

TINJAUAN PENGARUH PERUBAHAN DIAMETER BALING-BALING TERHADAP *THRUST* KMP. ROKATENDA

Fany Laamena¹, Benjamin.G. Tentua², Yulianti P.Kubela³

Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik Unpatti
Jl. Ir.M.Putuhena, Ambon, Maluku, Indonesia 97234
Email: laamenafany@gmail.com

Abstrak

KMP. ROKATENDA merupakan jenis kapal Ferry Ro-Ro yang memiliki rute pelayaran Ambon – Seram. Berdasarkan dokumen kapal, KMP. ROKATENDA saat ini telah beroperasi selama 28 tahun dengan berbagai kerusakan yang telah di alami oleh kapal tersebut tetapi penanganan perbaikan belum dilakukan secara optimal sehingga pada tahun 2020 saat dok tahunan ternyata didapati ada masalah pada diameter baling-baling yang mengalami pengurangan diameter yang dari 1,219 m menjadi 1,131 m. Untuk mendapatkan gaya dorong optimal aspek yang harus di perhatikan salah satunya adalah diameter baling-baling. Kerusakan baling-baling berpengaruh terhadap performance dari kapal, dimana daya yang ditransferkan dari mesin induk tidak dapat di serap secara maksimal. Sehingga Perlu dilakukan Tinjauan Pengaruh Perubahan diameter baling-baling terhadap gaya dorong KMP. ROKATENDA untuk mengetahui berapa besar pengaruh perubahan diameter baling-baling terhadap gaya dorong KMP. ROKATENDA. Penelitian menggunakan metode observasi lapangan, wawancara dan pengolahan data Syang dilakukan maka mendapatkan *Thrust* dengan daya 1 motor induk 650 HP, diameter awal 1,219 m, K_T 0,2 dan K_Q 0,04, P/D 0,93 *Thrust* sebesar 525,897 N. Dimeter setelah mengalami pengurangan 1,131 m, K_T 0,21 dan K_Q 0,41 P/D 0,91 *Thrust* sebesar 452,196 N. Dilakukan perbandingan terlihat adanya pengurangan nilai *Thrust* sebesar 147 N dari diameter normal. Dari hasil perhitungan yang ada maka diameter baling-baling terbaik untuk menghasilkan *Thrust* sebesar 904,393 N pada KMP. ROKATENDA adalah diameter 1,219 m dengan daya terpasang sebesar 2 x 650 HP.

Kata kunci: *diameter, thrust, torsi*

Abstract

KMP. ROKATENDA is a type of Ro-Ro Ferry ship that has the Ambon – Seram. ship's documents KMP. ROKATENDA has currently been operating for 28 years with various damages experienced by the ship but the repairs have not been carried out optimally so that in 2020, when the annual docking turned out to be a problem with the diameter of the propellers, the diameter of the propellers had decreased. which is from 1,219 m to 1,131 m. To get the optimal thrust, one aspect that must be considered is the diameter of the propeller. Damage to the propeller affects the performance of the ship, where the power transferred from the main engine cannot be absorbed optimally. So it is necessary to review the effect of changing the diameter of the propeller on the thrust of KMP. ROKATENDA to find out how much influence the change in the diameter of the propeller has on the thrust of KMP. ROKATENDA. The study used field observations, interviews and data processing, which was carried out to obtain a thrust with a power of 1 main motor of 650 HP, initial diameter of 1,219 m, K_T 0,2 and K_Q 0,04, P/D 0,93 *Thrust* of 525,897 N. Dimeter after experiencing reduction of 1,131 m, K_T 0,21 and K_Q 0,41 P/D 0,91 *Thrust* of 452,196 N. The comparison shows that there is a reduction in the *Thrust* value of 147 N from the normal diameter. From the results of existing calculations, the diameter of the best propeller to produce a thrust of 904,393 N at KMP. ROKATENDA is 1,219 m in diameter with an installed power of 2 x 650 HP.

Keywords: *diameter, thrust, torque*

1. PENDAHULUAN

Baling-baling merupakan salah satu bagian kapal yang wajib diperiksa selama kapal melakukan doking sebab baling-baling merupakan penghasil gaya dorong (*Thrust*). Untuk mendapatkan gaya dorong optimal salah satu aspek yang harus diperhatikan adalah diameter baling-baling. Kerusakan baling-baling berpengaruh terhadap performance dari kapal, dimana daya yang ditransferkan dari mesin induk tidak dapat

diserap secara maksimal dan akan mempengaruhi besarnya gaya dorong.

KMP. Rokatenda adalah kapal yang beroperasi pada jalur pelayaran Liang (Hunimua) - Kairatu (Waipirit) yang telah beroperasi selama 28 tahun dengan berbagai kerusakan tetapi penanganan perbaikan belum dilakukan secara optimal sehingga pada tahun 2020 saat dok tahunan ternyata didapati ada masalah pada diameter baling-baling yakni adanya perubahan diameter yang dari 1,219 m menjadi 1,131 m.

Diameter baling-baling memiliki peran yang sangat penting dalam sistem propulsi kapal dalam hal ini menyangkut daya yang digunakan untuk mendorong kapal (THP). Rino dkk [1], membuat penelitian dengan Dengan Variasi Diameter, Jumlah Daun baling-baling guna mendapatkan gaya dorong dan kecepatan kapal optimal. Yermias dkk [11] mengatakan bahwa lebih kecil diameter, *Thrust* yang dihasilkan lebih besar. Luca Pivano dkk, [2] mengatakan bahwa Perhitungan gaya dorong untuk baling-baling telah diuji secara eksperimental dalam gelombang perangkat yang mensimulasikan pengaruh lambung kapal. Skema ini dibentuk oleh torsi baling-baling nonlinier. Hal ini dimanfaatkan untuk meningkatkan performa saat baling-baling digerakan. Kecepatan gerak maju diasumsikan tidak diketahui, dan hanya pengukuran kecepatan poros dan torsi motor yang ada untuk mengasilkan gaya dorong.

Penelitian yang ada sebelumnya banyak membahas tentang variasi diameter dan hubungannya terhadap daya dorong dan kecepatan kapal. Penelitian ini hanya akan menghitung gaya dorong yang dihasilkan jika terjadi perubahan diameter baling-baling yang tujuannya adalah untuk mengetahui berapa besar gaya dorong yang dihasilkan pada KMP. Rokatenda setelah terjadi perubahan diameter baling-baling. Hasil penelitian ini dapat bermanfaat bagi Peneliti dan sebagai masukan bagi perusahaan pelayaran terkhusus PT. ASDP.

2. METODE

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode deskriptif dan kepustakaan dimana kajian penelitian didasarkan pada gambaran kasus yang terjadi pada KMP. Rokatenda dan mempelajari teori-teori yang berkaitan dengan masalah yang ada lewat buku, jurnal dan lainnya. untuk mengidentifikasi masalah yang ada, maka dilakukan wawancara dengan *Owner, Surveyor* PT. ASDP, Kepala Kamar Mesin KMP. ROKATENDA dan Kepala bengkel

bubut PT. Dok Waiame untuk mendapatkan data berupa data utama kapal, data mesin, dan data baling-baling. Setelah terkumpul data-data tersebut dilakukan Perbandingan diameter baling-baling sebelum dan sesudah untuk melihat pengaruhnya terhadap *Thrust* KMP. Rokatenda.

Variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi oleh variabel bebas. Adapun variabel terikat dalam penelitian ini adalah *Thrust* dan variabel bebas adalah diameter baling-baling normal dan setelah terjadi perubahan. Metode penyelesaian masalah dalam penelitian ini bukanlah metode baru tetapi metode yang sudah lama diterapkan.

2.1 Sistem Propulsi

Sistem propulsi pada kapal terbagi menjadi tiga komponen, yaitu mesin utama, sistem transmisi dan *propulsor* (alat gerak). Ketiga komponen utama ini merupakan suatu kesatuan yang didalam proses perencanaannya tidak dapat ditinjau secara terpisah. Kesalahan di dalam perancangan, akan membawa akibat yang sangat besar yakni tidak tercapainya kecepatan dinas kapal yang direncanakan, *fuel oil consumption* yang tidak efisien, turunnya nilai ekonomis dari kapal tersebut serta berpengaruh pada tingkat vibrasi yang terjadi pada badan kapal.

Pada Pada saat kapal bergerak dengan kecepatan tertentu, maka akan mengalami gaya hambat dari air, dan untuk mengatasi gaya tersebut diperlukan suatu gaya dorong yang cukup besar dari sistem penggeraknya. Sistem propulsi atau sistem penggerak adalah suatu sistem yang sangat berpengaruh dalam olah gerak kapal [3] .

2.2 Baling-Baling

Baling-baling (*Propeller*) merupakan salah satu penghasil daya dorong untuk menggerakkan kapal laut. Kecepatan kapal sangat dipengaruhi oleh kondisi dari *performace* baling-balingnya. Jenis baling-

baling yang digunakan pada KMP. ROKATENDA adalah baling-baling dengan *pitch* tetap (*Fixed Pitch Propeller*). Baling-baling ini biasa digunakan untuk kapal besar dengan rpm relatif rendah dan torsi yang dihasilkan tinggi, pemakaian bahan bakar lebih ekonomis, *noise* atau getaran minimal, dan kavitasi minimal, biasanya didesain secara individual sehingga memiliki karakteristik khusus untuk kapal tertentu akan memiliki nilai efisiensi optimum [4].

2.3 Penyebab Perubahan Diameter Baling-Baling

Baling-baling kapal dirancang dan dibuat dengan dari berbagai macam material atau bahan yang diperuntukan khusus agar tahan terhadap berbagai kondisi dan jenis air, getaran, benturan dan lain-lain. Kerusakan yang terjadi pada baling-baling umumnya dikarenakan oleh benturan pada daun baling-baling, material baling-baling yang tidak baik, faktor usia dan kavitasi.

2.4 Pengaruh Perubahan Diameter

Gaya dorong pada kapal tidak terlepas dari desain propeller yang baik agar mendapatkan *thrust* optimal yang dihasilkan gerak baling-baling. Untuk mendapatkan gaya dorong optimal aspek yang harus diperhatikan salah satunya adalah diameter baling-baling. Kerusakan baling-baling berpengaruh terhadap *performance* kapal, dimana daya yang disalurkan dari mesin induk tidak dapat diserap secara maksimal [11].

2.5 Interaksi Kapal, Mesin dan Baling-baling

Gaya dorong yang dihasilkan oleh baling-baling sangat penting pada kapal [5]. Besarnya gaya hambat yang terjadi harus mampu diatasi oleh gaya dorong kapal (*Thrust*) yang dihasilkan dari kerja alat gerak kapal (*Propulsor*). daya yang disalurkan (PD) ke alat gerak kapal adalah berasal dari daya poros (PS), sedangkan daya poros sendiri

bersumber dari daya rem (PB) yang merupakan daya luaran motor penggerak kapal.

Daya Efektif (EHP) adalah besarnya daya yang dibutuhkan untuk mengatasi gaya hambat dari badan kapal (*Hull*), agar kapal dapat bergerak dari satu tempat ke tempat yang lain dengan kecepatan servis sebesar V_S . Daya Efektif ini merupakan fungsi dari besarnya gaya hambat total dan kecepatan kapal.

$$EHP = R_T \times V_S \quad (1)$$

dimana R_T adalah gaya hambat total dalam kN, dan V_S adalah Kecepatan Servis kapal dalam m/s.

Daya Dorong (THP) adalah besarnya daya yang dihasilkan oleh kerja dari alat gerak kapal (*Propulsor*) untuk mendorong badan kapal. Daya Dorong merupakan fungsi dari gaya dorong dan laju aliran fluida yang terjadi saat alat gerak kapal bekerja [6]. Adapun persamaan Daya Dorong dapat dituliskan sebagai berikut:

$$THP = T \times V_a \quad (2)$$

dimana T adalah gaya dorong dalam kN dan V_a adalah kecepatan *advance* dalam m/s. Untuk mendapatkan nilai kecepatan *advance* (V_a) maka harus mencari nilai Fraksi arus ikut (w), untuk baling-baling tertentu gerak angka maju menyatakan sudu aliran air masuk relatif terhadap baling-baling dari angka maju dapat menentukan gaya dorong baling-baling, torsi, dan efisiensi.

$$w = 0,5 CB - 0.05 \quad (3)$$

$$t = k \times w \quad (4)$$

Nilai k berkisar 0,7 sampai 0,9 diambil $k = 0,8$, w standar = 0,5 - 0,7 C_p untuk kapal untuk kapal dengan *propeller* tunggal. C_p adalah koefisien prismatic. Kapal bergerak dengan kecepatan V dan akselerasi air di bagian baling-baling akan bergerak kurang

dari kecepatan kapal tersebut. Akselerasi air tersebut bergerak dengan kecepatan V_a , diketahui sebagai *Speed of Advance*. Perhitungannya adalah sebagai berikut:

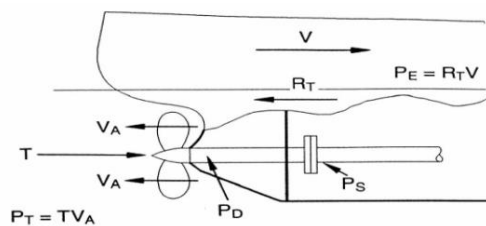
$$V_a = (1 - w)V_s \tag{5}$$

Daya yang disalurkan (DHP) adalah daya yang diserap oleh baling-baling kapal guna menghasilkan daya dorong sebesar THP, atau dengan kata lain DHP merupakan daya yang disalurkan oleh motor penggerak ke baling-baling kapal yang kemudian diubah menjadi daya dorong kapal (THP). Variabel yang berpengaruh pada daya ini adalah torsi yang disalurkan dan putaran baling-baling, sehingga persamaan untuk menghitung DHP adalah sebagai berikut:

$$DHP = 2 \pi Q_D n_p \tag{6}$$

dimana Q_D adalah torsi baling-baling kondisi di belakang badan kapal dalam kNm dan n_p adalah putaran baling-baling (rpm).

Daya poros (SHP) adalah daya yang terukur hingga daerah di depan bantalan tabung poros (*Stern Tube*) dari sistem perporosan penggerak kapal. Untuk kapal-kapal yang berpenggerak dengan Turbin Gas, pada umumnya, daya yang digunakan adalah PS. Sementara itu, istilah daya rem (*Brake Horse Power*) adalah daya yang dihasilkan oleh motor penggerak utama (*main engine*) dengan tipe *marine diesel engines*.



Gambar 1. Gaya-gaya yang Bekerja pada Sistem Penggerak Kapal [7]

Pada sistem penggerak kapal yang menggunakan *Marine Diesel Engines (Type of Medium to High Speed)*, pengaruh rancangan sistem transmisi perporosan adalah sangat besar didalam menentukan besarnya

daya SHP. Jika kamar mesin terletak dibelakang dari badan kapal, maka besarnya losses akibat sistem transmisi perporosan tersebut adalah berkisar 2 - 3 %. Namun bila kamar mesin terletak agak ke tengah atau jauh di depan, maka besarnya *losses* akan semakin bertambah.

2.6 Gaya Dorong Kapal

Gaya dorong (*Thrust*) merupakan komponen yang sangat penting yang mana digunakan untuk mengatasi tahanan (*Resistance*) atau gaya hambat kapal. Pada kondisi yang sangat ideal, besar gaya dorong yang dibutuhkan sama dengan gaya hambat yang terjadi. Namun kondisi tersebut sangat-sangat tidak realistis, karena pada faktanya di badan kapal tersebut terjadi fenomena hidrodinamis yang menimbulkan degradasi terhadap nilai besaran gaya dorong kapal [6].

Gaya dorong kapal ditulis sebagai berikut :

$$T = \frac{R}{(1-t)} \tag{7}$$

dimana R adalah tahanan kapal dalam kN dan t adalah *thrust deduction* faktor

$$T = \frac{\alpha V_A^2}{(1-t)(1-w)^2} \tag{8}$$

2.7 Karakteristik Baling-baling Kapal

Secara umum karakteristik dari baling-baling kapal pada kondisi *open water test* adalah seperti yang direpresentasikan pada Diagram $K_T - K_Q - J$ dari masing masing baling-baling kapal, memiliki karakteristik kurva kinerja yang berbeda-beda. Sehingga kajian terhadap karakteristik baling-baling kapal tidak dapat digeneralisasi untuk keseluruhan bentuk atau tipe dari baling-baling. Model persamaan untuk karakteristik kinerja baling-baling kapal adalah sebagai berikut:

$$K_T = \frac{T}{\rho n^2 D^4} \tag{9}$$

$$K_Q = \frac{Q}{\rho n^2 D^5} \tag{10}$$

$$J_v = \frac{V_A}{n D} \tag{11}$$

$$\eta_o = \frac{J K_T}{2 \pi K_Q} \tag{12}$$

dimana K_T adalah koefisien gaya dorong (*Thrust*) Baling-baling, K adalah Koefisien torsi baling-baling dan J adalah Koefisien Advanced baling-baling, η_o Efisiensi baling-baling pada kondisi open water, n adalah putaran baling-baling (rps), D adalah diameter baling-baling (m), T_{Prop} gaya dorong (*Propeller Thrust*), (kN), Q adalah Torsi baling-baling (*Propeller Torque*) dan ρ adalah massa Jenis Fluida (*Fluid Density*). Rino,[8] mencari model baling-baling dengan nilai efisiensi tertinggi pada eksisting rpm dengan variasi diameter dan jumlah *blade propeller* dan mencari kecepatan putaran baling-baling (rpm) yang terbaik pada eksisting model baling-baling, dan mengatakan bahwa Kecepatan kapal diperoleh dari desain propeller yang baik agar mendapatkan gaya dorong (*Thrust*) optimal yang dihasilkan gerak baling-baling.

2.1 Interaksi Lambung Kapal & Baling-baling

Interaksi lambung kapal dan baling-baling merupakan upaya-upaya pendekatan untuk mendapatkan karakteristik kinerja baling-baling saat beroperasi untuk kondisi *behind the ship* pada persamaan:

$$T_{SHIP} = \frac{\alpha V_A^2}{(1-t)(1-w)^2} \tag{13}$$

$$T_{Prop} = K_T \rho n^2 D^4 \tag{14}$$

$$Q_{Prop} = K_Q \rho n^2 D^5 \tag{15}$$

$$T_{SHIP} = T_{Prop} \tag{16}$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Daya Motor Penggerak Kapal dan Penentuan Tahanan

Kapal yang bergerak di media air dengan kecepatan tertentu maka akan mengalami gaya hambat (*Resistance*) yang berlawanan dengan arah gerak kapal tersebut. Besarnya gaya hambat yang terjadi harus mampu diatasi oleh gaya dorong kapal (*Thrust*) yang dihasilkan dari kerja alat gerak kapal (*Propulsor*). Daya yang disalurkan (*Delivery Horse Power/DHP*) ke alat gerak kapal adalah berasal dari daya poros (*Shaft Horse Power/SHP*), sedangkan daya poros sendiri bersumber dari daya rem (*Brake Horse Power/BHP*) yang merupakan daya luaran motor penggerak kapal. Pada penelitian ini, tidak dilakukan pergantian mesin sehingga besar daya maupun spesifikasi dari *main engine* telah diketahui. Akan tetapi perhitungan kebutuhan daya tetap dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui besar nilai tahanan pada kapal KMP. ROKATENDA. Adapun data kapal dan spesifikasi *main engine* yang terpasang saat ini dapat dilihat pada tabel 1 dan 2.

Tabel 1. Data Ukuran Kapal

Nama Kapal	KMP.ROKA TENDA
Tipe Kapal	Fery Ro-Ro
LOA	45,30
LBP	40,72
B	12
T	2
H	3
GT	526
Vdesain	13 Knot = 6,68 m/s
Vservice	10 Knot = 5,15 m/s

Tabel 2. Spesifikasi Mesin Terpasang

Jenis	Nigata
Type	6 Nsd-M
Daya	2 x 650 HP
Bore	160 mm
Stroke	210 mm
Silinder	6
Putaran	450 RPM
Gigi Reduksi	1 : 2,93

Tabel 3. Hasil Perhitungan Kebutuhan Daya Kapal untuk Menentukan Nilai Tahanan kapal

No.	Parameter	Persamaan	Hasil	Satuan
1	BHP _{MCR}	(Daya mesin)	650	HP
2	w	(0,5 x Cb)- 0,05	0,425	
3	t	(0,5 x Cp)- 0.19	0,34034	
4	V _A	V _s (1-w)	2,96125	m/s
5	η _{PP}	0,95 – 1,0	1	
6	η ₀	40% - 70%	00.57	
7	η _H	(1-t)/(1-w)	1,14722	
8	P _c	η _{PP} ξ η ₀ ξ η _H	0,65	
9	η _Γ	2%	0,98	
10	η _σ η _β	3%	0,97	
11	Engine margin	20%	0,0555556	
12	BHP _{SCR}	BHP _{mcr} x en. Mar	520	HP
13	SHP	BHP _{scr} x nG	296,4	HP
14	DHP	SHP x nsnb	287,51	HP
15	EHP	DHP x P _c	188,01	HP
16	EHP	1 HP = 0,75 kW	141,01	kW
17	R _T	EHP/V _s	27,38	kN

Berdasarkan besar daya *main engine* yang terpasang untuk masing motor induk yaitu 650 HP maka diperoleh besar daya *Effective Horse Power* (EHP) yaitu 141,01. Sehingga, besar tahanan total kapal (RT) dapat ditentukan yaitu sebesar 27,8 kN dan ditunjukkan pada tabel 3. Hambatan kapal

sangat mempengaruhi kecepatan kapal. jika nilai hambatannya besar, memiliki dampak yang besar untuk operasional kapal dan dapat merugikan pemilik kapal itu sendiri. Apabila kecepatan dinaikkan maka akan berpengaruh terhadap nilai hambatan yang besar [8]. Itulah sebabnya dengan daya mesin induk yang ada dapat mengalahkan hambatan dan menghasilkan *thrust* yang besar sehingga kapal dapat berjalan sesuai kecepatan yang diinginkan.

Tabel 4. Nilai J

No	Parameter	Persamaan	Nilai
1	J awal	$\frac{V_a}{nD}$	1,08
2	J setelah pengurangan diameter	$\frac{V_a}{nD}$	1,005

Tabel 5. nilai P/D

No	Parameter	Per samaan	Nilai
1	Awal	$\frac{P}{D}$	0,937
2	Setelah pengurangan diameter	$\frac{P}{D}$	0,91

3.2 Pembacaan Diagram K_T

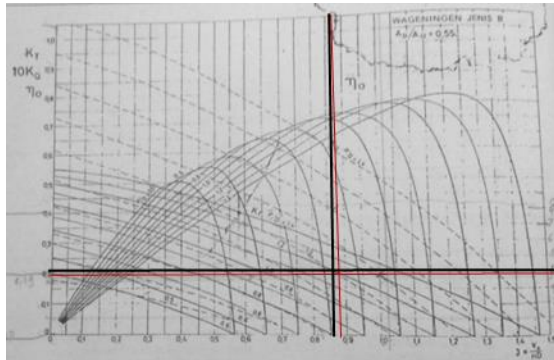
Dari nilai J (*koefisien advanced*) diperoleh nilai KT-KQ dari grafik *wageningen B4-55*.

Pada tahap ini dilakukan pembacaan pada diagram KT untuk awal dan setelah

mengalami pengurangan diameter P/D dari masing-masing baling-baling dapat dilihat pada tabel 5. [9] mengatakan bahwa nilai diameter dan *pitch* sebuah baling-baling sangat mempengaruhi nilai *thrust* dan *torque*. Semakin besar diameter dan *pitch* maka nilai *thrust* dan *torque* akan semakin besar Hal ini dilakukan untuk menentukan nilai dari koefisien *Thrust* (KT), koefisien *torque* (KQ).

Adapun hasil pembacaan pada diagram KT dalam penentuan nilai KT, 10KQ dapat dilihat pada gambar 2.

Garis merah menunjukkan diameter baling-baling awal dan garis hitam adalah diameter baling-baling setelah perubahan. Nilai KT dan KQ dapat diperoleh melalui nilai J dengan interpolasi grafik *wageningen B4-55* yang di tunjukan pada gambar 2.



Gambar 2. grafik *wageningen B4-55*

3.3 Hasil Perhitungan Perbandingan Thrust Sebelum dan Sesudah Perubahan Diameter Baling-baling

Tabel 6. Data Baling-Baling Awal KMP. ROKATENDA

Type baling-baling KMP. ROKATENDA B4-55			
No	Parameter	Nilai	Satuan
1	Diameter	1,219	m
2	Pitch	1,143	m
3	Jumlah daun	4	
4	Ae/Ao	0,55	
5	Putaran	2000	rpm
		3,333	rps
6	ρ	1,025	kg/m

Tabel 7. Hasil Perhitungan Karakteristik Baling-baling Sebelum Perubahan Diameter

No	Parameter	Nilai	Satuan
1	D	1,219	m
2	KT	0,2	
3	KQ	0,04	
4	T	525,897	N

5	Q	410,199	N/m
---	-----	---------	-----

Pada putaran yang sama 3.33 RPS dengan daya 1 motor induk 650 HP, diameter awal 1,219 m, nilai koefisien Thrust KT sebesar 0,2 dan koefisien torque KQ 0,04 sehingga gaya dorong T yang dihasilkan adalah 525,897 N, dan Torsi Q, 410,199 N/m.

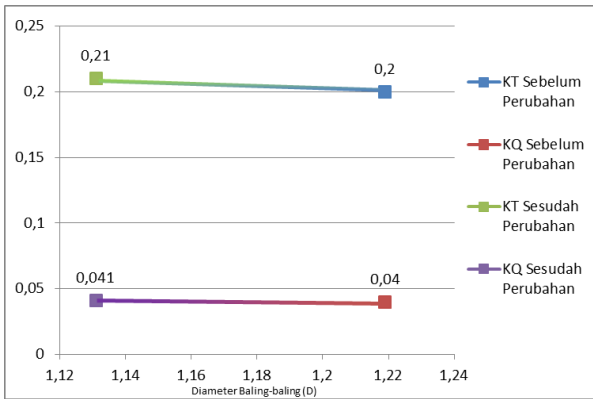
Tabel 8. Data Baling-baling KMP. ROKATENDA Setelah Perubahan Diameter

Type baling-baling KMP. ROKATENDA B4-55			
No	Parameter	Nilai	Satuan
1	Diameter	1,131	m
2	Pitch	1,03	m
3	Jumlah daun	4	
4	Ae/Ao	0,55	
5	Putaran	2000	rpm
		3,333	rps
6	ρ	1,025	kg/m

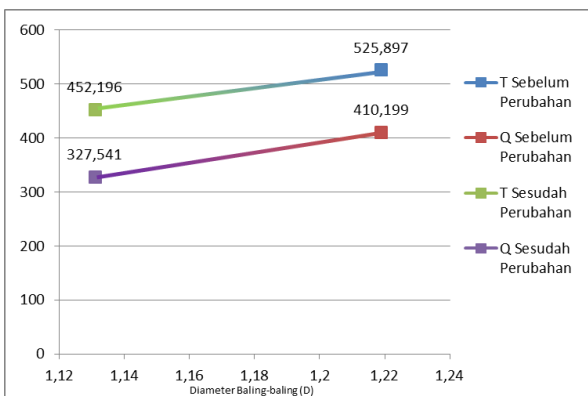
Tabel 9. Hasil Perhitungan karakteristik baling-baling setelah perubahan diameter

No	Parameter	Nilai	Satuan
1	D	1,131	m
2	KT	0,21	
3	KQ	0,041	
4	T	452,196	N
5	Q	327,541	N/m

Pada kondisi setelah terjadi perubahan diameter dari 1,219 m menjadi 1,131 m, maka nilai KT dan KQ mengalami perubahan pula. Walau perbedaannya tidak terlalu besar yakni KT awal 0.21 dan KT perubahan sebesar 0,041. nilai K_T meningkat sebesar 0,01 dan nilai K_Q meningkat sebesar 0,001. Sedangkan Nilai Thrust dan torsi yang dihasilkan menurun yakni 452,196 N, dan Q, 327,541 N/m. Hasil perhitungannya dapat dilihat pada gambar 3 dan 4.



Gambar 3. Grafik Hubungan Diameter dan KT, KQ



Gambar 4. Grafik Hubungan Diameter, Beban Propeller (Q) dan Gaya Dorong (T)

Gambar 3 dan 4 menunjukkan perbandingan nilai KT, KQ, T, dan Q pada diameter awal dan sesudah terjadi perubahan. Grafik yang terbentuk adalah grafik linear yang artinya ketika diameter berkurang maka nilai KT dan KQ mengalami kenaikan walau hanya sangat sedikit (gambar 3). sementara pada gambar 4, terlihat bahwa nilai Q dan T yang dihasilkan mengalami penurunan.

Untuk mendapatkan nilai Thrust maka substitusi persamaan KT dengan menggunakan parameter-parameter pada tabel 7 dan 9 setelah itu dibuat perbandingan pengaruh diameter terhadap Thrust dengan daya 2 motor induk 1300 HP didapatkan hasil pada tabel 10.

Tabel 10. Perbandingan Nilai Thrust Diameter baling-baling awal dan setelah perubahan

Nilai	Diameter (m)	Thrust (N)
Awal	1,219	1052
Perubahan	1,131	904.3931437

Diameter baling-baling awal 1,219 m. Thrust yang dihasilkan adalah 1052 N sedangkan sesudah perubahan diameter menjadi 1,13 m Thrustnya sebesar 904,393 N. Terjadi penurunan nilai Thrust atau gaya dorong (ΔT) sebesar 147 N/m dari diameter awal. Ini berarti berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh Yermias dkk [11], yang menunjukkan bahwa lebih kecil diameter, Thrust yang dihasilkan lebih besar. Hal ini terjadi karena Yermias dkk bukan hanya memvariasikan diameter baling-baling tetapi juga melakukan penambahan *end plate* pada tip baling-baling dengan 4 variasi Panjang dan itu juga mempengaruhi nilai Thrust. Herbert [10] mengatakan bahwa penambahan jumlah daun baling-baling dan diameter baling-baling akan menghasilkan nilai *thrust*. Pada penelitiannya juga memperlihatkan bahwa semakin kecil kecepatan putaran baling-baling, maka makin kecil pula nilai *thrust* yang dihasilkan propeller tersebut.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa besarnya gaya dorong atau *thrust* yang dihasilkan oleh KMP. Roketenda, akibat perubahan diameter baling-baling dari diameter awal 1,219 m, *thrust* yang dihasilkan adalah 1,052 N dan sesudah perubahan diameter menjadi 1,131 m, Thrust sebesar 904,393 N. Pengurangan nilai *thrust* atau gaya dorong (ΔT) sebesar 147 N/m dari diameter awal. ini berarti, semakin kecil diameter baling-baling kapal, maka semakin kecil juga gaya dorong yang dihasilkan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kepada se seluruh pihak yang ikut mendukung secara langsung maupun tidak langsung kami ucapkan banyak terimakasih

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Ivandri, I. P. Mulyatno, and Kiryanto, "Jurnal Teknik Perkapalan," *J. Tek. Perkapalan*, vol. 5, no. 4, p. 785, 2017, [Online]. Available: http://ejournal3.undip.ac.id/index.php/n_aval
- [2] L. Pivano, Ø. N. Smogeli, T. A. Johansen, and T. I. Fossen, "Experimental validation of a marine propeller thrust estimation scheme," *Model. Identif. Control*, vol. 28, no. 4, pp. 105–112, 2007, doi: 10.4173/mic.2007.4.2.
- [3] M. Arifin, D. Faturachman, and F. Octaviani, "Analisa Pengaruh Perubahan Pitch Ratio dan Jumlah Blade Terhadap Kavitasasi Pada Controllable Pitch Propeller (CPP)," *J. Sains dan Teknol. Fak. Tek. Univ. Darma Persada*, vol. 9, no. 2, pp. 63–74, 2019.
- [4] P. Free, R. Popeller, and P. Kapal, "Pemakaian baling-baling bebas putar (," pp. 140–145.
- [5] MAN Diesel & Turbo, "Basic Principles of Ship Propulsion," *Man Diesel Turbo*, pp. 1–42, 2011, [Online]. Available: http://www.mandieselturbo.com/files/news/files/5405/5510_004_02_low.pdf
- [6] A. F. Molland, S. R. Turnock, and D. A. Hudson, *Ship Resistance and Propulsion*. Cambridge University Press, 2017. doi: 10.1017/9781316494196.
- [7] S. W. Adji *et al.*, "Engine-propeller matching," pp. 1–31, 2005.
- [8] F. Laamena and A. Taihutu, "Kajian Optimasi Ukuran Kapal Tradisional dan Perhitungan Hambatannya," *J. Tek. Mesin, Elektro, Inform. Kelaut. dan Sains*, vol. 1, no. 1, pp. 17–22, 2021, doi: 10.30598/metiks.2021.1.1.17-22.
- [9] K. C. P. Lumbanraja, D. Chrismiando, and S. Samuel, "Perhitungan Nilai Maksimum Thrust, Torque, dan Efficiency Propeller Tipe B-4 Series pada Kapal Tugboat dengan Modifikasi Diameter, Rake, dan Pitch menggunakan Metode Komputasi," *J. Rekayasa Hijau*, vol. 5, no. 1, pp. 63–78, 2021, doi: 10.26760/jrh.v5i1.63-78.
- [10] H. Simbolon, A. Trimulyono, and G. Rindo, "Analisa Nilai Maximum Thrust Propeller B-Series Dan Kaplan Series Pada Kapal Tugboat Ari 400 Hp Dengan Variasi Diameter, Jumlah Daun, Sudut Rake Menggunakan Cfd," *J. Tek. Perkapalan*, vol. 3, no. 4, pp. 394–404, 2015.
- [11] Yermias Rahardian Andilolo, Parlindungan Manik, Muhammad Iqbal (2017) Studi Kasus Kinerja Propeller Kaplan Series Akibat Pengurangan Diameter dan Penambahan End Plate dengan Metode CFD.