



Research Article

## Studi Numerik Pengaruh Rasio Ld/D terhadap *Thrust* dan Kecepatan Fluida pada *Ducted Propeller*

Muhammad Ramadhani Suryolaksono<sup>1,\*</sup>, Eqwar Saputra<sup>1</sup>, Janatin Nur Aripin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Purwokerto, Indonesia

<sup>2</sup>Program Studi Teknologi Laboratorium Medik, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Muhammadiyah Purwokerto, Indonesia

\*Corresponding author: [suryolaksono@ump.ac.id](mailto:suryolaksono@ump.ac.id)

### ARTICLE INFO

#### Article History:

Received : 02-02-2024

Revised : 27-02-2024

Accepted : 29-02-2024

Available online: 01-03-2024

**Keywords:** ducted propeller; rasio Ld/D; simulasi numerik; thrust

**Kata Kunci:** ducted propeller; Ld/D ratio; numerical simulation; thrust force

### ABSTRACT

*Ducted propeller is an engineered propeller drive which aimed to enhance thrust force. Many ways can be done in purpose to enhance thrust force, such as geometry variation in term of Ld/D ratio. Ld/D ratio is a ratio between duct length and duct diameter. In this research, an analysis was conducted using numerical simulation. This research used two Ld/D ratio (0.4 and 0.5) and three propeller angular velocities as the variables (1000, 3000, and 5000 rpm). The result of this research showed that higher Ld/D ratio produced higher thrust force. At 5000 rpm the thrust fore increased 26.3% on duct with Ld/D ratio of 0.5. Moreover, higher propeller angular velocity produce higher fluid velocity at the ducted propeller outlet. The highest fluid velocity reached at 5000 rpm propeler angular velocity with the value of 9.8 and 10.8 m/s.*

### ABSTRAK

*Ducted propeller adalah sebuah rekayasa pada penggerak propeler yang bertujuan untuk meningkatkan gaya dorong (thrust) yang dihasilkan. Pada ducted propeller penambahan duct/nozzle bisa dilakukan dengan berbagai variasi geometri. Salah satunya adalah dengan memvariasikan rasio antara panjang duct (Ld) dengan diameter duct (D). Pada penelitian ini dilakukan analisis pengaruh rasio Ld/D terhadap thrust dan pola aliran menggunakan metode simulasi numerik. Penelitian ini membandingkan dua rasio Ld/D, yakni 0,4 dan 0,5 pada tiga variasi kecepatan putaran propeler (1.000, 3.000, dan 5.000 rpm). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan rasio Ld/D yang lebih besar menghasilkan thrust yang lebih besar. Pada putaran propeler 5.000 rpm, thrust yang dihasilkan meningkat 26,3% pada Ld/D 0,5. Selain itu, kecepatan putaran propeler yang lebih besar juga menghasilkan kecepatan aliran fluida yang lebih besar pula. Kecepatan aliran fluida tertinggi dihasilkan pada kecepatan putaran propeler 5.000 rpm yakni 9,8 m/s dan 10,8 m/s.*

## 1. PENDAHULUAN

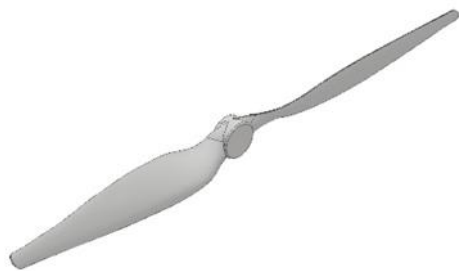
Indonesia merupakan negara dengan luas wilayah laut yang besar. Luas wilayah lautan Indonesia mencapai angka sekitar 5,8 juta km<sup>2</sup> dari total luas wilayah sebesar 7,81 km<sup>2</sup> [1]. Dengan luas wilayah laut yang sebesar itu, penggunaan kapal sebagai alat transportasi laut menjadi sangat krusial. Pengembangan teknologi pada kapal sebagai alat transportasi laut dapat meningkatkan efektivitas dan efisiensi operasinya. Oleh karena itu, inovasi dan rekayasa di bidang perkapalan dan kelautan menjadi hal yang penting untuk perkembangan Indonesia. Rekayasa penggerak kapal adalah salah satu inovasi yang sudah dijalankan bertahun-tahun dan masih terus dilakukan hingga saat ini.

Propeler adalah salah satu teknologi penggerak kapal yang terus berkembang hingga saat ini. Mayoritas kapal menggunakan propeler sebagai penggerak, sehingga inovasi terhadap propeler terus dilakukan demi meningkatkan efisiensi dan efektivitas penggunaannya. Salah satu inovasi yang ada pada propeler ada dengan menambahkan *duct/nozzle*. *Duct/nozzle* merupakan selongsong yang melingkupi propeler dengan bentuk yang mengerucut di bagian outlet. Penggunaan *duct* pada propeler sudah teruji mampu mengurangi getaran, mengurangi *noise* dan meningkatkan efisiensi [2–5].

Pada propeler dengan *duct (ducted propeller)* geometri *duct* menjadi variabel penting yang memengaruhi performa propeler, salah satunya adalah gaya dorong atau *thrust* yang dihasilkan. Pada pembuatan geometri *duct*, rasio panjang *duct* dan diameter *duct* adalah salah satu parameter yang sering digunakan. Rasio  $Ld/D$  pada *ducted propeller* mampu memengaruhi performa dari propeler yang digunakan. Selain itu, penggunaan *duct* juga akan memengaruhi pola aliran fluida yang terbentuk. Penelitian oleh Arief [6] menunjukkan bahwa penggunaan rasio  $Ld/D$  dan *tip clearance* yang berbeda menghasilkan performa propeler seri K yang berbeda pula. Penelitian ini secara spesifik menguji pengaruh rasio nilai  $Ld/D$  dari *duct* dengan profil NACA 0012 pada beberapa kecepatan putaran propeler seri APC-16×8E.

## 2. METODE PENELITIAN

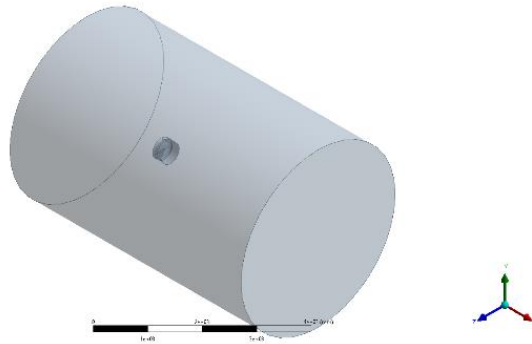
Penelitian ini dilakukan dengan metode simulasi menggunakan *software* ANSYS Fluent 2020. Model propeler pada penelitian ini adalah propeler dua bilah seri APC-16×8E dengan panjang propeler 200 mm dan *duct* dengan model profil NACA 0012. Variasi rasio  $Ld/D$  dari *duct* yang digunakan adalah 0,4 dan 0,5 dengan diameter 416 mm dan panjang *duct* tiap variasi adalah 166,4 dan 208 mm. Sebelum dilakukan simulasi terhadap variasi yang diuji, model disimulasi menggunakan parameter uji yang mengikuti hasil eksperimen dari Yilmaz dkk. [7] sebagai pembanding. Hal tersebut dimaksudkan untuk mengetahui validitas dari model yang dibuat. Hasil uji validitas tersebut menunjukkan bahwa model yang dibuat sudah valid dengan tingkat error 5,78%. Penelitian ini menggunakan tiga variasi kecepatan putaran propeler, yakni 1.000, 3.000, dan 5.000 rpm. Gambar 1 dan Gambar 2 menunjukkan model propeler dan *duct* yang digunakan, sedangkan Gambar 3 menunjukkan domain fluida dari penelitian ini.



Gambar 1. Model propeler APC-16×8E



**Gambar 2.** Model *duct* NACA 0012



**Gambar 3.** Model Domain fluida

Pada Gambar 1, Domain fluida yang digunakan memiliki ukuran 5D (lima kali diameter propeler) dan panjang 15D. Domain fluida kemudian dimesh menggunakan mesh berbentuk tetrahedral dengan jumlah 6.440.846 mesh. *Solver* yang digunakan pada penelitian ini adalah model *solver* k-epsilon dengan pengaturan residu perhitungan sebesar  $10^{-4}$ . Analisis untuk menghitung nilai *thrust* menggunakan persamaan yang diturunkan dari persamaan momentum fluida yang dipindahkan oleh propeler. Persamaan untuk menghitung *thrust* dituliskan pada Persamaan (1) berikut ini.

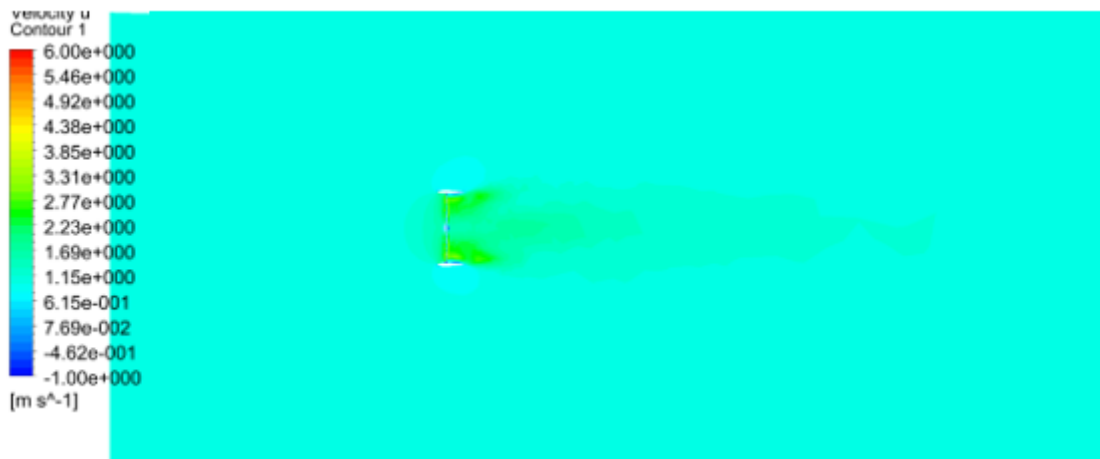
$$F = \tau \times A \quad (1)$$

Dengan F adalah gaya *thrust*,  $\tau$  adalah torsi putaran propeler dan A adalah luas penampang yang dilintasi propeler.

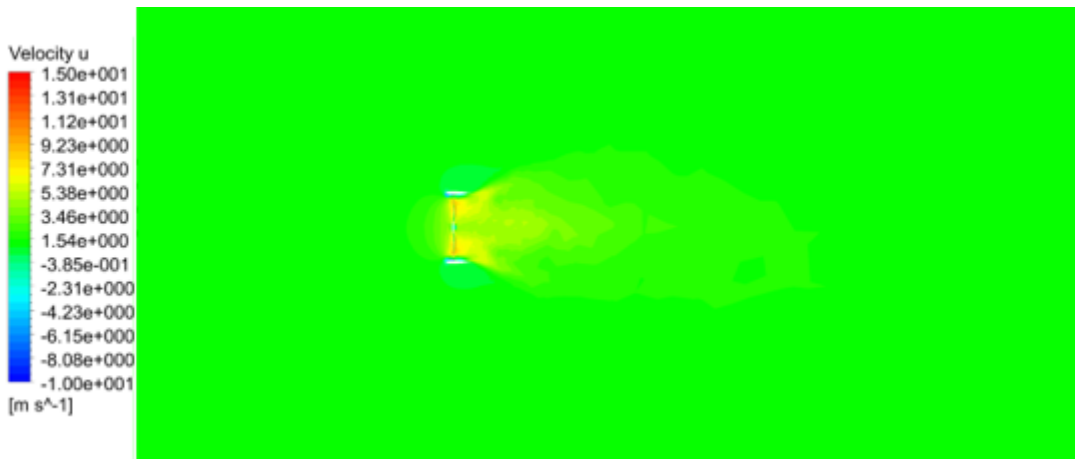
### 3. HASIL DAN DISKUSI

#### 3.1. Analisis Kecepatan Fluida

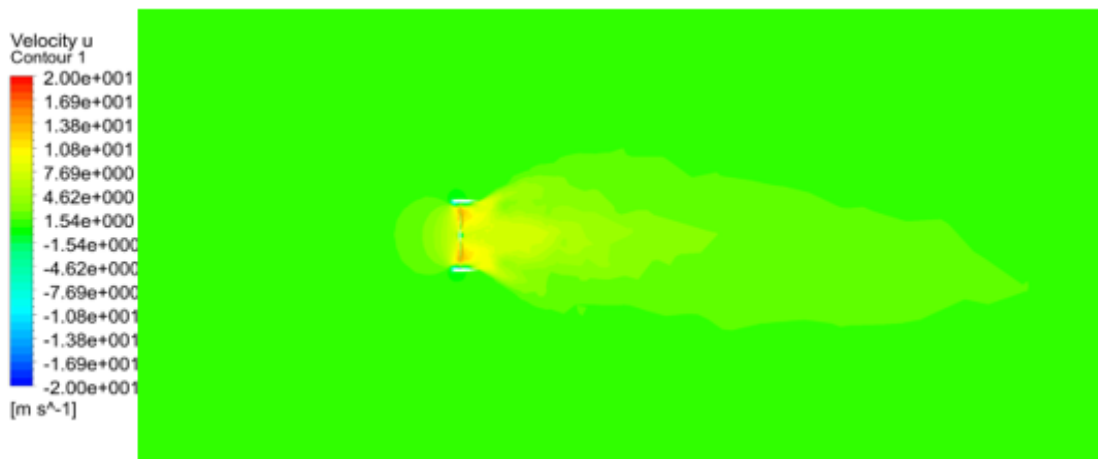
Kecepatan aliran fluida yang dihasilkan oleh putaran propeler dapat dianalisis melalui kontur kecepatan. Di daerah setelah fluida melewati propeler terlihat adanya peningkatan kecepatan akibat dari dorongan yang dihasilkan oleh putaran propeler. Semakin besar kecepatan fluida setelah melewati propeler akan menghasilkan perubahan momentum yang semakin besar pula, sehingga *thrust* yang dihasilkan akan meningkat. Gambar 4 dan Gambar 5 menunjukkan kontur kecepatan fluida pada berbagai variasi yang diuji.



(a)

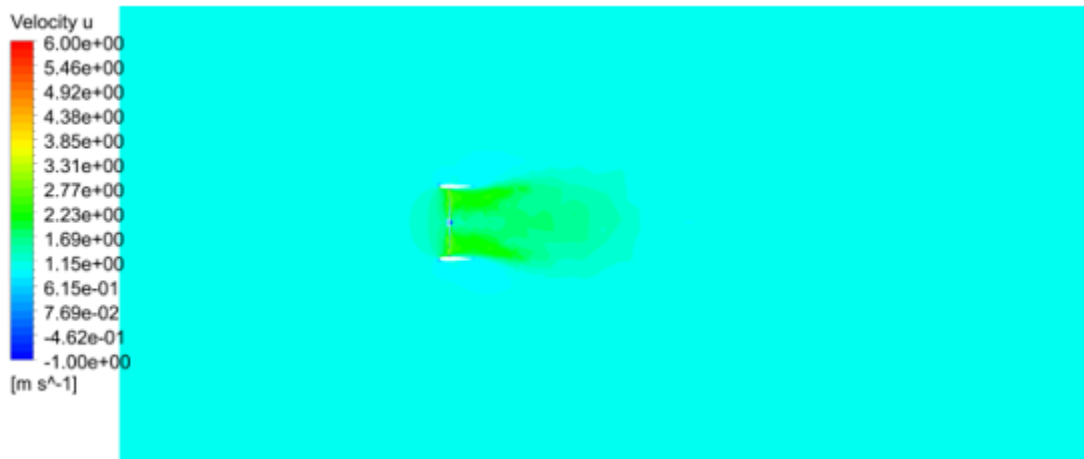


(b)

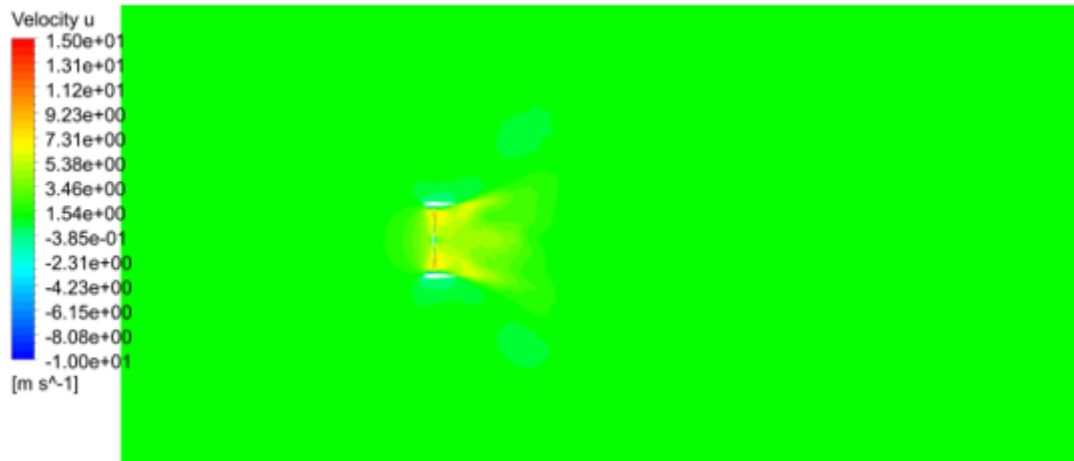


(c)

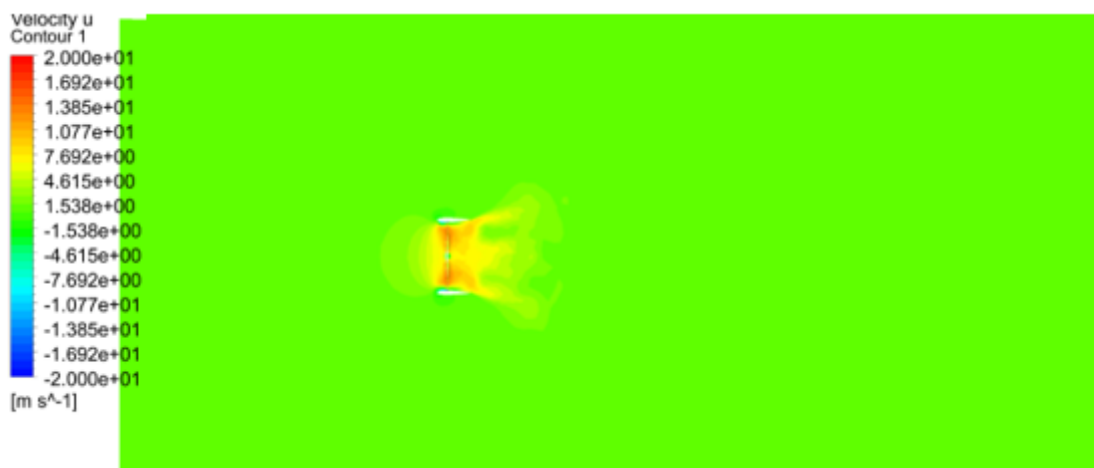
**Gambar 4.** Kontur kecepatan fluida pada variasi  $Ld/D$  0,4 (a) 1.000 rpm (b) 3.000 rpm (c) 5.000 rpm



(a)



(b)



(c)

**Gambar 5.** Kontur kecepatan fluida pada variasi Ld/D 0,5 (a) 1.000 rpm (b) 3.000 rpm (c) 5.000 rpm

Dari Gambar 4 dan Gambar 5 terlihat bahwa peningkatan kecepatan propeler menghasilkan aliran fluida yang lebih tinggi. Kecepatan putaran propeler yang tinggi menyebabkan aliran massa yang mengalir pada sistem lebih besar, sehingga menghasilkan kecepatan aliran yang lebih tinggi pada luas penampang yang sama.

Pada kecepatan putaran propeler 1.000 rpm dan rasio Ld/D 0,4 dihasilkan kecepatan aliran fluida sebesar 2,5 m/s, serta 6,3 m/s dan 9,8 m/s untuk kecepatan putaran propeler 3.000 dan 5.000 rpm. Sedangkan untuk rasio Ld/D 0,5 didapatkan kecepatan fluida 2,8 m/s, 7,3 m/s, dan 10,8 m/s untuk kecepatan putaran propeler 1.000, 3.000, dan 5.000 rpm. Hal tersebut membuktikan bahwa kecepatan putaran propeler mampu meningkatkan kecepatan aliran fluida yang dihasilkan pada ducted propeller [8], [9].

### 3.2. Analisis Thrust

Analisis thrust dilakukan untuk mengetahui pengaruh geometri duct terhadap performa kerja propeler. Dari data yang didapatkan, terlihat bahwa perubahan geometri duct menghasilkan perbedaan thrust. Variasi Ld/D 0,5 memberikan nilai thrust yang lebih besar dibandingkan variasi Ld/D 0,4 pada semua variasi kecepatan putaran propeler. Tabel 1 menunjukkan data thrust yang dihasilkan pada semua variasi yang diuji.

Tabel 1. Thrust yang dihasilkan pada ducted propeller

Kecepatan Putaran Propeler (rpm)	Thrust (N)	
	Ld/D 0,4	Ld/D 0,5
1.000	62,82	79,01
3.000	532,18	711,50
5.000	1.463,27	1.848,04

Tabel 1 menunjukkan bahwa penggunaan *duct* dengan rasio Ld/D yang lebih besar mampu meningkatkan *thrust* yang dihasilkan. Hal ini disebabkan karena sisi outlet yang lebih panjang mampu menghambat terbentuknya *vortex* yang menghasilkan gaya hambat (*drag*). Penelitian yang dilakukan oleh Sihaloho [10] juga menemukan bahwa nilai *thrust* dapat ditingkatkan dengan memperpanjang sisi outlet dari sebuah *ducted propeller*. Di sisi lain, peningkatan kecepatan putaran propeler juga mampu meningkatkan *thrust* yang dihasilkan [11], [12]. Namun, perbedaan signifikan baru akan terlihat pada putaran propeler yang tinggi (di atas 4.000 rpm) [13].

## 4. KESIMPULAN

Simulasi numerik yang dilakukan pada *ducted propeller* mendapatkan hasil sebagai berikut: diketahui bahwa peningkatan kecepatan propeler menghasilkan kecepatan aliran fluida yang lebih tinggi. Kecepatan aliran fluida meningkat dari 2,5 m/s menjadi 9,8 m/s pada *duct* dengan rasio Ld/D 0,4 dan meningkat dari 2,8 m/s menjadi 10,8 m/s pada *duct* dengan rasio Ld/D 0,5. Selain meningkatkan kecepatan aliran fluida, penggunaan *duct* dengan rasio Ld/D yang lebih tinggi juga meningkatkan *thrust* yang dihasilkan *ducted propeller*. Pada rasio Ld/D 0,5 didapatkan nilai *thrust* sebesar 79,01; 711,50; dan 1.848,04 N. Nilai tersebut lebih besar jika dibandingkan dengan nilai *thrust* pada rasio Ld/D 0,4 yakni 62,82; 532,18; dan 1.463,27 N.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Oki Pratama, 'Konservasi Perairan Sebagai Upaya menjaga Potensi Kelautan dan Perikanan Indonesia'. Accessed: May 05, 2023. [Online]. Available: <https://kkp.go.id/djprl/artikel/21045-konservasi-perairan-sebagai-upaya-menjaga-potensi-kelautan-dan-perikanan-indonesia>

- [2] F. Ortolani, A. Capone, G. Dubbioso, F. Alves Pereira, A. Maiocchi, and F. Di Felice, 'Propeller performance on a model ship in straight and steady drift motions from single blade loads and flow field measurements', *Ocean Engineering*, vol. 197, Feb. 2020, doi: 10.1016/j.oceaneng.2019.106881.
- [3] Y. C. Hsieh and D. M. Hai, 'Computational study on the effect of the shape of ducts on the performance of the submarine propeller', *Advances in Mechanical Engineering*, vol. 11, no. 8, pp. 1–10, 2019, doi: 10.1177/1687814019870902.
- [4] M. Chen, J. Liu, Q. Si, Y. Liang, Z. Jin, and J. Yuan, 'Investigation into the Hydrodynamic Noise Characteristics of Electric Ducted Propeller', *J Mar Sci Eng*, vol. 10, no. 3, Mar. 2022, doi: 10.3390/jmse10030378.
- [5] Y. Liu, Q. Gong, Y. Bian, and Q. Suo, 'Effect of ducts on the hydrodynamic performance of marine propellers', *Engineering Computations (Swansea, Wales)*, vol. 39, no. 2, pp. 744–772, Feb. 2022, doi: 10.1108/EC-03-2021-0190.
- [6] I. S. Arief, T. B. Musriyadi, and A. D. A. Je Mafera, 'Analysis Effect of Duct Length– Nozzle Diameter Ratio and Tip Clearance Variation on the Performance of K-Series Propeller', *International Journal of Marine Engineering Innovation and Research*, vol. 2, no. 1, 2017, doi: 10.12962/j25481479.v2i1.2527.
- [7] S. Yilmaz, D. Erdem, and M. S. Kavsaoglu, 'Performance of a ducted propeller designed for UAV applications at zero angle of attack flight: An experimental study', *Aerosp Sci Technol*, vol. 45, pp. 376–386, 2015, doi: 10.1016/j.ast.2015.06.005.
- [8] W. Yue, R. Wanlong, L. Gang, Z. Yuanming, and H. Zongrui, 'The Numerical Analysis of Hydrodynamic Characteristics of Ducted Propeller by using SST k- $\omega$  Model', *IOP Conf Ser Mater Sci Eng*, vol. 649, no. 1, pp. 1–7, 2019, doi: 10.1088/1757-899X/649/1/012025.
- [9] B. Nopias, K. Muhajir, and T. Rusianto, 'Pengaruh Gaya Dorong Propeler pada Engine Fora Terhadap Kecepatan Pesawat Model F2D Combat', 2017. [Online]. Available: <http://dle-tech.info/tag/pitch/>
- [10] F. Sihaloho, P. Manik, A. Wibawa Budi Santosa, and L. Perancangan Kapal Dibantu Komputer, 'Analisa Nilai Thrust Ducted Propaller Dengan Variasi Diameter, Panjang & Tipe Kort Nozzle Menggunakan Metode CFD', *Jurnal Teknik Perkapalan*, vol. 8, no. 3, 2020, [Online]. Available: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/naval>
- [11] D. Lakshmanan *et al.*, 'Computational fluid dynamic studies on configured propeller blades integrated with E62 airfoil', *International Journal on Interactive Design and Manufacturing*, 2023, doi: 10.1007/s12008-023-01273-0.
- [12] A. D. Sapto and M. F. Noviandi, 'Analisis Thrust dan Torque Berdasarkan Variasi Putaran dan Jumlah Blade Propeller Air pada Unmanned Aerial Vehicle (UAV) AMPHI-FLY EVO 1.0', *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 10, no. 2, p. 84, 2021.
- [13] E. Kuantama and R. Tarca, 'Quadcopter thrust optimization with ducted-propeller', in *MATEC Web of Conferences*, EDP Sciences, Oct. 2017. doi: 10.1051/mateconf/201712601002.