

Analisis Karakteristik dan *Engine Propeller Matching* Pada *Propeller Au5-80* Dengan Variasi Sudut *Skew* Pada Kapal *Kriso Container Ship (KCS)* 230m

Riky Dwi Wicaksono ^{1*}, Agung Purwana ^{2*}, Benedicta Dian Alfanda ^{3*}

Program Studi D-IV Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111, Indonesia^{1*2*}

Program Studi D-III Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111, Indonesia^{3*}

Email: rikydwi24@student.ppns.ac.id^{1*}; agung_purwana@ppns.ac.id^{2*}; benedictadian@ppns.ac.id^{3*}

Abstract - Container ships play a crucial role in maritime transportation, particularly in inter-island logistics. A notable example of a contemporary container vessel is the Kriso Ship (KCS), which was designed in 1997. This vessel employs a propulsion system known as a propulsor, which may be classified as either mechanical or non-mechanical. Among the mechanical propulsion systems, the propeller is widely utilized. The MAU propeller, which originated in Japan, is one of the variants commonly found on container ships. When choosing a propeller, it is essential to evaluate factors such as thrust, torque, and efficiency, typically assessed using the KT-KQ-J diagram during open-water trials. Each propeller possesses distinct attributes, warranting in-depth investigation. Adjusting the skew angle of the propeller can influence its thrust, torque, and efficiency. Research indicates that the optimal skew angle for the AU5-80 propeller is 35°, as this configuration yields the highest efficiency. The findings from this study can serve as valuable guidance for students and shipyards in the selection of propellers

Keyword: AU5-80 propeller, Computational Fluid Dynamics (CFD), Engine Propeller Matching (EPM), Skew Angle

Nomenclature

A_e/A_o	= Blade area ratio
D_{max}	= Diameter propeller maksimal (m)
J	= Advance coefficient
Z	= Jumlah Blade
R_n	= Reynolds Number (m/s ²)
B	= Breadth
P/D	= Pitch diameter ratio
H	= Depth
CFD	= Computational Fluid Dynamics
CT	= Koefisien gesekan friksional
PT	= Gaya dorong (kW)
CR	= Koefisien tahanan gelombang
Pe	= Daya efektif (kW)
kn	= Knot
Kn	= Kilonewton
Kq	= Torque coefficient
KT	= Thrust coefficient
LPP	= Length Parpendicular
n	= Putaran propeller (rps)
P	= Daya Mesin (W)
Q	= Torque (Nm)
R	= Resistance (N)
T	= Thrust (Kn)
t	= Thrust deduction factor
W	= Wake
RT	= Kecepatan Dinas (Knots)

1. PENDAHULUAN

Salah satu metode transportasi air adalah kapal container [1]. Transportasi sebenarnya diperlukan untuk sarana yang dapat menghubungkan pulau yang terpisah oleh

suatu perairan. Jenis kapal tersebut adalah Kriso Container Ship (KCS), yang ditemukan pada website “MOERI”, dan dibangun pada tahun 1997. Pada kapal ini memiliki pitch pada skala rancangan statis penuh dan tanpa trim. Sebaliknya, data tahanan total dari Kriso Container Ship (KCS) yang didapatkan melalui tes towing tank [2].

Tahun 1957 propeller tipe AU Series berkembang terutama berkaitan dengan efisiensi propeller [3]. Seri AU adalah propeller yang saling berkaitan dengan Seri B Wageningen, di Jepang untuk seri ini belum cukup terkenal [4]. Beberapa dari perusahaan menggunakan jenis ini supaya sesuai kebutuhan sistem propulsi kapal container, kapal kargo, dan kapal tangker [5].

Sumber Daya Poros (PS) disalurkan (PD) menuju alat gerak kapal, sementara Daya Rem (PB) adalah daya luaran motor penggerak kapal [6]. Suatu proses desain dari karakteristik, power atau torque dan propeller yang direpresentasikan secara grafik adalah Engine propeller matching (EPM) adalah [7]

Modifikasi sudut skew dapat mempengaruhi beberapa hal, antara lain dalam penelitian yang dilakukan [8]. Kondisi yang mempengaruhi tekanan sudut dan skew bisa merusak fluida, sehingga perancangan pada propeller mengurangi tekanan, sudut skew dapat beban ditingkatkan.[9]. Menurut [10], propeller Au series optimum pada sudut skew 35°, saya menggunakan beberapa sudut skew 25°,35°,45°

untuk menentukan perfoma propeller tersebut.

Studi ini menggunakan Computational Fluid Dynamic (CFD) untuk meneliti perubahan perfoma yang terjadi selama proses desain seri AU kapal Kreso Container Ship (KCS). CFD menggambarkan distribusi fluida pada kondisi modifikasi sudut skew yang telah di desain, yaitu 25°, 35°, dan 45°, yang memungkinkan analisis gambar. Batasan masalah yang dianalisis adalah bahwa pada propeller yang dievaluasi dari seri AU, memiliki jumlah blade 5, dan untuk simulasi memiliki rasio 80 pada kapal kontainer. Studi ini bertujuan agar mengetahui kinerja dari propeller.

2. METODOLOGI .

Alur kerja dari pengerjaan Tugas Akhir yang digunakan oleh penulis ditunjukkan dibawah ini,

2.1 Identifikasi dan Perumusan Masalah

Perumusan masalah yang dikasi penelitian analisis karakteristik dan engine matching pada modifikasi dari sudut skew propeller AU5-80 untuk mendapatkan nilai dengan efesien tinggi, di kapal KCS.

2.2 Pengumpulan Data

Data yang dipakai bersumber dari jurnal propeller AU5-80. Data yang diperoleh antara lain diameter, jumlah blade, Pitch, dan data tahanan kapal KCS. Berikut merupakan data utama propeller yang dipakai

Tabel 1 Data utama *propeller*

Type <i>propeller</i>	AU5-80
Diameter (m)	0.250
Boss Raito	0.180
Exp. Area Ratio	0.800
Blade number	5
Angle of Rake	10°

2.3 Pembuatan *Propeller 3D Modelling* dan Variasi

Model *propeller* dibuat menggunakan *software CAD*. Pembuatan *propeller* sesuai batasan permasalahan sudah ditetapkan pada awal, antara lain :

1. *Propeller* jenis AU 5 – 80
2. Diamter *propeller full sclae* 7,9 m
3. $P/D = 1$
4. Exp Area Ration = 0,8
5. Variasi skew 25, skew 35, dan skew 45

Secara umum *propeller* karakteristik saat pengujian. Dengan kondisi, ditunjukkan diagram $K_T - K_Q$. Grafik $K_T - K_Q$ ditunjukkan pada gambar 2 dibawah ini,

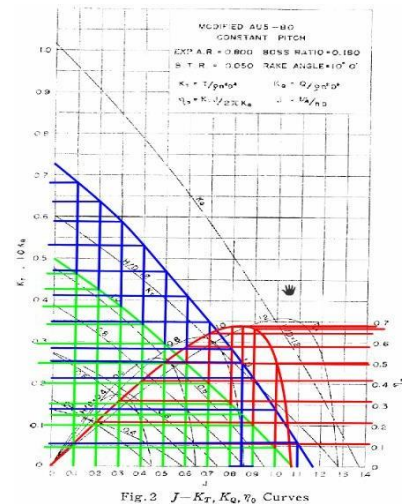


Fig. 2 $J - K_T, K_Q, \eta$ Curves

Gambar 1 Grafik *Open Water* $K_T - K_Q - J$

Perhitungan nilai *thrust* dan *torque* untuk mengetahui persentase *error thrust* dan *torque* dari hasil simulasi CFD. Validasi dilakukan dengan dibandingkan antara nilai dari *thrust* dan *torque* hasil simulasi. Nilai *error%* *thrust* dan *torque* <10%. Rumus model persamaan dalam karakteristik *propeller* sebagai berikut,

1. *Wake Friction* (W)
 $W = 0,55 C_b - 0,20$
2. *Speed Advanced* (V_a)
 $V_a = (1-w) \times V_s$
3. $K_T - K_Q - J$
 $j = \frac{V_a}{nD}$
4. *Thrust*
 $T = K_T \times \rho \times n^2 \times D^4$
5. *Torque*
 $Q = K_Q \times \rho \times n^2 \times D^5$
6. *Efisiensi*
 $\eta = \frac{K_T}{K_Q} \times \frac{j}{2\pi}$
7. *Error thrust dan torque*
 $\frac{T_{simulasi} - T_{perhitungan}}{T_{perhitungan}} \times 100\%$

2.4 Simulasi CFD

Pada tahap simulasi dilakukan bersamaan pada domain sama. Selanjutnya input dari simulasi ini adalah kecepatan *propeller* yang disimulasikan serta nilai K_T, K_Q, J dari diagram *open water*, kemudian diolah untuk menentukan nilai sudut *propeller* yang optimum untuk kapal KCS.

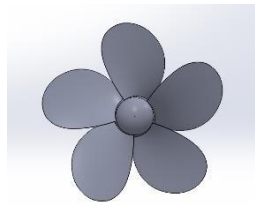
2.5 Validasi

Tahap selanjutnya merupakan validasi pada perhitungan *model scale* ke *full scale* dengan diagram hasil demgan target nilai *error* <10%.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Penggambaran *Propeller 3D*

Model dari penggambaran *propeller* dibuat pada simulasi melalui pemodelan menggunakan *software*. Berikut merupakan hasil penggambaran yang telah dirancang.



Gambar 2 Desain *propeller* 3D

Proses perancangan selesai, selanjutnya dilakukan uji simulasi untuk menciptakan kondisi batas daerah *boundary condition* pada *Domain Stasioner* (Tetap) dan *Domain Rotary* (Berputar) dengan kecepatan *Anvancing speed* (V_a). Pada domain sangat dipengaruhi oleh perputaran *propeller*. Tahap dalam melakukan proses simulasi antara lain pembuatan *geometry*, *meshing*, *set-up*, *solution*, *result*.

Tahap selanjutnya adalah *result* dimana tahap terakhir simulasi dalam mendapatkan hasil *torque* dan *thrust* *propeller* AU5-80 variasi *skew* 25, 35, dan 45 pada kondisi yang sudah ditetapkan.

Setelah tahap *result*, kemudian perlu validasi pada performa atau kecepatan fluida *propeller*, dibutuhkan dalam perbandingan antara hasil dari simulasi serta perhitungan performance *propeller* acuan data dari nilai K_t , K_q , η pada jurnal dan nilai *error* agar $< 10\%$.

1. $T = K_T \times \rho \times n^2 \times D^4$
 $T = 0,1259 \times 1025 \times (1,84)^2 \times (7,9)^4$
 $T = 1680204,31 \text{ N}$
 $T = 1680,20 \text{ Kn}$
2. $Q = K_Q \times \rho \times n^2 \times D^5$
 $Q = 0,0251 \times 1025 \times (1,84)^2 \times (7,9)^5$
 $Q = 2654722,803 \text{ Nm}$
 $Q = 2654,72 \text{ Kn}$

Pada persamaan yang tertera diatas, hasil untuk perhitungan dan perbandingan simulasi yang dilihat pada table 2,

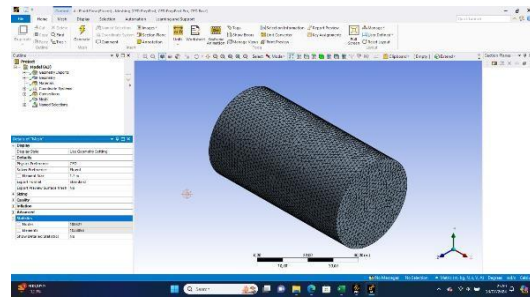
Tabel 2 Hasil perhitungan nilai *thrust* dan *torque* dari variasi *skew* standard

J	Thrust (N)		Torque (Nm)		Error%	
	Calculation	Simulation	Calculation	Simulation	Thrust	Torque
0,5	3967711,37	4103278,20	5021584,10	5029647,20	3,4%	0,2%
0,6	3319921,76	3436862,70	4371230,32	4332905,80	3,5%	0,9%
0,85	1680204,31	1664814,40	2654722,80	2416357,60	-0,9%	-9,0%
					6%	-8%

Berdasarkan table 2 perhitungan diatas nilai *error* dari hasil simulasi dan perhitungan manual dengan nilai *error* kurang dari 10%.

3.2 Hasil Meshing

Selanjutnya merupakan hasil meshing pada simulasi menggunakan *software Ansys* dengan *skew* standard pada gambar 4.



Gambar 3 Hasil meshing pada simulasi

Pada gambar 4 merupakan hasil meshing saat melakukan simulasi menggunakan *software Ansys*, simulasi menggunakan total *element* sebanyak 1300000 untuk mendapatkan nilai *error* lebih kecil.

3.3 Pemilihan Engine

Pada pemilihan *engine* didapatkan dari hasil perhitungan daya sebesar 47817,4 kW sehingga untuk pemilihan menggunakan spesifikasi mesin Sulzer SRTA84C, 2 *strokes* total daya sebesar 48600 kW dengan kecepatan sebesar 102 Rpm.

3.4 Kavitasi

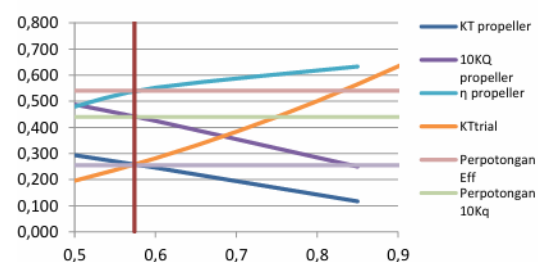
Kondisi dalam batasan kavitasi *propeller* AU5-80 *skew* standard dihitung menggunakan rumus berikut :

$$\begin{aligned}
 1 \quad \sigma_{0,7R} &= \frac{188,2 + 19,62 h}{V_a^2 \times 4,83 \pi^2 \times D^2} \\
 2 \quad V_r^2 &= V_a^2 + (0,7 \pi n D)^2 \\
 3 \quad A_0 &= \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 \\
 4 \quad A_p &= \frac{(1,067 - 0,229 \times \frac{P}{D})}{A_d} \\
 5 \quad \tau_c &= \frac{T}{\frac{1}{2} \times \rho \times V_r^2 \times A_p}
 \end{aligned}$$

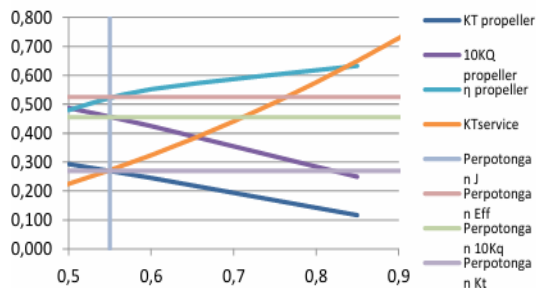
Syarat tidak kavitasi adalah nilai ($\tau_c \text{ burril} > \tau_c \text{ cal}$), Pada *propeller skew* standard didapatkan hasil $\tau_c \text{ burril}$ 0,1359 dan $\tau_c \text{ cal}$ 0,016 sehingga tidak terjadi kavitasi.

3.5 Engine Propeller Matching

Pada grafik dibawah merupakan hasil dari pembacaan diagram KT-KQ- efisiensi dimana hasil sebelumnya sudah didapatkan,



Gambar 4 Diagram *Clean Hull*



Gambar 5 Diagram Rough Hull

Nilai performa dari kondisi *clean hull* lebih besar dari pada kondisi *rough hull*. Dikarenakan permukaan kasar meningkatkan dari hambatan gesekan lambung kapal dengan air, sehingga diperlukan banyak energi supaya kapal dapat bergerak kecepatan yang sama. Maka lebih banyak energi diperlukan melawan hambatan tambahan, untuk meningkatkan pemakaian bahan bakar.

4. KESIMPULAN

Hasil perhitungan dan analisis, didapatkan kesimpulan simulasi pada *ansys* mendapatkan sudut *skew* optimal *skew* 35 terdapat efesiensi tertinggi pada persentase daya 91,73%, untuk hasilnya *thrust* dan efesiensi semakin meningkat namun pada *skew* 45 mengalami penurunan dengan persentase daya sebesar 90,69%. Untuk *torque* mengalami peningkatan terus.

5. PUSTAKA

- [1] M. Fathonah Muvariz *et al.*, “Studi Perhitungan Tahanan Kapal Kontainer 8500 Dwt,” 2019.
- [2] W. J. Kim, S. H. Van, and D. H. Kim, “Measurement of flows around modern commercial ship models,” *Exp Fluids*, vol. 31, no. 5, pp. 567–578, Nov. 2001, doi: 10.1007/s003480100332.
- [3] M. Takahashi, M. OKu, and M. CFromJSNA, “The Society of Naval Architects of Japan NII-Electronic Library Service The Society of Naval Architects of Japan I. The Cavitation Characteristics of MAU Type Propeller,” 1978.
- [4] John. Carlton, “Marine Propellers and Propulsion,” 2018.
- [5] M. Tadros, M. Ventura, and C. G. Soares, “Design of propeller series optimizing fuel consumption and propeller efficiency,” *J Mar Sci Eng*, vol. 9, no. 11, Nov. 2021, doi: 10.3390/jmse9111226.
- [6] Rakasiwi. F. Kusuma, “Analisis Penggunaan Symmetrical Blade Propeller Pada Kapal Patroli 60m Menggunakan Metode Computational Fluid Dynamics Dengan Validasi Data Uji Open Water Test,” 2020.

- [7] J. B. Woodward, “*Department of Naval Architecture and Marine Engineering*,” 1973.
- [8] A. Trimulyono, P. Manik, and N. Huda, “Pengaruh Penggunaan Energy Saving Device Pada Propeller B4 55 Dengan Metode CFD,” 2013.
- [9] R. Islahan, J. Hasil, K. Ilmiah, A. F. Zakki, and P. Mulyatno, “Jurnal Teknik Perkapalan Analisa Pengaruh Modifikasi Sudut Skew Propeller B5-80 Terhadap Umur Kelelahan Pada Kapal Kriso Container 3600 TEUs,” *Jurnal Teknik Perkapalan*, vol. 8, no. 3, 2020,
- [10] D. Chrismianto, A. F. Zakki, B. Arswendo, I. Abdilla, and C. Abar, “Article ID: IJARET_10_02_061 Cite this Article: Deddy Chrismianto, Ahmad Fauzan Zakki, Berlian Arswendo and Insanu Abdilla Cendikia Abar, Comparison of Propeller Type B-Series and Au- Outline Gawn Series for Improving on Submarine Propulsion Performance using Cfd,” *International Journal of Advanced Research in Engineering and Technology (IJARET)*, vol. 10, no. 2, pp. 647–651,