfoil Pitch Angle on The Darrieus-Savonius Combination Turbine." *Journal of Applied Sciences, Management and Engineering Technology* 2, no. 1 (2021): 39-45.