

Analisis Karakteristik Dan *Engine Propeller Matching* Pada *Propeller* DTMB 4119 Dengan Variasi Jumlah *Blade* Pada Kapal *Combatant* 142 Meter

Veri Junianto^{1*}, Agung Purwana¹, Benedicta Dian Alfanda¹

Program Studi D-IV Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia

Email: verijunianto@student.ppns.ac.id

Abstract - Maritime security issues in the 21st century require a DTMB (David Taylor Model Basin) 5415 combatant ship with complex armament, high speed and efficiency. minimizing energy consumption while generating appropriate power within the warship's desired speed range. Propellers are a major component in warship design. The DTMB 4119 Propeller is selected as a modern type of Propeller because of its suitability for high-speed and high-efficiency ships. This study analyzes thrust, torque, and efficiency with variations in the number of blades. by using modeling software and Computational Fluid Dynamic (CFD) simulation software. Propeller comparison on variations of 3, 4 and 5 blades, to get propeller recommendations with the best results then look for Engine selection and calculate Engine Propeller Matching (EPM). Simulation results, the increasing number of blades with the same area, the greatest thrust and torque values are generated, namely 2302509.3 N and 2633061.6 Nm on 5 blades at J 0.83. Then, the greater the thrust or torque value, the better the propeller performance. For efficiency, the largest value is at 3 blades J 0.83 of 0.735. Then, the greater the thrust or torque value, the better the propeller performance. For efficiency, the largest value is at 3 blades J 0.83 of 0.735. in 4 engines selected with Twin screw 2 engines for speedan 18 kN patrol and 2 engines for a maximum speed of 27 kN.

Keyword: Number of Blades, *Peformance*, Computational Fluid Dynamic (CFD), Engine Propeller Matching (EPM).

Nomenclature

K_T	: Koefisien dorong
K_Q	: Koefisien torsi
J	: Koefisien <i>advanced</i>
V_a	: Kecepatan <i>advanced</i> (m/s)
D	: Diameter <i>propeller</i> (m)
n	: Putaran (rpm)
T	: Gaya dorong / <i>Thrust</i> (N)
Q	: Torsi / <i>Torque</i> (Nm)
η_o	: Efisiensi <i>open water</i>
ρ	: Massa jenis air laut (kg/m ³)
π	: Pi
g	: gravitasi bumi (m/s ²)

1. PENDAHULUAN

Kapal DTMB (David Taylor Model Basin) 5415 dirancang pada tahun 1980an, merupakan desain awal kombatan permukaan Angkatan Laut. Peningkatan efisiensi *propeller* mengurangi kebutuhan daya poros dari desain geometri *propeller* [1]. Perencanaan model yang meminimalkan konsumsi energi sekaligus menghasilkan daya yang sesuai dalam rentang kecepatan yang diinginkan kapal perang [2]. *Propeller* merupakan peralatan yang mengkonversi daya yang dihasilkan main engine (berupa gerak rotasi) menjadi gaya dorong atau thrust yang membuat kapal bergerak. Dengan menambah daun pada *Propeller*, dapat meningkatkan efisiensi dan daya dorong *propeller*. Modifikasi sering dilakukan pada kapal laut untuk meningkatkan performa dan efisiensi bahan bakar. Namun, penting untuk diingat

bahwa modifikasi *propeller* harus dilakukan dengan hati-hati dan oleh ahli yang berpengalaman untuk memastikan keamanan dan kinerja yang optimal [3].

Penelitian ini menganalisis kinerja propeller DTMB 4119 pada kapal DTMB 5415. Tujuannya adalah untuk mengoptimalkan kinerja propeller. Dalam analisis ini, variasi penambahan jumlah blade (3,4 dan 5) dan tipe propeller DTMB 4119 digunakan. Menggunakan perangkat lunak, proses ini dilakukan untuk menghitung hubungan antara jumlah blade dan thrust, torque, dan efisiensi. Peneliti membuat batasan masalah, seperti diameter propeller 6,15 meter, supaya topik tugas akhir tidak terlalu luas. Fokus penelitian adalah propeller, bukan konstruksi support untuk lambung kapal.

2. METODOLOGI

2.1 Pengumpulan Data

Data yang dipergunakan oleh bersumber dari Jurnal dan Penelitian Experiment. Untuk Data propeller dari [4], dan kapal [5].

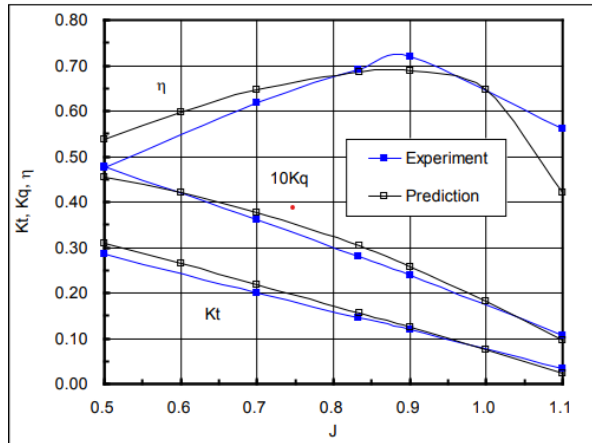
Tabel 1. Data Utama *Propeller* DTMB 4119

Tipe <i>propeller</i>	DTMB 4119
Rotasi	Kanan
Diameter	6,15 mm
Rpm	180
P/D	1,22
<i>Blade area ratio</i>	0,608

Tabel 2. Data Utama Kapal DTMB 5415

Principal Dimension	Full scale	Model Scale
LPP	142 m	5,719 m
LWL	142,218 m	5,726 m
B	19,06 m	0,768 m
T	6,15 m	0,248 m
Fr	0,248	0,248
Cb	0,507	0,507
Cm	0,821	-
Cp	0,61754	-
Lcb	-0,683	-
Vs	15,43 m/s	-
Displacement	8424,4 m ³	0,554 m ³

Karakteristik propeller kapal saat simulasi CFD menggunakan kondisi open water. Di dapat nilai pada tiap titik J pada diagram $K_T - 10K_Q - \eta$ ditunjukkan pada Gambar 1. [4],



Gambar 1. Grafik $K_T - 10K_Q - \eta$

Tujuan dari perhitungan thrust dan torque yang dilakukan secara manual adalah untuk memastikan bahwa *persentase error* (%) yang dihasilkan oleh simulasi CFD valid. Nilai-nilai menunjukkan perbedaan antara perhitungan manual dan nilai simulasi numerik. Nilai thrust dan torque tidak lebih dari error 10%. Model persamaan untuk karakteristik kinerja *propeller* adalah sebagai berikut [6],

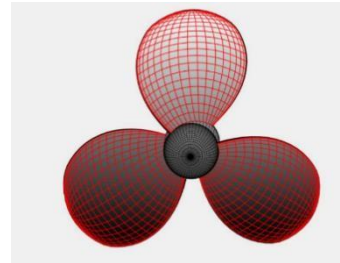
1. J $j = \frac{V_s}{nD}$
2. Thrust $T = K_T \times \rho \times n^2 \times D^4$
3. Torque $Q = K_Q \times \rho \times n^2 \times D^5$
4. Efisiensi $\eta = \frac{K_T J}{K_Q 2\pi}$
5. Error thrust dan torque

$$\frac{T_{simulasi} - T_{perhitungan}}{T_{perhitungan}} \times 100\%$$

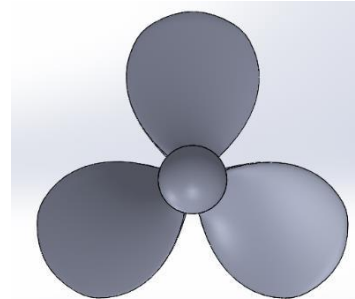
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pemodelan *Propeller*

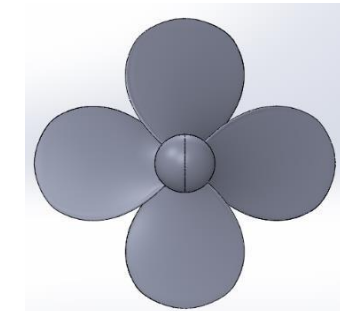
Model *propeller* yang akan dilakukan pada simulasi CFD di desain menggunakan perangkat lunak yakni *Openprop* dan *SolidWork*, seperti pada desain dibawah ini



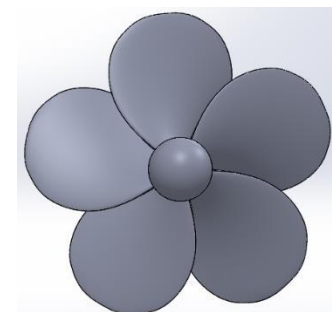
Gambar 2. Desain *propeller* pada *OpenProp Matlab*



Gambar 3. Desain *propeller* 3 blade pada *SolidWork*



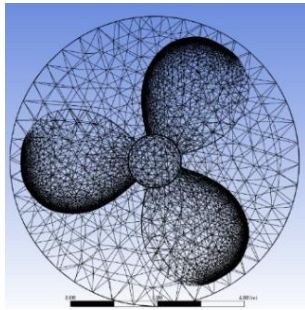
Gambar 4. Desain *propeller* 4 blade pada *SolidWork*



Gambar 5. Desain *propeller* 5 blade pada *SolidWork*

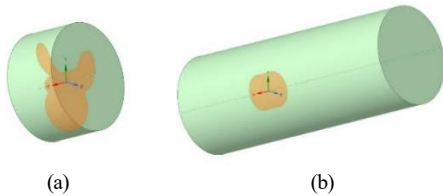
3.2 Geometry dan Set Up

Uji simulasi akan dimulai setelah desain selesai. Ini akan menggunakan batas kondisi pada *domain stasioner* (tetap) dengan kecepatan aliran (V_s) dan *domain rotasi* (berputar). Putaran *propeller* memengaruhi area ini. Pembuatan *geometry*, *meshing*, *setting*, penyelesaian, dan hasil adalah tahapan proses simulasi seperti pada gambar 6 berikut.



Gambar 6. Meshing pada propeller DTMB 4119

Setelah melakukan sejumlah tahap *meshing*, selanjutnya seperti parameter nilai *input geometry* dan *meshing*, proses pengaturan data dengan kondisi batas telah ditentukan.



Gambar 7. (a) setting domain rotary (b) setting domain stasioner

Setelah menyelesaikan *setting* dasar *domain stationary*, langkah berikutnya adalah *setting sub domain inlet, outlet, wall, dan interface*. Untuk kecepatan batas *sub domain inlet*, kecepatan normal diatur dengan memasukkan kecepatan kapal (V_s).

3.3 Validasi pada Propeller

Hasil perhitungan kinerja propeller dengan acuan diagram $K_T - K_Q - J$ propeller DTMB 4119 dengan 3 blade dan nilai error tidak melebihi 10% harus dibandingkan dengan hasil simulasi. Hasil perbandingan antara perhitungan dan simulasi disajikan pada tabel 3 berikut,

Validasi	Perhitungan	Simulasi	Error (%)
Thrust	2007536,8 N	1918990,4 N	4,61
K_T	0,155	0,148	4,61
K_Q	0,0281	0,0266	4,94
Torque	2230308,7 Nm	2105630,2 Nm	4,94

Hasil validasi pada perhitungan dari experiment dan simulasi didapat (*thrust* dan K_T) memiliki nilai *error* 4,61%, sedangkan (*torque* dan K_Q) memiliki nilai *error* 4,94%. Setelah mendapatkan hasil dari tiap variasi, nilai

error (%). Di cari Sebuah *grid independen* dibuat dan ukuran diubah pada *scaled residual* dan *total element* saat *meshing* seperti pada tabel 4.

Tabel 4. Grid independent Test pada scaled residual 1e-04

Total Elemen	Simulasi		Perhitungan		Kenaikan Nilai (%)	
	T	Q	T	Q	T	Q
500000	1865590,2	2065562,4			7,6	8,0
1000000	1918990,4	2125266,2	2007537	2230309	4,6	4,9
2000000	1924520	2105630,2			4,3	5,9

Pada grafik di atas, hasil *grid independen* pada *scaled residual* 1e-04 berdasarkan total elemen. Hasil ini menunjukkan bahwa kenaikan *error* pada semua total elemen memenuhi standar sebesar <10%. Namun, karena terbatasnya mesh pada *Ansys Student* dan spesifikasi *device laptop*, dipilih total elemen 1.000.000. Hasil ini menunjukkan nilai thrust sebesar 4,6% dan nilai torque sebesar 4,9 %.

3.4 Hasil Simulasi

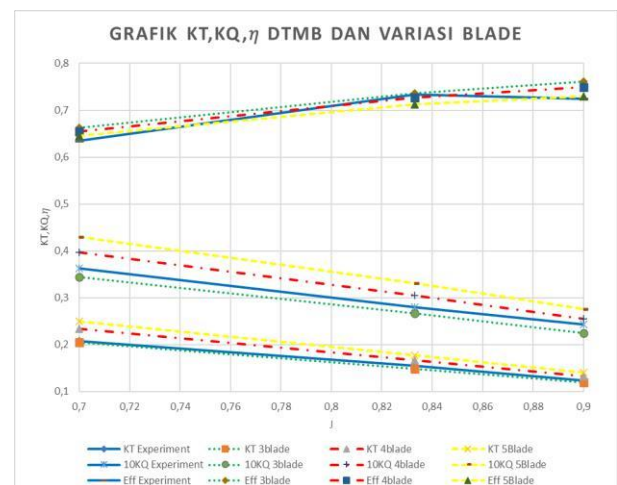
Untuk melihat *thrust*, *torque*, dan *efisiensi* sesuai dengan parameter dan variasi 4 dan 5 blade, simulasi dilakukan. Hasilnya menunjukkan diagram $K_T - K_Q - \eta$ untuk hasil perhitungan tiap variasi :

Tabel 5. Hasil perhitungan nilai K_T tiap variasi blade

J	K_T Experiment	K_T 3blade	K_T 4blade	K_T 5blade
0,7	0,207	0,204	0,233	0,249
0,833	0,155	0,148	0,166	0,177
0,9	0,123	0,119	0,133	0,140

Tabel 6. Hasil perhitungan nilai $10K_Q$ tiap variasi blade

J	$10K_Q$ Experiment	$10K_Q$ 3blade	$10K_Q$ 4blade	$10K_Q$ 5blade
0,7	0,363	0,344	0,397	0,429
0,833	0,28	0,266	0,304	0,330
0,9	0,243	0,224	0,254	0,276



Gambar 8. Grafik $K_T - K_Q - \eta$ pada variasi blade

Pada gambar 8 didapatkan Hasil $K_T - 10K_Q - \eta$ pada *propeller DTMB 4119* dari hasil simulasi dimana semakin bertambah *blade* dengan luasan yang sama maka nilai K_T , $10K_Q$ bertambah namun nilai η akan semakin menurun.

3.5 Tahanan Kapal

Perhitungan Tahanan dari kapal model scale ke kapal *full scale* didapat dari buku (f molland) maka di bandingkan dengan hasil tahanan menggunakan *Maxsuft*

Tabel 7. Hasil Tahanan Total Kapal

Vs	m/s	RT (kN)	RT Maxsuft
0,75	0,3858	0,9813	0,7
3	1,5433	15,7008	9,5
6	3,0866	62,803	35
9	4,6299	141,307	75,7
12	6,1733	251,213	133,6
15	7,7166	392,520	217,3
18	9,2599	565,230	338,1
21	10,8033	769,341	518,1
24	12,3466	1004,853	695,5
27	13,8899	1271,768	969,5
30	15,4333	1570,083	1494,6

3.6 Perhitungan Daya Mesin

Kapal ini menggunakan 2 mode kecepatan yaitu 18 kN pada saat kondisi patroli dan 27 kN pada kondisi kecepatan maksimal. Karena rute pelayaran kapal ini adalah termasuk dalam jalur pelayaran asia timur (15%)

Tabel 8. Hasil perhitungan daya mesin

Tahanan (kN)	EHP (kW)	DHP (kW)	THP (kW)	SHP (kW)	BHP _{mcr} (kW)
27	20314,56	29698,57	20737,03	30304,67	36380,1
18	6019,132	12047,65	6144,30	12293,52	14758,1

Dari perhitungan didapatkan nilai BHP_{mcr} untuk kapal *twin screw ship* dengan 2 *main engine* kecepatan dinas 27 knot dan 2 *main engine* kecepatan dinas 18 knot.

3.7 Pemilihan Motor Penggerak

Tabel 9. Data mesin pada 27 kN

Keterangan	Spesifikasi
Merk	MAN
Type	V49/60 DF
Rate Power	18200 kW
Rate Speed	600 RPM
Jumlah Cylinder	14

Tabel 10. Data mesin pada 18 kN

Keterangan	Spesifikasi
Merk	MAN
Type	L49/60 DF
Rate Power	7800 kW
Rate Speed	600 RPM
Jumlah Cylinder	6

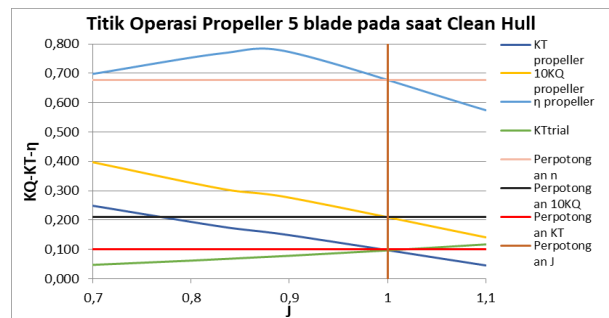
Tabel 11. Data Gearbox 2 input 1 output

Keterangan	Spesifikasi
Merk	REINTJES MARINE
Type	DLG 110131
Power Factor	44,000
Rasio	4,3 :1

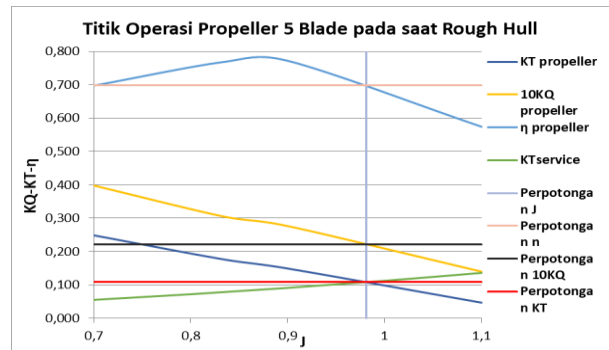
3.8 Analisa Engine Propeller Matching

3.8.1 EPM propeller DTMB 4119 5 blade

Dari hasil pembacaan grafik *open water*, dapat diperoleh nilai hubungan K_T -J yang mencerminkan hubungan antara koefisien *thrust propeller* dengan kecepatan *advance* di belakang kapal. Grafik *open water* seperti gambar 8, dan hasil perpotongan merupakan titik operasi propeller DTMB 4119 5 blade seperti berikut:



Gambar 9. Grafik K_T trial propeller 3 blade



Gambar 10. Grafik K_T service propeller 3 blade

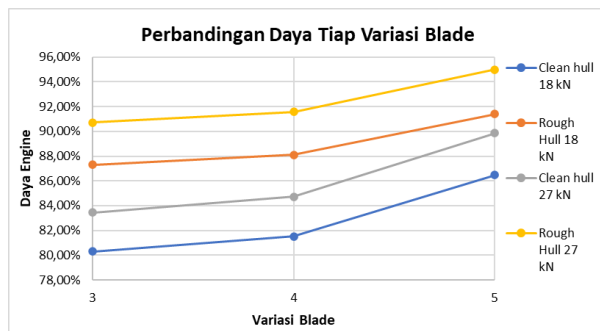
Berdasarkan gambar diatas diperoleh data dari hasil perpotongan garis *open water test* yang akan menjadi data untuk *behind the ship* sebagai berikut.

Tabel 12. Hasil perpotongan garis pada 3 blade

Kondisi	J	K_T	$10K_Q$	η
Trial	1	0,1	0,21	0,678
Service	0,981	0,108	0,222	0,698

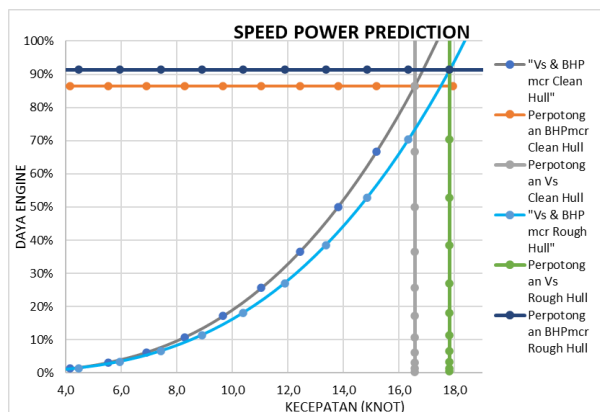
3.8.2 Perbandingan EPM tiap variasi *blade*

Berikut hasil analisis dari perhitungan dari *engine propeller matching* propeller DTMB 4119 dengan kapal DTMB 5415.



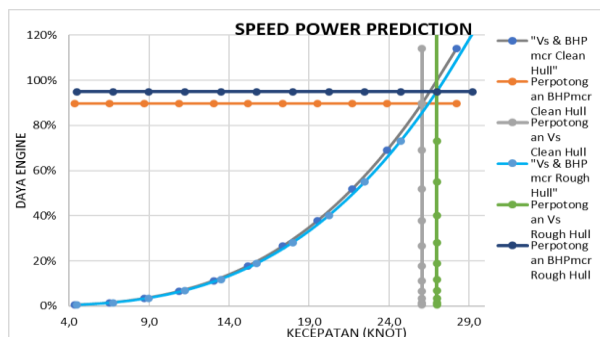
Gambar 11. Grafik perbandingan daya dengan variasi blade

Pada gambar 11 didapatkan hasil grafik Perbandingan Daya dengan tiap variasi blade, dapat di lihat jika semakin menambah jumlah blade maka daya yang di salurkan juga semakin besar, jadi di pilih pada propeller 5 blade, untuk kecepatan patroli 18 kN dihasilkan daya 86,47% pada kondisi *clean hull* dan 91,41% pada kondisi *rough hull* sedangkan untuk kecepatan maksimal 27 kN dihasilkan daya 89,85% pada kondisi *clean hull* dan daya 94,99% pada kondisi *rough hull*. dengan pertimbangan nilai *thrust* yang paling tinggi dengan *matching point* seperti gambar berikut.



Gambar 12. Grafik Power Prediction Propeller 5 Blade

Menunjukkan kondisi *clean hull* didapatkan kecepatan 16,5 Knot dengan daya yang dikeluarkan 88,47% dan kondisi *rough hull* didapatkan kecepatan 17,8 Knot dengan daya yang dikeluarkan 91,41%.



Gambar 13. Grafik Power Prediction Propeller 5 Blade

Menunjukkan kondisi *clean hull* didapatkan kecepatan 26,06 Knot dengan daya yang dikeluarkan 89,85% dan kondisi *rough hull* didapatkan kecepatan 26,9 Knot dengan daya yang dikeluarkan 94,99%.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian propeller DTMB 4119 dengan kapal DTMB 5415 yang telah dilakukan variasi jumlah blade dapat disimpulkan bahwa :

1. Bentuk 3D *modelling propeller* DTMB 4119 dengan variasi 3,4 dan 5 blade dapat di lihat pada gambar 4, gambar 5, gambar 6
2. Variasi jumlah blade terhadap nilai *thrust*, *torque*, dan efisiensi memiliki keterkaitan hubungan ketiganya. Bertambahnya jumlah *blade* maka dihasilkan pada 3 blade pada $J = 0,83$ nilai *thrust* yakni 1918 kN, *torque* yang dihasilkan 2105 kNm dan efisiensi 0,735. Begitu pula, pada variasi 4 blade pada $J = 0,83$ nilai yang dihasilkan *thrust* semakin besar yakni 2162 kN, *torque* yang dihasilkan semakin besar juga yakni 2423 kNm namun nilai efisiensi menurun yakni 0,727, Sedangkan pada variasi 5 blade pada $J = 0,83$ nilai yang dihasilkan *thrust* semakin besar yakni 2302 kN, *torque* yang dihasilkan semakin besar juga yakni 2633 kNm namun nilai efisiensi menurun yakni 0,712. Sehingga pada kondisi *openwater* di simpulkan untuk bertambahnya jumlah blade maka nilai *thrust* dan *torque* naik sedangkan efisiensi menurun.
3. Berdasarkan pembahasan dan perhitungan *Engine Propeller Matching* dengan data kapal dan di pilih 4 engine dengan *Twin screw* dibagi 2 engine MAN L49/60 DF untuk kecepatan patroli 18 kN dan 2 engine MAN V49/60 DF untuk kecepatan maksimal 27 kN. di pilih propeller DTMB 4119 variasi 5 blade dan tidak mengalami kavitasi karena nilai TC cal 0,075 pada 5 blade lebih kecil daripada TC burril sebesar 0,127. kondisi *clean hull* $J : 1$, $KT : 0.1$, $10KQ : 0.21$, $\eta : 0.678$ dan kondisi *rough hull* $J : 0.981$, $KT : 0.108$, $10KQ : 0.222$, $\eta : 0.698$. Jadi di pilih pada propeller variasi 5 blade karena memiliki nilai *thrust* yang tinggi yang sangat berguna pada kapal combatant.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyadari bahwa dalam menyelesaikan jurnal ini tidak terlepas dari bimbingan, motivasi, semangat dan nasehat dari berbagai pihak. Dengan demikian penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Agung Purwana, S.T., M.T selaku

- dosen pembimbing I
2. Ibu Benedicta Dian Alfanda, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing II
 3. Kedua Orang tua penulis yang turut mendoakan dan memberikan segalanya kepada penulis.
 4. Kontrakan Sarang Buaya yang selalu support
 5. Teman-teman angkatan Program Studi D4 Teknik Permesinan Kapal PPNS Angkatan 2020.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. Ratcliffe. 1998, Web Page
<http://www50.dt.navy.mil/5415/>. Induk
- [2] Renick, D. H. (2001). *{U}nsteady {P}ropeller {H}ydrodynamics*. 1992, 1–132.
- [3] Radyantama, R. A., & , Ahmad Fauzan Zakki, H. Y. (2020). Analisis Kelelahan Propeler KP-505 B-Series dengan Variasi Jumlah Daun pada Kapal Kontainer 3600 TEUs. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 8(3), 239–250.
<http://ejournal3.undip.ac.id/index.php/naval>
- [4] Brandner, P. (2015). Calculation Results for the 22nd ITTC Propulsor Committee Workshop on *Propeller RANS/PANEL Methods Steady Panel Method Analysis of DTMB 4119 Propeller*. *Australian Maritime Engineering CRC Ltd (January)*.
- [5] Ahmed, Y., & Soares, C. G. (2009). Simulation of the Flow around the Surface Combatant DTMB Model 5415 at Different Speeds. *13th Congress of International Maritime Association of the Mediterranean (IMAM 2009), January 2009*
- [6] Lewis, E. V. (1988). *Principles of Naval Architecture Second Revision*. Jersey City, NJ: The Society of Naval Architects and Marine Engineers.