

## Analisa Performa Propeller Pada Kapal Ferry 5000 GT

Raqih Arizona Pradhika <sup>1\*</sup>, Priyo Agus Setiawan <sup>2</sup>, Ekky Nur Budiyanto <sup>3</sup>

Teknik Permesinan Kapal, Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia\*  
Teknik Perpipaan, Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia  
Teknik Perpipaan, Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia  
Email: [raqiharizona@gmail.com](mailto:raqiharizona@gmail.com)<sup>1\*</sup>; [priyo.as@ppns.ac.id](mailto:priyo.as@ppns.ac.id)<sup>2</sup>; [ekky@ppns.ac.id](mailto:ekky@ppns.ac.id)<sup>3</sup>;

Nowadays, the development of propeller design planning has developed quite rapidly. Series propellers on the market are not only B-Series, Kaplan Series, AU Series, Gwan Series and SK Series. Some series propellers have characteristics of propeller design. Now there are many new series of propeller on the market which is the result of a variety of propeller series that have been there before. With technological advances, software assistance can simulate a new series of propellers with a sufficiently short period of time to get the desired propeller performance results.

This research discusses the performance of B-series propellers in open water with variation of rake angle from  $-3^\circ$ ,  $-2^\circ$ ,  $-1^\circ$ ,  $0^\circ$ ,  $5^\circ$ ,  $10^\circ$  and  $15^\circ$  also variation of skew angle  $12^\circ$  and  $22^\circ$  using a computational fluid dynamic method (CFD) approach. The purpose of this research is to analyze propeller model to get the highest thrust propeller model, lowest torque, highest efficiency, highest static pressure and highest velocity.

**Keywords :** propeller, computational fluid dynamic, rake angle, skew angle.

### Nomenclature

$K_T$	koefisien dorong
$K_Q$	koefisien torsi
J	koefisien advanced
$V_a$	kecepatan advanced (m/s)
D	diameter (m)
n	putaran (rpm)
T	gaya dorong (N)
Q	torsi (Nm)
$\eta_o$	efisiensi open water

### 1. PENDAHULUAN

Perencanaan desain *propeller* merupakan aspek terpenting dalam sistem propulsi. Kecepatan kapal tidak terlepas dari desain *propeller* yang baik agar mendapatkan gaya dorong (*thrust*) maksimal. Dalam perencanaan desain *propeller* mengalami perkembangan yang cukup pesat. *Series propeller* yang ada di pasaran tidak hanya *B-Series*, *Kaplan Series*, *AU Series*, *Gwan Series* dan *SK Series*. Beberapa *series propeller* tersebut memiliki ciri karakteristik masing-masing dari segi desain *propeller*. Sekarang sudah banyak *series propeller* baru dipasaran yang merupakan hasil dari variasi *series propeller* yang telah ada sebelumnya. Dengan kemajuan teknologi, bantuan *software* dapat mensimulasikan *series propeller* yang baru dengan jangka waktu yang cukup singkat untuk mendapatkan hasil performa *propeller* yang diinginkan. Dalam perkembangannya penelitian banyak yang menggunakan simulasi *CFD* sebagai metode memperpendek *distance to reality* pada banyak kasus dalam multi-disiplin.

Penelitian terdahulu terkait analisa *propeller* menggunakan metode *CFD* salah satunya *Open Water ater Performance Marine Propellers Using CFD* (M.A Elghorab, 2013) menjelaskan variasi RPM dan kecepatan *advance* terhadap performa *propeller*. Simulasi telah dilakukan untuk mendapatkan kinerja model *propeller* menggunakan *ANSYS CFX* dan hasilnya telah disimpulkan bahwa simulasi *propeller B-Series* dengan hasil eksperimen dengan kesalahan 10,59% untuk koefisien dorong dan koefisien torsi 18,9%. Dalam penelitian Analisa Pengaruh Variasi Sudut *Rake Propeller B-Series* Terhadap Aliran Fluida Dengan Metode *CFD* (C. Wisnu, 2016) menjelaskan mengenai pengaruh variasi sudut *rake*, variasi RPM dan jumlah daun terhadap nilai *thrust*, *torque* dan efisiensi *propeller* dengan kondisi *open water*.

Oleh karena itu, penelitian ini membahas performa *propeller B-series* dalam keadaan *open water* dengan variasi sudut *rake* dari  $-3^\circ$ ,  $-2^\circ$ ,  $-1^\circ$ ,  $0^\circ$ ,  $5^\circ$ ,  $10^\circ$  dan  $15^\circ$  juga variasi sudut *skew*  $12^\circ$  dan  $22^\circ$  menggunakan pendekatan metode *computational fluid dynamic (CFD)*. Tujuan penelitian adalah menganalisa model *propeller* untuk mendapatkan nilai *thrust*, *torque*, efisiensi, *static pressure* dan *velocity*.

### 2. METODOLOGI .

#### 2.1 Studi Literatur

Studi literatur bertujuan untuk melengkapi dan menyiapkan konsep teori yang dibutuhkan selama mengerjakan penelitian. Studi literatur yang digunakan meliputi *manualbook*, *textbook*,

handbook, artikel ilmiah, konsultasi dengan dosen pembimbing dan buku-buku penunjang lainnya yang relevan.

## 2.2 Perumusan Masalah

Tahap perumusan masalah merupakan tahap penuangan gagasan masalah yang akan dibahas. Rumusan masalah ini menjadi aspek pokok dalam analisa pada penelitian berdasarkan data yang telah didapat.

## 2.3 Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan dalam tugas akhir ini berupa data primer dan data sekunder. Data yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Propeller

Jenis	FPP B-Series
Tipe	4.75
Diameter	2,8 m
Jumlah daun	4
Putaran	244 rpm
$A_0/A_0$	0,75
Sudut rake	15°

## 2.4 Perhitungan Thrust, Torque dan Efisiensi

Perhitungan manual *thrust* dan *torque* dilakukan bertujuan melakukan validasi persentase *error thrust* dan *torque* hasil simulasi CFD. Validasi yang dilakukan membandingkan nilai *thrust* dan *torque* hasil simulasi numerik dan perhitungan manual. *Error* nilai *thrust* dan *torque* tidak lebih dari 15%. Secara umum persamaan yang menunjukkan karakteristik *propeller* adalah sebagai berikut :

$$J = \frac{V_a}{n D}$$

$$K_T = \frac{T}{\rho n^2 D^4}$$

$$K_Q = \frac{Q}{\rho n^2 D^5}$$

Untuk nilai efisiensi *propeller* pada *open water* diberikan rumus:

$$\eta_o = \frac{T V_a}{2 \pi n Q}$$

## 2.5 Pemodelan Propeller

Pemodelan *propeller* dilakukan dengan bantuan *software PropCad* untuk mendapatkan geometri 3D *propeller* dan *SolidWork* untuk penggambaran 3D *propeller*.

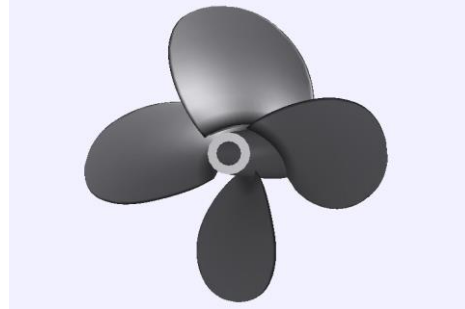
## 2.6 Analisa dan Kesimpulan

Secara garis besar langkah – langkah simulasi numerik pada *solver* ini dibagi menjadi beberapa tahapan yaitu *Geometry*, *Mesh*, *Setup*, *Solution* dan *Result*. Membandingkan 14 model *propeller* dengan mendapatkan *thrust* tertinggi, *torque* terendah, efisiensi tertinggi, *static pressure* terbesar dan *velocity* tertinggi.

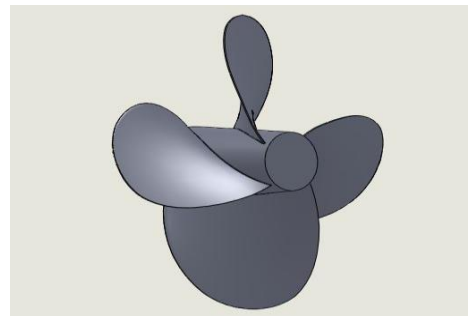
## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Pemodelan Propeller

Pemodelan *propeller* untuk mendapatkan geometri menggunakan bantuan *software PropCad*. Desain 3D *propeller* dilakukan dengan menggunakan bantuan *software SolidWork*. Pada gambar 1 merupakan pemodelan menggunakan *PropCad* dan gambar 2 merupakan pemodelan *propeller* menggunakan *SolidWork*.



Gambar 1. Pemodelan Propeller Menggunakan PropCad



Gambar 2. Pemodelan Propeller Menggunakan SolidWork

### 3.2 Geometry dan Setup

Geometri merupakan langkah awal dimana pengecekan solid tidaknya model yang telah dibuat dan *setup* adalah tahapan yang dilakukan setelah *mesh* berhasil dilakukan. Pada tahap *setup* ini adalah *setup* yang digunakan untuk memvalidasi hasil uji coba *propeller* dengan CFD. Inputan data yang dimasukkan dalam *setup* harus sesuai dan benar. Dalam tahap *setup* untuk sub domain *inlet* dan outlet pada simulasi *Computational Fluid Dynamic* dengan kecepatan *advance* sebesar 13,09 knot sebagai *inlet* dan tekanan *propeller* pada kedalaman dari sarat kapal sebesar 1,25 atm.

(1)

(2)

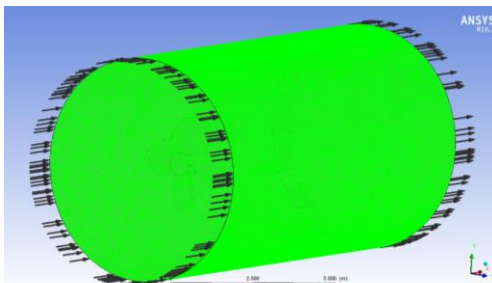
(3)

Tabel 2. Boundary Condition Fluid

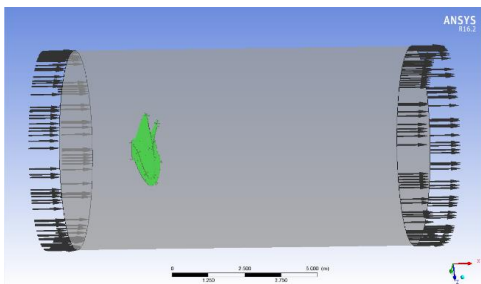
Name Domain	Fluid
Material Library	
Water	
Morphology	Continous Fluid
Domain Motion	Stationary
Heat Transfer	Isothermal
Fluid Temperature	25° C
Domain Motion	Stationary
Wall Function	Scalable

Tabel 3. Boundary Condition Fluid

Name Domain	Propeller
Material Library	
Almunium	
Morphology	Continous Solid
Domain Motion	Rotating
Angular Velocity	244 rev/min
Axis Definition	Coordinate Axis
Rotation Axis	Global Z



Gambar 3. Geometri Fluid



Gambar 4. Geometri Propeller

### 3.3 Grid Inpedance dan Validasi Propeller

Tabel 4. Grid Inpedance dan Validasi Propeller

Jumlah Elemen	Curvature	Proximity and Curvature	Proximity and Curvature +
	948108	2294 334	<b>8981325</b>
T (N)	184362	182632	<b>167102</b>
Error %	17,94	16,84	<b>6,9</b>
Q (N)	66320	64787	<b>61169</b>
Error %	6,87	9,01	<b>14,08</b>

Pada penelitian ini untuk memvalidasi hasil dari uji model, menggunakan perhitungan manual nilai *thrust* dan *torque*. Validasi digunakan untuk menentukan *boundary condition* yang tepat untuk digunakan pada *boundary condition* pada saat menganalisa 14 model *propeller* dengan menggunakan *software* berbasis *CFD*. maksimal *error* untuk validasi antara *CFD* dengan hasil perhitungan sebesar

15%. *Meshing* yang digunakan untuk proses *setup* selanjutnya yaitu *Proximity and Curvature* +.

### 3.4 Hasil Simulasi

Penelitian *propeller B-Series* yang divariasikan sudut *rake* dengan nilai  $-3^\circ$ ,  $-2^\circ$ ,  $-1^\circ$ ,  $0^\circ$ ,  $5^\circ$ ,  $10^\circ$  dan  $15^\circ$  juga variasi sudut *skew*  $12^\circ$  dan  $22^\circ$ . Tujuan penelitian adalah menganalisa model *propeller* untuk mendapatkan model *propeller thrust*, *torque*, efisiensi, *static pressure* dan *velocity*.

#### A. Perbandingan Nilai Thrust

Hasil simulasi *propeller* diperoleh hasil nilai *thrust* tertinggi pada *propeller rake*  $-2^\circ$  *skew*  $12^\circ$  sebesar 172688 N dan nilai *thrust* tertinggi pada *propeller rake*  $-3^\circ$  *skew*  $22^\circ$  sebesar 180053 N. Secara keseluruhan nilai *thrust* dapat dilihat pada tabel 5.

#### B. Perbandingan Nilai Torque

Hasil simulasi *propeller* diperoleh hasil nilai *torque* terendah pada *propeller rake*  $5^\circ$  *skew*  $12^\circ$  sebesar 59247 Nm dan nilai *torque* terendah pada *propeller rake*  $15^\circ$  *skew*  $22^\circ$  sebesar 63970,1 Nm. Secara keseluruhan nilai *torque* dapat dilihat pada tabel 6.

#### C. Perbandingan Nilai Efisiensi

Hasil simulasi *propeller* diperoleh hasil nilai efisiensi tertinggi pada *propeller rake*  $0^\circ$  *skew*  $12^\circ$  sebesar 0,738 dan efisiensi tertinggi pada *propeller rake*  $-1^\circ$  *skew*  $22^\circ$  sebesar 0,722. Secara keseluruhan nilai *efisiensi* dapat dilihat pada tabel 7.

#### D. Perbandingan Nilai Static Pressure

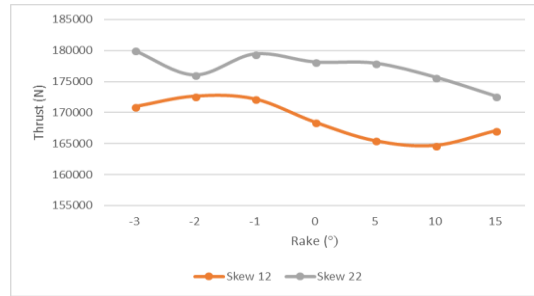
Hasil simulasi *propeller* diperoleh hasil nilai *static pressure* terbesar pada *propeller rake*  $10^\circ$  *skew*  $12^\circ$  sebesar 137642 Pa dan nilai *static pressure* terbesar pada *propeller rake*  $-1^\circ$  *skew*  $22^\circ$  sebesar 136955 Pa.. Secara keseluruhan nilai *static pressure* dapat dilihat pada tabel 8. Visualisasi salah satu *pressure face* dan *back* pada *propeller B-Series rake*  $15^\circ$  *skew*  $12^\circ$  dapat dilihat pada gambar 11.

#### E. Perbandingan Nilai Velocity

Hasil simulasi *propeller* diperoleh nilai *velocity* tertinggi pada *propeller rake*  $10^\circ$  *skew*  $12^\circ$  sebesar 6,65 m/s dan nilai *velocity* tertinggi pada *propeller rake*  $10^\circ$  *skew*  $22^\circ$  sebesar 6,59 m/s. Secara keseluruhan nilai *velocity* dapat dilihat pada tabel 9. Visualisasi salah satu *velocity* pada *plane*  $x=0,3$  m,  $x=0,7$  m dan  $x=1,4$  m di *propeller B-Series rake*  $15^\circ$  *skew*  $12^\circ$  dapat dilihat pada gambar 12.

Tabel 5. Hasil Simulasi Thrust

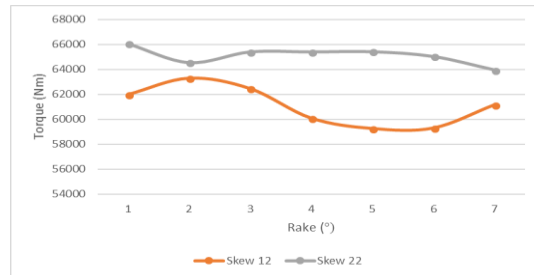
Rake (°)	Thrust (N)	
	Skew 12°	Skew 22°
-3	170988	<b>180053</b>
-2	<b>172688</b>	176069
-1	172252	179489
0	168520	178181
5	165524	177997
10	164758	175729
15	167102	172657



Gambar 6. Grafik Hubungan Thrust Dan Rake

Tabel 6. Hasil Simulasi Torque

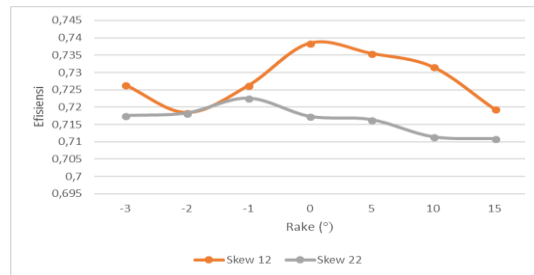
Rake (°)	Torque (Nm)	
	Skew 12°	Skew 22°
-3	61990,1	66084,5
-2	63303,3	64556,7
-1	62471,7	65418,2
0	60107	65418,2
5	<b>59274</b>	65436,7
10	59311,5	65054,8
15	61169,4	<b>63970,1</b>



Gambar 7. Grafik Hubungan Torque Dan Rake

Tabel 7. Hasil Perhitungan Efisiensi

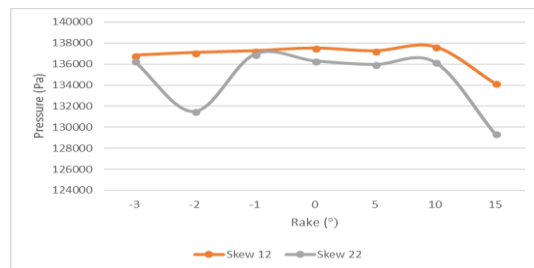
Rake (°)	Efisiensi	
	Skew 12°	Skew 22°
-3	0,726532578	0,717649772
-2	0,71853447	0,718378578
-1	0,726261039	<b>0,722688336</b>
0	<b>0,738479078</b>	0,71742185
5	0,735543792	0,716478381
10	0,731676997	0,711501613
15	0,719547096	0,710917097



Gambar 8. Grafik Hubungan Efisiensi Dan Rake

Tabel 8. Hasil Perhitungan Static Pressure

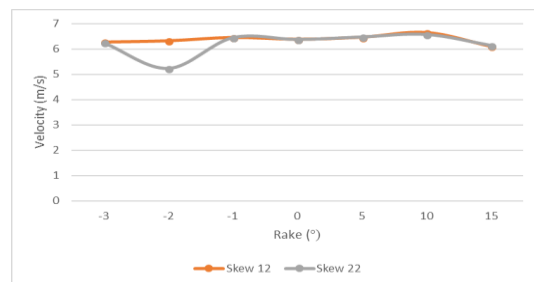
Rake (°)	Static Pressure (Pa)	
	Skew 12°	Skew 22°
-3	136841	136301
-2	137104	131499
-1	137262	<b>136955</b>
0	<b>137519</b>	136341
5	137256	135988
10	137642	136212
15	134174	129374



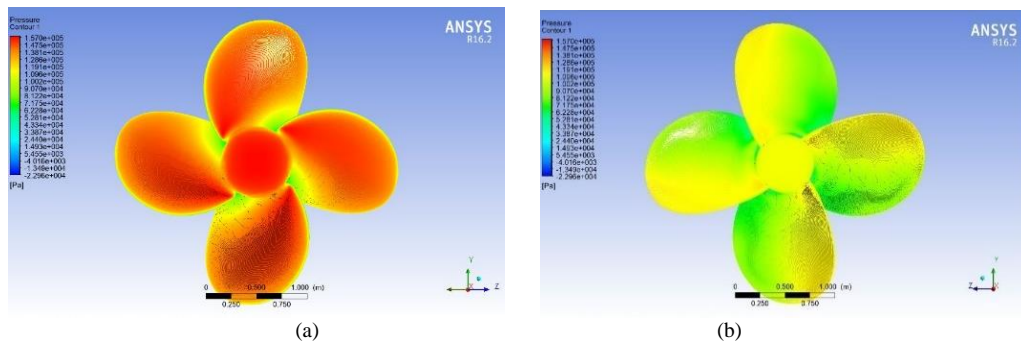
Gambar 9. Grafik Hubungan Static Pressure Dan Rake

Tabel 9. Hasil Perhitungan Velocity

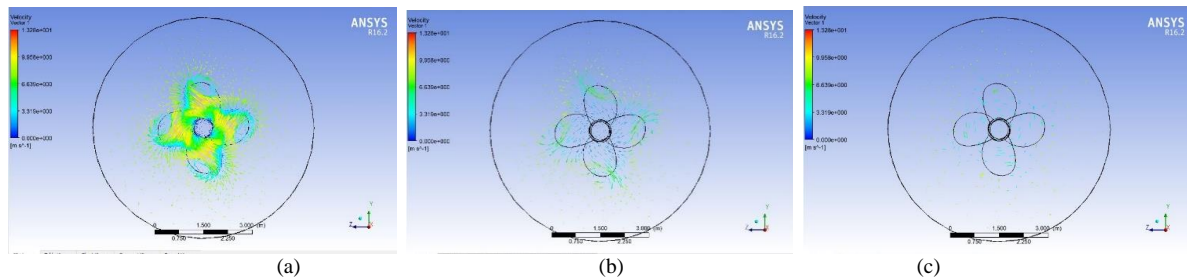
Rake (°)	Velocity (m/s)	
	Skew 12°	Skew 22°
-3	6,28	6,26
-2	6,33	5,23
-1	6,46	6,46
0	6,39	6,39
5	6,47	6,49
10	<b>6,65</b>	<b>6,59</b>
15	6,11	6,15



Gambar 10. Grafik Hubungan Velocity Dan Rake



Gambar 11. *Static Pressure Contour* Pada *Propeller Rake* 15° *Skew* 12° (a) *Face* (b) *Back* Dan Posisi *Plane* (c) 0,3 m (d) 0,7 m (e) 1,4 m



Gambar 12. *Velocity Vector* Pada *Propeller Rake* 15° *Skew* 12° Posisi *Plane* (a) 0,3 m (b) 0,7 m (c) 1,4 m

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan analisa dan pembahasan penelitian *propeller* dengan variasi sudut *rake* dan *skew* berpengaruh terhadap performa *propeller* dengan keadaan *open water test*. Hasil simulasi 14 model *propeller* mendapatkan efisiensi tertinggi pada *propeller rake* 0° *skew* 12° sebesar 0,738 dan efisiensi tertinggi pada *propeller rake* -1° *skew* 22° sebesar 0,722.

Penelitian ini tidak lepas dari kekurangan yang dapat diperbaiki untuk penelitian selanjutnya. Dalam penelitian selanjutnya dapat memperhatikan kembali kualitas *meshing*, *domain condition* dan *boundary condition* yang sesuai untuk mendapatkan nilai *error thrust* dan *torque* lebih akurat. Selain itu, penelitian selanjutnya dapat menganalisa aliran fluida tanpa mengabaikan aliran fluida dari lambung.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. A. Elghorab, A. Abou El-Azm Aly, A. S. Elwetedy, dan M. A. Kotb. (2013). *Open Water Performance Marine Propellers Using CFD*. Research Gate, India.
- [2] Wisnu C. A., Irfan S. dan Surjo W. A. (2015). *Analisa Pengaruh Variasi Sudut Rake Propeller B-Series Terhadap Aliran Fluida Dengan Metode CFD*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember : POMITS

“Halaman ini sengaja dikosongkan”