

## Analisa Performa Baling-Baling Pada Kapal Polbeng II Menggunakan Simulasi CFD

Siswandi B<sup>1</sup>, Jupri<sup>2</sup>, Afriantoni<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Perkapalan Politeknik Negeri Bengkalis  
[siswandi@polbeng.ac.id](mailto:siswandi@polbeng.ac.id)<sup>1</sup>, [jupri@polbeng.ac.id](mailto:jupri@polbeng.ac.id)<sup>2</sup>, [afriantoni@polbeng.ac.id](mailto:afriantoni@polbeng.ac.id)<sup>3</sup>

### Abstract

*A propeller is a propulsor used to convert rotational motion into thrust by imparting momentum to a fluid. A three-blade propeller has three blades arranged at specific angles and shapes to optimize water flow. Each blade is designed to create effective thrust while minimizing turbulence and drag. The main advantage of this design is its ability to generate strong thrust while keeping noise and vibration levels low. This research explores the performance of the propeller, focusing on the analysis of thrust, torque, and efficiency produced under various propeller rotation conditions. Using a Computational Fluid Dynamics (CFD) approach, simulations were conducted to study the influence of propeller blade design and flow parameters on performance efficiency. The simulation results indicate that increasing the propeller rotation speed significantly affects the propeller characteristics, resulting in higher thrust and torque values, while the highest efficiency value of 0.0015 is observed at 400 RPM, with a decrease in efficiency if the rotation speed exceeds 400 RPM.*

*Keyword: Propeller, CFD, Thrust, Efficiency.*

## 1. PENDAHULUAN

Propeller kapal adalah komponen vital dalam sistem penggerak kapal yang berfungsi untuk mengubah energi dari mesin menjadi dorongan untuk menggerakkan kapal melalui air. Salah satu desain yang banyak digunakan dalam propeller adalah propeller daun tiga. Desain ini populer karena kemampuannya untuk memberikan keseimbangan yang baik antara efisiensi, stabilitas, dan kinerja.

Propeler adalah propulsor yang digunakan untuk mengubah gerakan rotasi menjadi gaya dorong dengan memberikan momentum pada fluida [1,2]. Sebagai propulsor, propeler diharuskan memiliki daya tahan tinggi. Hal ini karena gaya dan beban yang bekerja secara terus menerus terhadap propeler [3-6]. Dalam pembuatannya, propeller merupakan salah satu aspek yang perlu diperhatikan, dari mulai fungsi, bentuk, ukuran, jumlah daun, hingga strukturnya seperti kekuatan dan kelelahannya.

Propeller daun tiga memiliki tiga bilah yang diatur pada sudut dan bentuk tertentu untuk mengoptimalkan aliran air. Setiap bilah dirancang untuk menciptakan gaya dorong yang efektif dengan meminimalkan turbulensi dan hambatan. Keuntungan utama dari desain ini adalah kemampuannya untuk menghasilkan daya dorong yang kuat sambil menjaga tingkat kebisingan dan getaran pada tingkat yang rendah. Hal ini membuat propeller daun tiga cocok untuk berbagai jenis kapal, termasuk kapal barang, penumpang, dan kapal perang[7-10].

Dalam penelitian ini akan melakukan suatu analisis terkait performa propeller daun tigayang digunakan pada kapal Polbeng II dengan variasi putaran propeller sebesar 200 rpm, 400 rpm, 600 rpm, 800 rpm dan 1000 rpm. Aplikasi praktis propeller daun tiga dalam industri maritim juga akan menjadi fokus utama, dengan harapan dapat memberikan wawasan yang lebih dalam tentang efisiensi operasional kapal dan potensi pengembangan teknologi propeller di masa depan [12].

Dengan pemahaman yang lebih baik tentang karakteristik dan kinerja propeller daun tiga, diharapkan penelitian ini dapat berkontribusi pada upaya peningkatan desain propeller yang lebih efisien dan ramah lingkungan dalam industri perkapalan.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### Pengertian Propeller

Propeller adalah perangkat mekanik yang berfungsi untuk mengubah energi dari mesin menjadi gaya dorong, mendorong kapal melalui air. Propeller terdiri dari bilah (daun) yang berputar dan menciptakan perbedaan tekanan di antara permukaan atas dan bawah bilah. Secara umum, propeller dapat dibedakan berdasarkan jumlah daun, bentuk, dan ukuran, yang semuanya memengaruhi performa dan efisiensi. Propeller Daun Tiga: Memiliki keunggulan dalam efisiensi pada kecepatan tinggi. Umumnya digunakan pada kapal yang memerlukan kecepatan maksimal.

### Prinsip Kerja Propeller

Propeller bekerja berdasarkan prinsip Bernoulli, di mana perbedaan tekanan di kedua sisi bilah menyebabkan gaya dorong. Ketika propeller berputar, aliran air yang melewati bilah menciptakan area bertekanan rendah di bagian atas dan area bertekanan tinggi di bagian bawah. Perbedaan tekanan ini menghasilkan gaya dorong ke arah depan, memindahkan kapal ke depan.

### Gaya Dorong dan Kinerja Propeller

Gaya dorong yang dihasilkan oleh propeller dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk:

- Kecepatan Rotasi: Semakin cepat propeller berputar, semakin besar gaya dorong yang dihasilkan.
- Diameter Propeller: Diameter yang lebih besar dapat menghasilkan lebih banyak gaya dorong, tetapi juga dapat meningkatkan hambatan.
- Pitch Propeller: Pitch adalah sudut kemiringan bilah propeller. Pitch yang lebih tinggi menghasilkan gaya dorong yang lebih besar, tetapi dapat menyebabkan kehilangan efisiensi jika tidak sesuai dengan kecepatan kapal.

Karakteristik beban propeller dapat ditampilkan dengan grafik oleh beberapa koefisien dalam bentuk ukuran. Diagram memberikan Torque dan Thrust sebagai fungsi kecepatan. Karakteristik propeller terdiri dari koefisien Thrust ( $K_T$ ), koefisien torque ( $K_Q$ ), dan koefisien advanced ( $J$ ).

$$(K_T) = \frac{T}{\rho n^2 D^4} \quad (1)$$

$$(K_Q) = \frac{TQ}{\rho n^2 D^5} \quad (2)$$

$$j = \frac{Va}{nD} \quad (3)$$

Dimana :

$K_T$  = Koefisien gaya dorong baling-baling

$K_Q$  = Koefisien torsi baling-baling

$\rho$  = Massa jenis fluida (Fluid Density)

$D$  = Diameter propeller

$V_a$  = Advanced Speed

- N = Putaran propeller
- T = thrust propeller
- Q = torque propeller

Efisiensi propeller diukur dengan rasio antara gaya dorong yang dihasilkan dan daya yang diperlukan untuk memutarinya. Propeller yang efisien akan menghasilkan gaya dorong maksimum dengan konsumsi energi minimal. Penelitian menunjukkan bahwa desain propeller yang optimal sangat bergantung pada jenis dan karakteristik kapal, serta kondisi operasionalnya (Vennell, 2001). Untuk nilai efisiensi propeller dapat menggunakan persamaan berikut ini:

$$(\eta_0) = \frac{T \cdot V_a}{2 \cdot \pi \cdot N \cdot Q} \tag{4}$$

### Dampak Lingkungan

Dalam era keberlanjutan, pemilihan propeller yang tepat juga memiliki dampak lingkungan. Propeller yang lebih efisien dapat mengurangi konsumsi bahan bakar dan emisi gas rumah kaca. Beberapa studi menunjukkan bahwa perbaikan desain propeller dapat mengurangi jejak karbon kapal secara signifikan (Smith et al., 2015).

### 3. METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian ini dirancang untuk menganalisis kinerja propeller kapal daun tiga dengan fokus pada karakteristik thrust dan efisiensinya. Berikut adalah langkah-langkah yang akan diambil dalam penelitian ini:

#### Desain model propeller

Propeller yang di gambarkan menjadi model sesuai dengan propeller yang terpasang di kapal polbeng II dengan bentuk dan ukuran seperti yang terlihat pada gambar 1.



Gambar 1. Dimensi Propeller

#### Simulasi Komputasi

Simulasi komputasi untuk mendapatkan besar gaya dorong dan torsi ialah menggunakan Computational Fluid Dynamics (CFD). CFD merupakan metode yang digunakan untuk menganalisis dan memodelkan aliran fluida serta interaksi antara fluida dan permukaan padat. Simulasi yang dilakukan dengan membuat beberapa nilai variasi putaran propeller.

#### Analisis Data

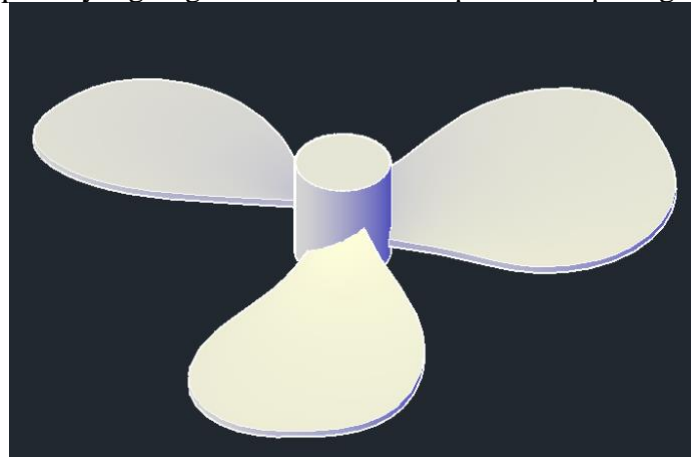
Analisis data adalah proses sistematis untuk mengolah, mengorganisir, dan menafsirkan data guna mengungkapkan informasi yang berguna dan mendukung pengambilan keputusan. Proses ini dilakukan untuk melihat hasil performa propeller yang berdasarkan nilai thrust, torsi dan efisiensi.

#### **4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

Analisa performa propeller adalah proses evaluasi efisiensi dan efektivitas propeller dalam menghasilkan dorongan pada kapal. Berikut adalah beberapa aspek penting dalam pembahasan ini:

##### **Model Propeller**

Propeller yang digunakan pada kapal Polbeng II dengan tipe daun 3 dan berdiameter 50,8 cm. Model propeller yang di gambar secara 3D dapat dilihat pada gambar 2.

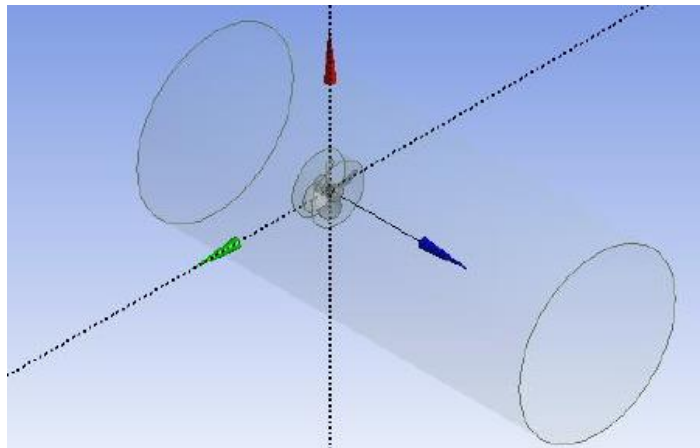


Gambar 2. *Model propeller*

##### **Simulasi Model Propeller**

###### **Geometry Model**

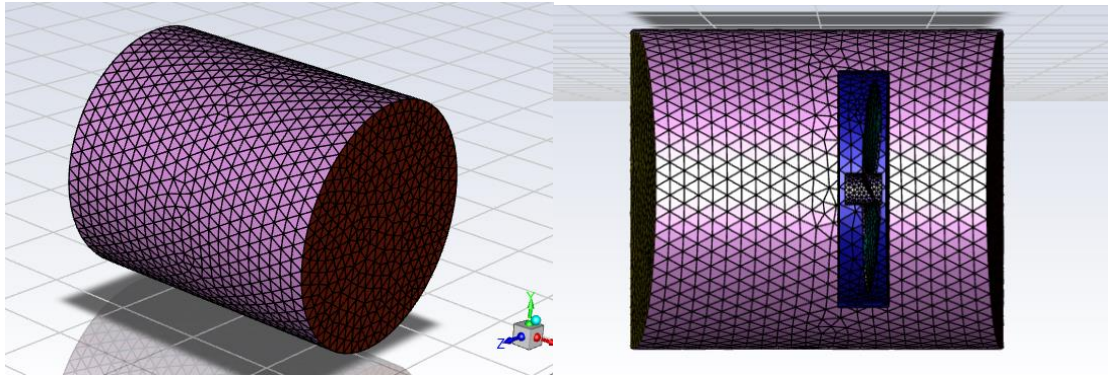
Tahap geometri adalah langkah awal dalam proses analisis yang melibatkan pembuatan atau import model geometri yang akan dianalisis. Pengaturan geometri yang dilakukan dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. *Geometry Model propeller*

###### **Meshing Model**

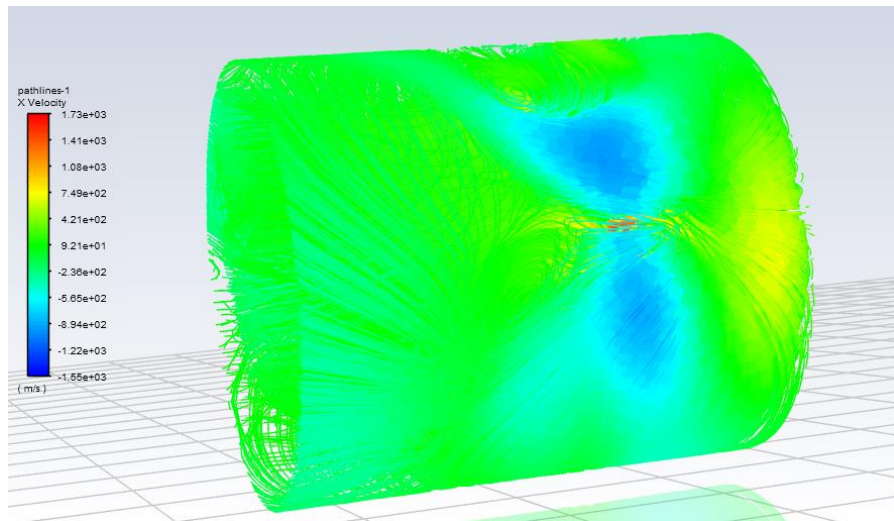
Proses meshing merupakan langkah penting dalam persiapan analisis numerik, di mana geometri dibagi menjadi elemen-elemen kecil yang akan digunakan dalam perhitungan. Hasil meshing pada model propeller dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Meshing model propeller

Hasil simulasi

Simulasi model propeller ini dilakukan sebanyak 5 kali dengan variasi putaran propeller 200, 400, 600, 800 dan 1000 rpm, kecepatan aliran yang digunakan sebesar 1 m/s. Hasil Simulasi CFD dilakukan untuk menganalisis interaksi antara fluida dan permukaan objek, yang dapat mencakup analisis aliran, distribusi tekanan, dan perilaku turbulensi. Bentuk kontur dari hasil simulasi CFD dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 4. Kontur aliran model propeller

**Analisa Hasil Simulasi**

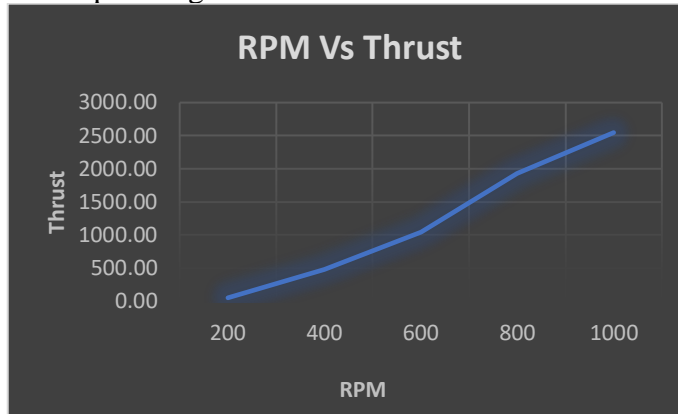
Data yang diperoleh setelah dilakukan simulasi model propeller yaitu nilai thrust dan torsi kemudian dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai effisiensinya. Nilai-nilai tersebut dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Nilai Thrust, Torsi dan efisiensi

Velocity (m/s)	Diameter Propeller (m)	RPM	Thrust (Kn)	Torsi (Kn-m)	Effisiensi
1	0.58	200	54.05	40.17	0.0011
1	0.58	400	486.40	125.08	0.0015
1	0.58	600	1043.46	328.50	0.0008
1	0.58	800	1930.66	585.35	0.0007
1	0.58	1000	2547.39	602.38	0.0007

### Performa Propeller

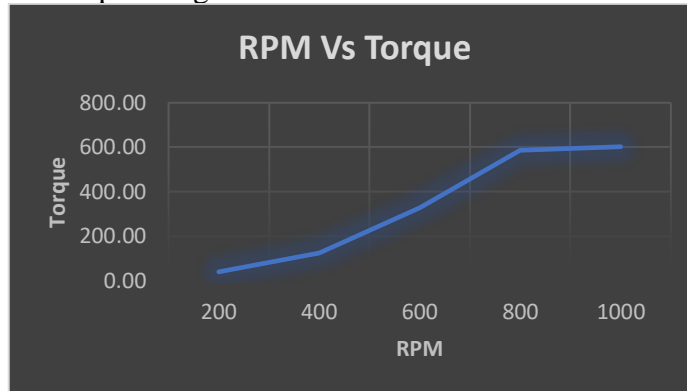
Hubungan antara Variasi Rpm dengan Thrust



Gambar 5. Grafik Rpm vs Thrust

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa hubungan antara rpm dengan thrust pada model propeller berbanding lurus dimana thrust semakin meningkat jika putaran propeller atau rpm semakin besar.

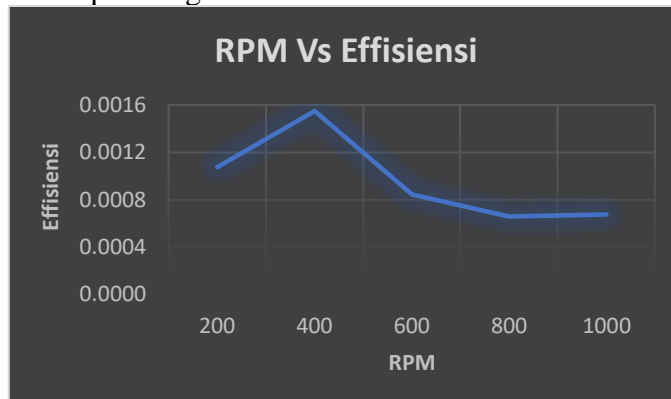
Hubungan antara Variasi Rpm dengan Torsi



Gambar 6. Grafik Rpm vs Torsi

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa hubungan antara rpm dengan torsi pada model propeller juga berbanding lurus dimana torsi semakin meningkat jika putaran propeller atau rpm semakin besar.

Hubungan antara Variasi Rpm dengan Effisiensi



Gambar 7. Grafik Rpm vs Effisiensi

Dari gambar 7 dapat dilihat grafik hubungan antara rpm dengan efisiensi pada model propeller mengalami fluktuasi dimana efisiensi terbesar terjadi pada putaran 400 rpm dengan nilai sebesar 0.0015 dan mengalami penurunan efisiensi jika rpm lebih besar dari 400. Dari

hasil analisis ini dapat di ketahui bahwa performa propeller terbaik untuk kapal polbeng II ini jika propeller beroperasi pada putaran 400 rpm.

## **5. KESIMPULAN DAN SARAN**

### **Kesimpulan**

Berdasarkan hasil simulasi, analisa data, dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai thrust dan torsi sangat dipengaruhi oleh Rpm, semakin besar Rpm maka thrus dan torsi juga semakin besar.
2. Nilai terbesar efisiensi propeller yaitu 0.0015 terdapat pada rpm 400.

### **Saran**

Penelitian ini memiliki kelemahan-kelemahannya, oleh sebab itu saran penulis untuk kedepannya agar melakukan penelitian lebih lanjut dapat dilakukan dengan menguji variasi bentuk atau desain geometri yang berbeda. Ini akan membantu dalam menemukan desain yang optimal yang dapat meningkatkan efisiensi performa.

## **6. DAFTAR PUSTAKA**

- Bertram, V. (2013). *Ship Hydrodynamics: Advances in the Analysis of Marine Vehicles*. Berlin: Springer.
- Faltinsen, O. M. (1990). *Hydrodynamics of High-Speed Marine Vehicles*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Tzeng, C. C., & Yao, J. (2016). Numerical Simulation of Propeller Performance. *Ocean Engineering*, 121, 50-60.
- Zhang, Z., & Sun, S. (2020). Performance Analysis of Marine Propellers Using Computational Fluid Dynamics. *Journal of Marine Science and Engineering*, 8(11), 888.
- Kijima, K., & Yoshimura, T. (2009). Propeller Cavitation and Its Effects on Ship Performance. *Journal of Marine Science and Technology*, 14(1), 1-12.
- Sato, Y., & Yoshida, M. (2014). Comparative Study of Marine Propeller Performance: Three vs. Four Blade Designs. *Journal of Ship Design and Technology*, 5(3), 45-60.
- Vennell, R. (2001). "Hydrodynamic Principles of Propeller Design." *Journal of Marine Engineering*.
- Smith, J., et al. (2015). "The Environmental Impact of Propeller Design in Modern Shipping." *Marine Pollution Bulletin*.
- Baird, A. J. (2017). Propeller Design for High-Speed Vessels. *Marine Technology Society Journal*, 51(3), 29-38.
- Kwon, Y. J., & Kim, J. H. (2018). Optimization of Propeller Design for Marine Applications. *Journal of Ship Research*, 62(4), 212-220.
- Sato, Y., & Yoshida, M. (2014). Comparative Study of Marine Propeller Performance: Three vs. Four Blade Designs. *Journal of Ship Design and Technology*, 5(3), 45-60.
- Paik, J. K., & Thayamballi, A. K. (2007). *Ship Structural Design: A Practical Approach*. London: Springer.
- Abidin, M. Z., Surjo, W., Arief, I. S. (2012). Analisa Performance Propeller B-Seies Dengan Pendekatan Structure dan Unstructure. *Jurnal Teknik ITS*. Vol. 1, Hal. 241-246.
- Lumbanraja, K. C. P., Chrismianto, Dedy., Samuel. (2021). Perhitungan nilai Maksimum Thrust, Torque, dan Efficiency Propeller Tipe B4 Series pada Kapal Tugboat dengan Modifikasi Diameter, Rake, dan Pitch menggunakan Metode Komputasi, *Jurnal Midship*, Vol. 4, No. 2, Hal 9-14.