

ANALISA UNJUK KERJA PROPELLER TYPE MAU PADA KAPAL PERINTIS 2000 GT DENGAN VARIASI SUDUT SKEW DAN SUDUT RAKE MENGGUNAKAN METODE CFD

Jala Artha Akbar K¹⁾, Ir. Muhammad Muhadi Eko P, M.MT²⁾, Abdul Gafur, S.T., M.T³⁾

D4 Teknik Permesinan Kapal, Teknik Permesinan Kapal, Polteknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia ¹⁾

D4 Manajemen Bisnis, Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia ²⁾

D4 Teknik Permesinan Kapal, Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia ³⁾

E-mail : arthajala@gmail.com¹⁾ ; udbatuaji@gmail.com²⁾ ; abdul.gafur10@mhs.ne.its.ac.id³⁾

Abstract - The construction of new ships has many aspects to be considered, one of which is the aspect of planning in the field of propulsion system. The Aspect of the propulsion system includes propeller design planning. Propeller is one of the important aspects that must be properly planned so that the ship can reach the maximum speed. Speed on the ship is inseparable from the good propeller design in order to get maximum performance from the ship propeller movement. The purpose of this research is to know the maximum propeller performance from 24 models of MAU type propeller variation with variable of skew angle variation and rake angle. The calculation of Ship resistance is 105,705 KN. The results of this study shows a propeller model with a skew angle variation of 45 ° and rake angle 0 ° has the highest thrust value of 119,447 KN. The lowest torque value is generated on the propeller model with a skew angle variation of 10 ° and a rake angle of 15 ° at 20.534 KN m. And the highest efficiency value is generated on propeller model with skew angle variation 10 ° and rake angle 0 ° equal to 56,33%. Propeller model that has the maximum performance is a propeller model with skew angle variation of 10 ° and rake angle 0 ° because it has the highest efficiency value that is equal to 56,33%.

Keywords: Propeller MAU, Skew Angle, Rake Angle, Performance

Nomenclature

K_T	koefisien dorong
K_Q	koefisien torsi
J	koefisien <i>advanced</i>
V_a	kecepatan <i>advanced</i> (m/s)
D	diameter (m)
n	putaran (rps)
T	gaya dorong (N)
Q	torsi (Nm)
η_o	efisiensi <i>open water</i>

1. PENDAHULUAN

Dalam pembangunan kapal baru banyak aspek yang harus diperhatikan, salah satunya adalah aspek perencanaan dalam bidang sistem propulsi. Aspek sistem propulsi itu sendiri meliputi perencanaan desain propeller. Propeller merupakan salah satu aspek penting yang wajib direncanakan dengan baik agar kapal dapat mencapai kecepatan yang maksimal. Kecepatan pada kapal tidak terlepas dari desain propeller yang baik agar mendapatkan performa propeller yang maksimal dari hasil gerakan propeller kapal.[1]

Beberapa syarat yang perlu diperhatikan pada saat mendesain propeller untuk mendapatkan nilai thrust yang maksimal

seperti jumlah daun propeller, diameter, sudut skew, sudut rake, dan lain sebagainya. Dalam aplikasinya untuk setiap kenaikan jumlah daun propeller, diameter propeller ataupun kenaikan blade area ratio maka nilai thrust akan mengalami kenaikan.[5] Untuk selama ini masih belum ada korelasi antara kenaikan sudut skew dan sudut rake terhadap performa propeller. Melalui pengujian dengan variasi sudut skew dan sudut rake yang dilakukan maka akan diketahui tipe variasi propeller yang menghasilkan performa propeller yang paling maksimal. Seperti pada propeller tipe MAU, berdasarkan hal tersebut maka perlu dilakukannya analisa tentang unjuk kerja performa yang dihasilkan oleh propeller tipe MAU melalui percobaan dengan variasi sudut skew sebesar 10°, 15°, 20°, 25°, 30°, dan 45° serta sudut rake sebesar 0°, 5°, 10°, dan 15° untuk mendapatkan performa propeller yang paling maksimal serta model propeller yang tepat dari variasi propeller dengan persyaratan tersebut.

Pada Tugas Akhir ini akan dilakukan analisa tentang penelitian mengenai unjuk kerja *propeller* untuk mendapatkan performa *propeller* yang maksimal dan serta menentukan model type propeller MAU yang

tepat dengan menggunakan variasi sudut *skew* dan sudut *rake* untuk propeller Kapal Perintis 2000 GT dengan melakukan pendekatan atau simulasi menggunakan CFD (*Computational Fluid Dynamic*). Dengan menggunakan pendekatan metode *Computational Fluid Dynamic* (CFD) dapat memberikan gambaran mengenai distribusi fluida yang terjadi dengan kondisi serta variasi yang telah ditentukan, sehingga dari gambaran tersebut dapat dianalisa mengenai aliran fluida pada *propeller* tersebut.[5]

2. METODOLOGI

2.1 Studi Literatur

Tahap ini dilakukan untuk pengumpulan teori-teori yang berhubungan dengan penelitian ini yang nantinya akan digunakan sebagai acuan pengerjaan penelitian ini. Dalam penelitian ini kumpulan teori yang digunakan berkaitan dengan *propeller* khususnya dalam pembahasan performa *propeller* dengan variasi sudut *skew* dan sudut *rake*.

2.2 Rumusan Masalah

Tahap ini merupakan tahap gagasan yang akan dibahas pada penelitian ini. Rumusan masalah menjadi aspek yang paling penting dalam pembahasan dan analisa berdasarkan data yang ada.

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 dibawah ini

Tabel 1. Spesifikasi Propeller

Jenis	FPP MAU-Series
Tipe	4.70
Rotation	Right
Diameter	1790 mm
Pitch	1360 mm
Jumlah daun	4
Putaran	424 rpm
A₁/A₀	0,70
Sudut rake	10°
P/D	0,759

2.4 Pemodelan Propeller

Pemodelan *propeller* dilakukan dengan bantuan *software PropCad* untuk mendapatkan geometri 3D *propeller* dan *SolidWork* untuk penggambaran 3D *propeller*. [2]

2.5 Analisa dan Pembahasan

Secara garis besar langkah – langkah simulasi numerik pada *solver* ini dibagi menjadi beberapa tahapan yaitu *Geometry*, *Mesh*, *Setup*, *Solution* dan *Result*. Membandingkan 24 model *propeller Type MAU* dengan variasi sudut *skew* sebesar 10°, 15°, 20°, 25°, 30°, dan 45° serta sudut *rake* sebesar 0°, 5°, 10°, dan 15° untuk mendapatkan performa *propeller* yang paling maksimal serta model *propeller* yang tepat dari variasi *propeller* tersebut.

2.6 Karakteristik Propeller

Secara umum karakteristik *propeller* kapal pada kondisi *open water test* adalah seperti yang direpresentasikan pada diagram KT-KQ-J.[1] Setiap tipe dari masing – masing *propeller* kapal, memiliki karakteristik kurva kinerja yang berbeda. Sehingga kajian terhadap karakteristik *propeller* kapal tidak dapat disamakan untuk keseluruhan bentuk atau tipe dari *propeller*. Model persamaan untuk karakteristik kinerja baling – baling kapal adalah sebagai berikut:

$$K_T = \frac{T_{prop}}{\rho \times n^2 \times D^4} \dots \dots \dots (1)$$

$$K_Q = \frac{Q_{prop}}{\rho \times n^2 \times D^5} \dots \dots \dots (2)$$

$$J = \frac{Va}{n \times D} \dots \dots \dots (3)$$

$$\eta_o = \frac{T \times Va}{2 \times \pi \times n \times Q} \dots \dots \dots (4)$$

2.7 Kesimpulan dan Saran

Pada tahap kesimpulan diambil untuk mendapatkan desain *propeller* yang memiliki nilai thrust paling optimal untuk kapal perintis 2000 GT milik PT. Orela Shipyard. Saran dimasukkan untuk melakukan penelitian dengan objek penelitian yang lebih luas dan sebagai bahan pertimbangan serta referensi kepada perusahaan untuk dapat diaplikasikan pada sistem propulsi lain yang memiliki keidentikan.

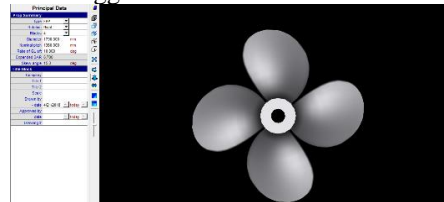
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Perhitungan Tahanan Kapal

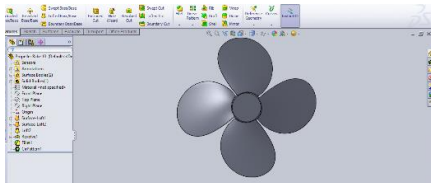
Pada tahap ini dilakukan untuk mengetahui nilai tahanan kapal. Dari perhitungan tahanan kapal dengan menggunakan metode holtrop, tahanan total kapal yang dihasilkan sebesar 105,705 KN.

3.2 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*.



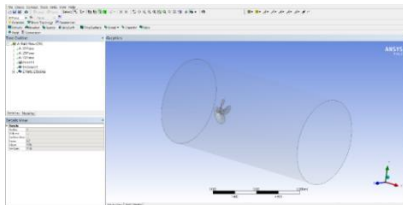
Gambar 1. Pemodelan *Propeller* dengan *Propcad*



Gambar 2. Pemodelan Propeller dengan Solidwork

3.3 Tahap Geometri

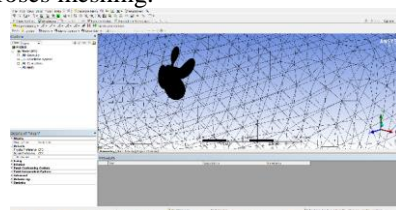
Pada tahap geometri adalah sebuah tahap awal untuk pengecekan bentuk propeller solid atau tidaknya model yang telah dibuat. Pada tahap pembuatan domain fluid perintah yang digunakan adalah *file > import external geometry file > enter file model > OK > generate*. Jika model propeller sudah berbentuk solid maka akan muncul tanda balok., Pada tahap awal pilih sumbu yang akan digunakan yaitu sumbu x kemudian masukkan ukurannya sesuai domain fluida yang telah tersedia. Seperti yang ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 3. Tahap Geometri

3.4 Tahap Mesh

Setelah domain fluida telah terbentuk tahap selanjutnya yaitu tahap *meshing* pada model. Untuk itu terlebih dahulu menentukan ukuran element *meshing* yang akan digunakan pada model *propeller*. Namun perlu diingat bahwa semakin kecil ukuran element *meshing* yang digunakan semakin kecil maka element yang dihasilkan akan semakin banyak sehingga waktu yang digunakan pada saat *running* akan semakin lama dan akan menghasilkan kapasitas file yang makin besar juga. Berikut adalah gambar pada tahap proses *meshing*.

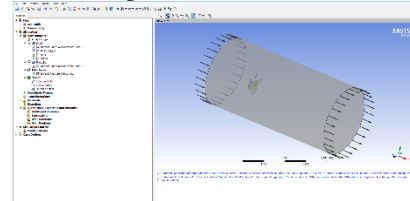


Gambar 4. Tahap Mesh

3.5 Tahap Set Up

Tahap *Set Up* adalah tahapan yang dilakukan setelah tahapan *meshing* berhasil. Tahap *set up* merupakan tahapan yang berkaitan tentang penentuan hal – hal yang berkaitan dengan inputan maupun outputan pada simulasi yang akan dilakukan. Tahap set up ini yang digunakan untuk memvalidasikan hasil uji coba *propeller* dengan perhitungan CFD dan perhitungan manual yang kemudian set up ini akan diadopsi untuk pengujian variasi propeller. Untuk *Analysis Type* yang digunakan adalah *transient*. Dalam penelitian ini dibagi menjadi 2 domain yaitu *fluid*

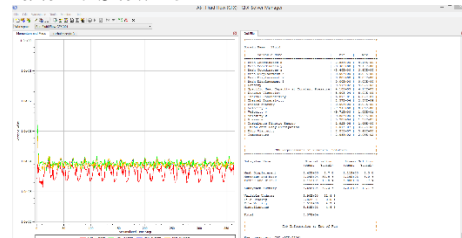
dan *propeller*. *Fluid* merupakan domain aliran fluida yang dikondisikan sesuai dengan inputan. Domain fluid terdapat 3 sub domain yaitu *fluid default*, *inlet* dan *outlet*. *Propeller* merupakan domain *propeller* yang solid dengan dengan inputan yang sesuai. Berikut domain *condition propeller* yang dikondisikan pada gambar. Inputan dalam domain *condition* pada *propeller* yaitu putaran 424 rpm.



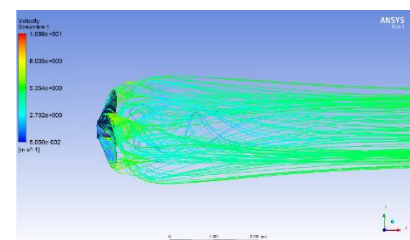
Gambar 5. Tahap Set Up

3.6 Tahap Solution dan Result

Tahap *setup* selesai dilakukan, tahap selanjutnya adalah *solution*. Dalam tahap ini perhitungan *running* dilakukan berupa iterasi dari persamaan dasar CFD. Residual target RMS yang dicapai yaitu 1×10^{-4} . Kondisi saat mencapai residual target RMS disebut *convergen*. Secara otomatis hasil *runing* dari akan berhenti dan selesai. Tahap akhir yaitu tahap *result* dimana mendapatkan hasil yang dapat disimulasikan baik 2D ataupun 3D. Pada tahap ini diperoleh bentuk aliran fluida dari *propeller*. Nilai *thrust* diperoleh sebesar 100,196 KN dan nilai *torque* sebesar 21,861 KN m dari hasil simulasi *propeller MAU 4.70 Rake 10 Skew 15*



Gambar 6. Residual RMS



Gambar 7. Result

3.7 Validasi Propeller

Pada penelitian ini untuk memvalidasi hasil dari uji model, menggunakan perhitungan manual nilai *thrust* dan *torque* dengan perhitungan nilai *thrust* dan *torque* yang dihasilkan dari proses simulasi. Validasi digunakan untuk menentukan *boundary condition* yang tepat untuk digunakan pada *boundary condition* pada saat menganalisa 24 model *propeller* dengan menggunakan *software* berbasis CFD. Acuan validasi untuk *propeller*

menggunakan grafik KT-KQ-J MAU Series propeller dengan pengujian propeller MAU Series yaitu propeller yang digunakan tipe MAU4-70 series. Adapun maksimal error untuk validasi antara CFD dengan uji hasil perhitungan KT-KQ-J sebesar 15 %.

Tabel 2. Validasi Nilai Thrust

Hasil Thrust Perhitungan Manual (KN)	Hasil Thrust Simulasi CFD (KN)	Error (%)
104,44	100,196	4%

Tabel 3. Validasi Nilai Torque

Hasil Torque Perhitungan Manual (KN m)	Hasil Torque Simulasi CFD (KN m)	Error (%)
23,982	21,861	9%

3.8 Hasil Simulasi

Hasil dari simulasi ini hanya membandingkan model variasi propeller dengan variabel sudut skew sebesar 10°, 15°, 20°, 25°, 30°, dan 45° serta sudut rake sebesar 0°, 5°, 10°, dan 15°. Dari hasil simulasi ini untuk mendapatkan model propeller yang memiliki performa paling maksimal dari 24 model variasi propeller.

Tabel 4. Hasil Simulasi CFD Skew 10°

Rake	Skew 10°		
	Thrust (KN)	Torque (KNm)	Efficiency (%)
0°	108,162	23,320	56.33
5°	103,905	22,426	56.27
10°	98,913	21,418	56.09
15°	94,496	20,534	55.89

Tabel 5. Hasil Simulasi CFD 15°

Rake	Skew 15°		
	Thrust (KN)	Torque (KNm)	Efficiency (%)
0°	109,530	23,750	56.01
5°	105,296	22,894	55.86
10°	100,196	21,861	55.66
15°	96,612	21,328	55.02

Tabel 6. Hasil Simulasi CFD 20°

Rake	Skew 20°		
	Thrust (KN)	Torque (KNm)	Efficiency (%)
0°	110,915	24,153	55.77
5°	106,797	23,331	55.59
10°	103,538	22,861	55.01
15°	97,449	21,763	54.38

Tabel 7. Hasil Simulasi CFD 25°

Rake	Skew 25°		
	Thrust (KN)	Torque (KNm)	Efficiency (%)
0°	112,813	24,581	55.74
5°	108,079	23,683	55.42
10°	104,971	23,398	54.49
15°	98,712	22,143	54.14

Tabel 8. Hasil Simulasi CFD 30°

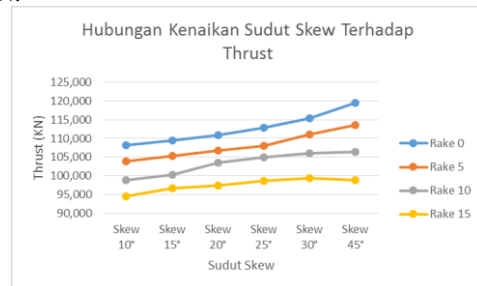
Rake	Skew 30°		
	Thrust (KN)	Torque (KNm)	Efficiency (%)
0°	115,339	25,540	54.85
5°	111,015	24,722	54.54
10°	105,980	23,769	54.15
15°	99,293	22,468	53.67

Tabel 9. Hasil Simulasi CFD 45°

Rake	Skew 45°		
	Thrust (KN)	Torque (KNm)	Efficiency (%)
0°	119,447	26,804	54.12
5°	113,605	25,703	53.68
10°	106,303	24,205	53.34
15°	98,880	22,563	53.22

3.8.1 Hubungan Antara Variasi Sudut Skew Terhadap Thrust

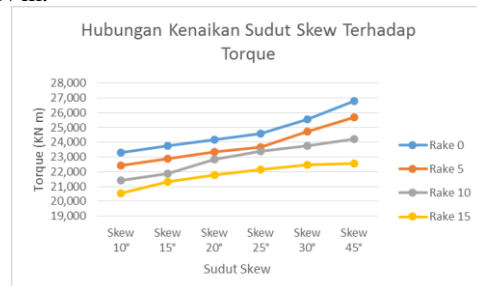
Dari hasil data pada grafik dibawah menunjukkan setiap kenaikan sudut skew terhadap sudut rake tetap maka nilai thrust propeller yang dihasilkan akan mengalami kenaikan setiap kenaikan sudutnya sedangkan setiap kenaikan sudut rake terhadap sudut skew tetap maka nilai thrust propeller yang dihasilkan akan mengalami penurunan setiap kenaikan sudutnya. Nilai thrust tertinggi pada sudut skew 45° dengan sudut rake 0° sebesar 119,447 KN sedangkan untuk nilai thrust terendah pada sudut skew 10° dengan sudut rake 15° sebesar 94,496 KN.



Gambar 8. Hubungan Kenaikan Sudut Skew Terhadap Thrust

3.8.2 Hubungan Antara Variasi Sudut Skew Terhadap Torque

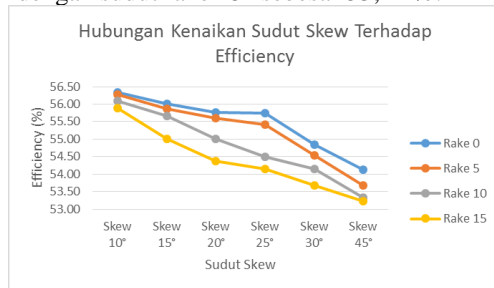
Dari hasil data pada grafik dibawah menunjukkan setiap kenaikan sudut skew terhadap sudut rake tetap maka nilai torque propeller yang dihasilkan akan mengalami kenaikan setiap kenaikan sudutnya sedangkan setiap kenaikan sudut rake terhadap sudut skew tetap maka nilai torque propeller yang dihasilkan akan mengalami penurunan setiap kenaikan sudutnya. Nilai torque tertinggi pada sudut skew 45° dengan sudut rake 0° sebesar 26,804 KN m sedangkan untuk nilai torque terendah pada sudut skew 10° dengan sudut rake 15° sebesar 20,534 KN m.



Gambar 9. Hubungan Kenaikan Sudut Skew Terhadap Torque

3.8.3 Hubungan Antara Variasi Sudut Skew Terhadap Efficiency

Dari hasil data pada grafik diatas menunjukkan setiap kenaikan sudut *skew* terhadap sudut *rake* tetap maupun kenaikan sudut *rake* terhadap sudut *skew* tetap maka nilai *efficiency propeller* yang dihasilkan akan mengalami penurunan setiap kenaikannya. Nilai *efficiency* tertinggi pada sudut *skew* 10° dengan sudut *rake* 0° sebesar 56,33 % sedangkan untuk nilai *efficiency* terendah pada sudut *skew* 45° dengan sudut *rake* 15° sebesar 53,22 %.



Gambar 10. Hubungan Kenaikan Sudut *Skew* Terhadap *Efficiency*

4. Kesimpulan dan Saran

1. Dari perhitungan tahanan kapal menggunakan metode holtrop, tahanan kapal yang dihasilkan sebesar 105,705 KN.
2. Dari 24 model variasi, setiap kenaikan sudut *skew* propeller maka thrust propeller yang dihasilkan mengalami kenaikan dan thrust terbesar dihasilkan oleh variasi propeller dengan sudut *skew* 45° dan sudut *rake* 0° sebesar 119,447 KN sedangkan setiap kenaikan sudut *rake* propeller maka thrust propeller yang dihasilkan mengalami penurunan dan thrust terkecil dihasilkan oleh variasi propeller dengan sudut *skew* 10° dan sudut *rake* 15° sebesar 94,496 KN.
3. Setiap kenaikan *skew* propeller maka torque propeller yang dihasilkan akan mengalami kenaikan dan torque terbesar dihasilkan oleh variasi propeller dengan sudut *skew* 45° dan sudut *rake* 0° sebesar 26,804 KN m sedangkan setiap kenaikan sudut *rake* propeller maka torque yang dihasilkan akan mengalami penurunan dan torque terkecil dihasilkan oleh variasi propeller dengan sudut *skew* 10° dan sudut *rake* 15° sebesar 20,534 KN m.
4. Setiap kenaikan sudut *skew* maupun sudut *rake* maka *efficiency* yang dihasilkan akan mengalami penurunan dan *efficiency* terbesar dihasilkan oleh variasi propeller dengan sudut *skew* 10° dan sudut *rake* 0° sebesar 56,33% sedangkan *efficiency* terendah dihasilkan oleh variasi propeller dengan

sudut *skew* 45° dan sudut *rake* 15° sebesar 53,22%.

5. Propeller yang menghasilkan performa paling maksimal adalah propeller yang memiliki variasi sudut *skew* 10° dan sudut *rake* 0°, karena memiliki nilai *efficiency* tertinggi sebesar 56,33%.

5. Daftar Pustaka

- [1] Gagah P. W., Deddy C. dan B. Arswendo.(2017) **Analisa Nilai Thrust Optimum Propeller B4-70, Ka4-70 Dan Au4-59 Pada Kapal Tugboat Pelabuhan Paket-Ii 2x1850hp Dengan Variasi Sudut Rake Menggunakan CFD.** Universitas Diponegoro, Semarang.
- [2] Herbet S, Andi T. dan G. Rindo. (2015). **Analisa Nilai Maximum Thrust Propeller B-Series Dan Kaplan Series Pada Kapal Tugboat Ari 400 HP Dengan Variasi Diameter, Jumlah Daun, Sudut Rake Dengan Metode CFD.** Universitas Diponegoro, Semarang.
- [3] Lewis, E.V. (1989). **Principles of naval architecture. Edition: 2nd revision.** Society of Naval Architects and Marine Engineers, 1988-89, Vol. 2.
- [4] 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.
- [5] Rizkhal H.W., Irfan S. dan Amiadji M.M. (2016). **Analisa Pengaruh Skew Angle Terhadap Performa Propeller Dengan Pendekatan CFD.** Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- [6] Senthil P. dan Deepthi R Nath. (2015). **A Computational Method for Determination of Open Water Performance of a Marine Propeller.** International Journal of Computer Applications.
- [7] W.Adji, Surjo. 2005. **Engine Propeller Matching.** Surabaya
- [8] 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, Surabaya

“Halaman ini sengaja dikosongkan”