

ANALISA ENGINE PROPELLER MATCHING PADA KAPAL PERINTIS BARU TYPE 200 DWT UNTUK MEDAPATKAN SISTEM PROPULSI YANG OPTIMAL

Adhi Paska¹, Eko Sasmito Hadi¹, Kiryanto¹

¹)Program Studi S1 Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Email : adhipaska04@gmail.com, ekosasmitohadi@gmail.com, kiryantodsf@yahoo.com

Abstrak

Kapal Perintis 200 DWT adalah kapal yang beroperasi di wilayah Kepulauan Seribu, Jakarta. Kapal tersebut mengalami modifikasi pada bentuk lambung kapal yang dimaksudkan agar bentuk lambung baru dapat meningkatkan performa sistem penggerak kapal dari bentuk lambung sebelumnya. Perhitungan untuk menentukan sistem penggerak yang optimal dapat dilakukan dengan menghitung tahanan kapal, daya mesin yang sesuai dengan tahanan tersebut, hingga menentukan karakteristik *propeller* rekomendasi. Karakteristik *propeller* diantaranya A_e/A_o , Diameter *propeller*, *Pitch* dan lain – lain. Adapun karakteristik lainnya seperti Koefisien Advance (J), *Pitch Ratio* (P/D) ditentukan dengan variasi dari nilai 0,5 hingga 1,4. Dengan karakteristik tersebut dapat dihasilkan k_t , k_q , efisiensi, serta daya dan kecepatan *propeller*. Dari perhitungan didapatkan spesifikasi mesin rekomendasi Kapal Perintis 200 DWT lambung baru yaitu Caterpillar C18 Alert dengan daya 500 kW dan kecepatan 2100 rpm. Sedangkan karakteristik *propeller* yang optimal adalah dengan $A_e/A_o = 0,600$; $P/D = 0,8$; $J = 0,5$. Dan dari grafik *Matching Point* diketahui bahwa *Matching Point* kapal dengan modifikasi bentuk lambung baru lebih baik dari kapal dengan bentuk lambung lama.

Kata kunci: *Engine Propeller Matching*, Daya Mesin, Daya *Propeller*, Kecepatan *Propeller*, Grafik *Matching Point*, *GearBox Ratio*

Abstract

Pioneer 200 DWT vessel is a vessel that operates in the Seribu Islands, Jakarta. The vessel was modified for the hull shape which is intended to form the new hull can improve system performance of a ship propulsion hull shape before. Calculations to determine the optimum drive system can be done by calculating the resistance calculation, the engine power in accordance with the detainees, to determine the characteristics of the propeller recommendation. Propeller characteristics such A_e / A_o , propeller diameter, pitch and others. As for other characteristics such as the coefficient Advance (J), Pitch Ratio (P / D) was determined by the variation of the value of 0.5 to 1.4. With these characteristics can be produced k_t , k_q , efficiency, and power and propeller speed. From the calculation, a recommendation engine specifications Pioneer 200 DWT Ships new hull Caterpillar C18 Alert with a power of 500 kW and a speed of 2100 rpm. While the characteristics of an optimal propeller is with $A_e / A_o = 0.600$; $P / D = 0.8$; $J = 0.5$. And from the graph Matching Point is known that ships with the new hull shape modification is better than the old ship with a hull form.

Key Words: Engine Propeller Matching, Engine Power, Propeller Power, Propeller Speed, Matching Point Chart, GearBox Ratio

1. PENDAHULUAN

Kapal Perintis 200 DWT adalah kapal yang beroperasi di wilayah Kepulauan Seribu, Jakarta. Kapal tersebut mengalami modifikasi pada bentuk lambung kapal yang dimaksudkan agar bentuk

lambung baru dapat meningkatkan performa sistem penggerak kapal dari bentuk lambung sebelumnya. Namun dalam perhitungan tersebut akan menimbulkan beberapa permasalahan diantaranya yaitu analisa hambatan, pemilihan daya mesin yang tepat dan optimal dan sesuai dengan hambatan kapal,

analisa *Engine Propeller Matching* hingga pemilihan propeller yang tepat pada kapal Perintis baru *type 200 DWT*.

Namun perhitungan dan kajian yang tepat untuk menentukan penggunaan mesin penggerak (*engine*) serta sistem propulsi pada kapal dapat menghasilkan kinerja kapal menjadi optimal. Hal ini menyebabkan meningkatkan efektifitas kegiatan pelayaran kapal baik dari segi konsumsi bahan bakar hingga efektifitas waktu pelayaran karena tercapainya kecepatan kapal yang diinginkan dan berdampak pada meningkatnya nilai ekonomis kapal.

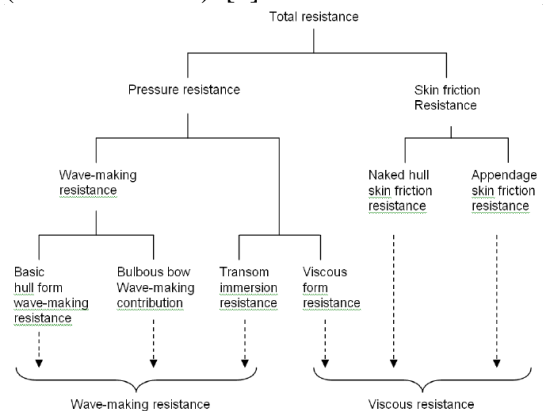
Pada kajian ini juga peneliti membatasi permasalahan yang dibahas adalah pada bentuk lambung kapal mengacu pada bentuk lambung kapal perintis yang baru, tidak membahas kondisi perairan, hanya melakukan variasi J dan P/D pada *propeller* rekomendasi, dan hasil dari *propeller* rekomendasi adalah jenis *propeller B-Series*. Sehingga dapat menjadi dasar acuan teoritis untuk melakukan analisa hambatan kapal menggunakan pendekatan hambatan kapal yang sesuai untuk Kapal Perintis 200 DWT bentuk lambung baru, menentukan daya dan spesifikasi mesin yang optimal, melakukan analisa *Engine Propeller Matching* agar mendapatkan performa propulsi yang optimal, hingga membandingkan performa sistem propulsi kapal perintis *type 200 DWT* lama dengan kapal perintis *type 200 DWT* dengan modifikasi bentuk lambung baru.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Hambatan Kapal

Kapal yang bergerak maju diatas gelombang akan mengalami suatu perlawanan yang disebut hambatan. Hambatan tersebut merupakan gaya fluida yang melawan gerakan kapal, dimana sama dengan komponen gaya fluida yang bekerja sejajar dengan sumbu gerakan kapal. Berdasarkan pada proses fisiknya, mengemukakan bahwa hambatan pada kapal yang bergerak di permukaan air terdiri dari dua komponen utama yaitu tegangan normal (*normal stress*) dan tegangan geser (*tangential stress*). Tegangan normal berkaitan dengan hambatan gelombang (*wave making*) dan tegangan viskos. Sedangkan tegangan geser disebabkan oleh adanya viskositas

fluida. Kemudian menyederhanakan komponen hambatan dalam dua kelompok utama yaitu hambatan viskos (*viscous resistance*) dan hambatan gelombang (*wave resistance*). [1]



Gambar 1. Komponen hambatan kapal

Standar internasional dari *ITTC* mengklasifikasikan hambatan kapal di air tenang (*calm water*), secara praktis dalam dua komponen hambatan utama yaitu hambatan viskos (*viscous resistance*) yang terkait dengan bilangan *Reynolds* dan hambatan gelombang (*wave making resistance*) yang bergantung pada *Froude*, dimana korelasi kedua komponen tersebut diperlihatkan dalam persamaan

$$R_{T(Re,Fr)} = (1+k)_{(Fr)} R_{F(Re)} + R_{W(Fr)} \quad (1)$$

Hambatan gelombang (R_w) mengandung komponen fluida ideal (*inviscid*) dan hambatan viskos atau kekentalan (R_v) meliputi hambatan akibat tegangan geser (*Friction drag*) dan komponen tekanan kekentalan (*viscous pressure*). Total hambatan kapal dapat dinyatakan dengan persamaan

$$RT = \frac{1}{2} \rho C_T (WSA) V^2 \quad (2)$$

2.2. Daya Motor Penggerak Kapal

2.2.1. Daya Efektif

Daya Efektif (PE) adalah besarnya daya yang dibutuhkan untuk mengatasi gaya hambat dari badan kapal (*hull*), agar kapal dapat bergerak dari satu tempat ketempat yang lain dengan kecepatan servis sebesar V_S . [2] Daya Efektif ini merupakan fungsi dari besarnya gaya hambat total dan kecepatan kapal. Untuk mendapatkan besarnya Daya Efektif kapal, dapat

digunakan persamaan sebagai berikut :

$$P_E = R_T * V_s \quad (3)$$

dimana :

P_E =Daya Efektif,

R_T =Gaya Hambat Total,

V_S =Kecepatan Servis kapal

2.2.2. Daya Dorong

Daya Dorong (P_T) 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. [2] Adapun persamaan Daya Dorong dapat dituliskan sebagai berikut :

$$P_T = T \times V_a \quad (4)$$

dimana :

P_T = Daya Dorong

T = Gaya Dorong

V_a = Kecepatan *advanced* aliran fluida dibagian Buritan kapal

2.2.3. Daya Disalurkan

Daya Yang Disalurkan (P_D) adalah daya yang diserap oleh baling-baling kapal guna menghasilkan Daya Dorong sebesar P_T , atau dengan kata lain, P_D merupakan daya yang disalurkan oleh motor penggerak kebaling-baling kapal (*propeller*) yang kemudian dirubahnya menjadi Daya Dorong kapal (P_T). [2]

2.2.4. Daya Poros

Daya Poros (P_S) adalah daya yang terukur hingga daerah didepan bantalan tabung poros (*stern tube*) dari system perporosan penggerak kapal. Untuk kapal-kapal yang berpengerak dengan Turbin Gas, pada umumnya, daya yang digunakan adalah P_S . Sementara itu, istilah Daya Rem (*Brake Power, P_B*) adalah daya yang dihasilkan oleh motor penggerak utama (*main engine*) dengan tipe *marine diesel engines*.

2.3. Propeller Kapal

2.3.1. Hidrodinamika propeller

Dalam membuat bentuk dasar *propeller* dibutuhkan bentuk yang hidrodinamis yaitu yang dinamakan *Hydrofoil* dimana menghasilkan suatu *lift* yang lebih besar

dibandingkan dengan *drag*-nya. Pergerakan dari *hydrofoil* ini terjadi pada suatu media fluida dengan kecepatan yang memungkinkan terjadinya hidrodinamika. Hidrodinamika adalah peristiwa di mana kecepatan antara bagian atas dan bawah *hydrofoil* terjadi perbedaan. Fluida yang melalui bagian atas *hydrofoil* melaju lebih cepat daripada fluida yang melewati bagian bawah. Hal ini disebabkan adanya perbedaan tekanan antara aliran fluida bagian atas dan aliran fluida bagian bawah. Seperti yang kita ketahui bahwa besarnya tekanan berbanding terbalik terhadap besarnya kecepatan. [3]

Sehingga yang terjadi adalah aliran fluida yang melalui bagian bawah *hydrofoil* lebih pelan bila dibandingkan bagian atas *hydrofoil*. Perbedaan tekanan yang terjadi inilah yang kemudian akhirnya menimbulkan fenomena *lift* atau gaya angkat itu.

2.3.2. Karakteristik Baling-baling Kapal

Secara umum karakteristik dari baling-baling kapal pada kondisi *open water test* adalah seperti yang direpresentasikan pada diagram $KT - KQ - J$. Setiap tipe dari masing-masing baling-baling kapal, memiliki karakteristik kurva kinerja yang berbeda-beda. Sehingga kajian terhadap karakteristik baling-baling kapal tidak dapat di-generalised untuk keseluruhan bentuk atau tipe dari baling-baling. [4] Model persamaan untuk karakteristik kinerja baling-baling kapal adalah sebagai berikut

$$KT = \frac{T}{\rho n^2 D^4} \quad (4)$$

$$KQ = \frac{Q}{\rho n^2 D^5} \quad (5)$$

$$J = \frac{V_a}{nD} \quad (6)$$

$$C_T = \frac{T}{\frac{1}{2} \rho V_a^2 (\pi/4) D^2} = \frac{8 KT}{\pi J^2} \quad (7)$$

Dimana :

KT = Koefisien dorong baling-baling

- KQ = Koefisien torsi baling-baling
- J = Koefisien *advanced* baling-baling
- C_T = koefisien beban gaya dorong
- V_a = kecepatan *advanced*
- D = diameter *propeller*
- N = putaran *propeller*
- T = *thrust propeller*
- Q = *torque propeller*

2.3.3. Propeller B-series

Propeller B series atau lebih dikenal dengan *Wageningen* merupakan *propeller* yang paling sering digunakan terutama pada kapal jenis *merchant ship*. Bentuk dari *propeller B-series* sangatlah sederhana. *Propeller* ini mempunyai section yang modern dan karakteristik kinerja yang baik. Pada umumnya, *propeller B-Series* mempunyai variasi.

- P/D 0,5 sampai 1,4
- Z 2 sampai 7
- Ae/Ao 0,3 sampai 1,05

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Data – Data Penelitian

Data Dimensi Kapal :

- Loa : 50 m
- Lpp : 45,54 m
- B : 9,0 m
- H : 3,5 m
- T : 2,3 m
- Vs : 14 knot

3.2. Teori dan Referensi Penelitian

Teori tentang dasar dan referensi yang dijadikan untuk pengolahan data dalam penelitian tugas akhir ini adalah :

1. Teori tentang hambatan kapal.
2. Teori tentang penentuan daya *Engine* kapal.
3. Teori tentang *Engine propeller matching* dan propulsi kapal.
4. *Manual book* dari software yang digunakan untuk penelitian ini.

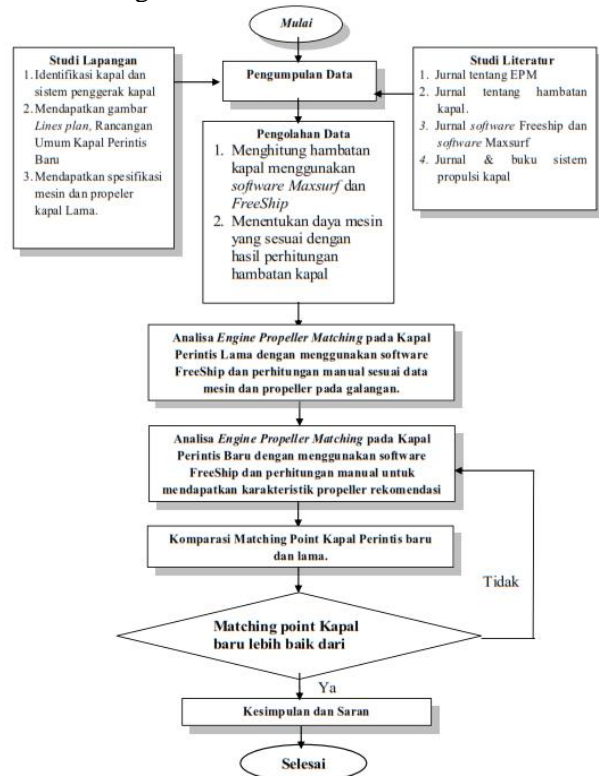
3.3. Pengolahan Data

Data yang didapat dari hasil *observasi* dan pengukuran kemudian setelah di dapatkan ukuran utama kapal dan spesifikasi mesin. Tahapan pengolahan data meliputi:

1. Pembuatan model lambung Kapal Perintis baru *type 200 DWT* dengan *software Maxsurf dan Freeship* .
2. Melakukan identifikasi analisa hambatan kapal dan kecepatan menggunakan *software* dan manual.
3. Menentukan pemilihan daya mesin yang optimal untuk Kapal Perintis baru *type 200 DWT* sesuai dengan hambatan kapal yang ada.
4. Perhitungan analisa *Engine Matching Propeller* menggunakan data mesin kapal yang didapat dari hasil perhitungan hambatan Kapal Perintis baru *type 200 DWT*.
5. Penentuan spesifikasi *propeller* yang optimal bagi Kapal Perintis baru *type 200 DWT*.
6. Membandingkan karakteristik propeller Kapal Perintis baru dengan Kapal Perintis lama *type 200 DWT*.

3.4. Diagram Alir Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini terangkum secara sistematis dalam diagram alir di bawah ini :

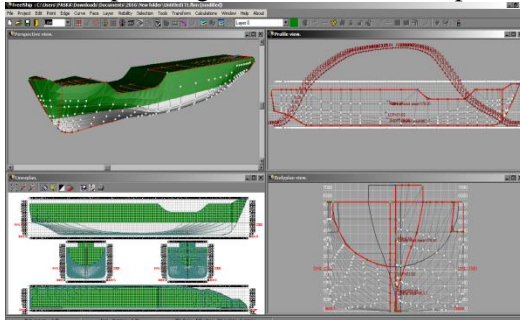


Gambar 2. Diagram alir penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pemodelan

Dari data dan linesplan dibuat model badan kapal dengan software FreeShip



Gambar 3. Pemodelan kapal pada software FreeShip

4.2. Hambatan

Dengan menggunakan metode *holtrop* dari paket perhitungan pada program *FreeShip 3.4* dengan kecepatan maksimum sampai dengan 14 knots. Dari hasil analisa software *FreeShip* didapatkan besarnya hambatan yang dialami kapal pada kecepatan 14 knot adalah 63,9 kN dan membutuhkan daya mesin sebesar 460,4 kW.

Perhitungan tahanan total kapal (R_t)

$$R_T = R_T + R_A \\ = 44,48 + 9,57 = 54,04 \text{ kN}$$

Berdasar kan perhitungan Manual didapatkan hambatan total sebesar 54,05 kN sedangkan dengan menggunakan *FreeShip* didapatkan hasil 63,9 kN.

4.3. Perhitungan Daya Mesin

4.3.1. Perhitungan Daya Efektif (EHP)

$$EHP = R_t \times V_t \\ EHP = 308,55 \text{ HP}$$

Karena kapal perintis 200 DWT merupakan kapal *twin screw* dengan mesin ganda, maka perhitungan daya mesin dibagi oleh 2 mesin, dengan hambatan dibagi 2 dan dibebankan kepada setiap mesin yang sama.

4.3.2. Perhitungan SHP dan DHP

Untuk SHP dengan metode Holtrop harus ditentukan efisiensi propulsinya.

$$SHP = EHP / P_c$$

Setelah masing-masing efisiensi propulsi diketahui maka nilai propulsive coefficient (P_c) dapat diketahui.

$$P_c = \eta_H \times \eta_O \times \eta_R \\ = 1,2116 \times 0,6414 \times 1,014$$

$$P_c = 0,788$$

Setelah P_c diketahui maka SHP dapat dihitung dengan cara :

$$SHP = EHP / P_c \\ = 391,56 \text{ HP}$$

$$DHP = SHP \times 0,98 \\ = 383,73 \text{ HP}$$

4.3.3. Perhitungan BHP (Brake Horse Power)

Perhitungan BHP menggunakan dua koreksi yaitu :

Koreksi sebesar 3 % SHP untuk letak kamar mesin di belakang.

$$BHP = SHP + 3 \% SHP \\ = 391,56 + 3 \% \times 391,56 \\ = 403,3 \text{ HP}$$

Karena rute pelayaran kapal ini adalah Jakarta - Banjarmasin termasuk dalam jalur pelayaran asia timur (15-20%) , dikarenakan kondisi perairan relatif berombak. Maka nilai koreksi yang diambil sebesar 20% :

$$BHP = SHP + x \% .SHP \text{ (dimana: x diambil 20 \%)}$$

$$BHP = 469,87 \text{ HP} \approx 671 \text{ HP}$$

(Pembulatan didapat dari BHP mesin yang telah dicari)

4.4. Analisa Engine Propeller Matching

4.4.1. Analisa menggunakan Software FreeShip

FreeShip adalah software desain kapal yang dapat menganalisa berbagai metode hambatan kapal, kapal hingga perencanaan desain *propeller* kapal. Adapun peneliti menggunakan software *FreeShip* sebagai perbandingan perhitungan manual *Engine Propeller Matching*. Adapun hasil perhitungan dari software *FreeShip* untuk kapal Perintis baru, yaitu :

<i>Propeller Diameter (D)</i>	:1,950 m
<i>Pitch Diameter Ratio (P/D)</i>	:0,900
<i>Expanded Area (Ae/Ao)</i>	:0,600
<i>Rpm Propeller</i>	:317,840
<i>Advance Coefficient (J)</i>	:0,602
<i>Thrust Coefficient (kt)</i>	:0,175
<i>Torque Coefficient (kq)</i>	:0,026
<i>Propeller Efficiency</i>	:0,639
<i>Propeller Thrust (T)</i>	:72,900 kN

Adapun hasil perhitungan dari software

FreeShip adalah karakteristik dari desain optimum baling – baling rekomendasi, yaitu :

<i>Propeller Diameter (D)</i>	:1,85 m
<i>Pitch Diameter Ratio (P/D)</i>	:0,9937
<i>Expanded Area (Ae/Ao)</i>	:1,0416
<i>Rpm Propeller</i>	:288,76
<i>Advance Coefficient (J)</i>	:0,564
<i>Thrust Coefficient (kt)</i>	:0,241
<i>Torque Coefficient (kq)</i>	:0,038
<i>Propeller Efficiency</i>	:0,561
<i>Propeller Thrust (T)</i>	:66,400 kN

4.4.2. Perhitungan Manual Engine Propeller Matching

A. Pemilihan Propeller

Dalam pemilihan propeller diperlukan pengetahuan dan pengalaman dalam hal memilih baling – baling yang diminta. Hal-hal yang perlu di perhatikan dalam pemilihan baling – baling antara lain :

a. Diameter baling – baling

Diameter baling baling dapat di tentukan dengan menggunakan metode sebagai berikut : [5]

Tabel 1. Perhitungan diameter Propeller

Code	Aperture
A	D x 0,06
B	D x 0,08
C	D x 0,10
D	Dx 0,13
R	D x 0,06

$$x = D + a + b$$

$$2,224 = D + (0,06 x) + (0,08 + D)$$

$$2,224 = (1 + 0,06 + 0,08) D$$

$$2,224 = 1,14 D$$

$$D = 2,224/1.14$$

$$D = 1,95 \text{ m}$$

Sehingga diameter baling – baling tidak boleh kurang dari 1,95 m

b. Luas daun serta blade area ratio (Ae/Ao)

Untuk menghindari terjadinya kavitasi serta mendapatkan daya dorong baling – baling yang besar pada kondisi pelayaran saat menarik untuk kapal ikan biasanya berkisar antara 0,50 -

0,65 , untuk Kapal Perintis 200 DWT di pilih Ae/Ao sebesar 0,60.

c. Menentukan Pitch Ratio (P/D)

Harga Pitch Ratio (P/D) biasanya berkisar antara 0,50 sampai 1,40 [8]. Oleh karena itu peneliti melakukan variasi Pitch Ratio (P/D) dari 0,5 sampai 1,4 dengan kenaikan 0,1 per tingkat variasinya.

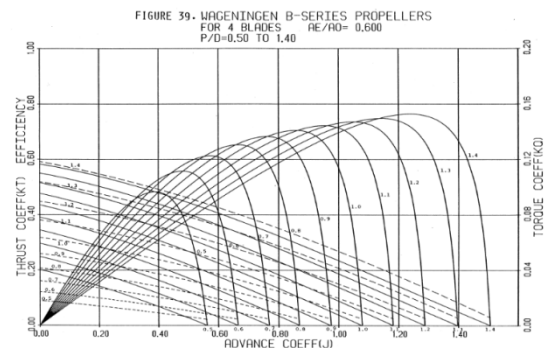
d. Koefiien advance (J)

Harga Koefiien advance (J) biasanya berkisar antara 0,20 sampai 1,40 [8]. Oleh karena itu peneliti melakukan variasi Koefiien advance (J) dari 0,5 sampai 1,4 dengan kenaikan 0,1 per tingkat variasinya.

e. Efisiensi baling-baling

Baling – baling sebaiknya dipilih pada efisiensi yang besar dengan tujuan untuk mengoptimalkan putaran daun dari baling – baling tersebut

Berdasarkan pengukuran menggunakan table Wagening Series dengan Ae/Ao = 0,600 didapatkan :



Gambar 4. Grafik wageningen b-series Ae/Ao = 0,600

Tabel 2. Variasi J dan P/D

P/D	0,5			0,6		
	kt	kq	eff	kt	kq	eff
0,5	0,02	0,01	0,33			
0,6	0,07	0,01	0,53	0,03	0,01	0,38
0,7	0,13	0,01	0,57	0,08	0,01	0,58
0,8	0,18	0,02	0,56	0,13	0,02	0,62
0,9	0,23	0,03	0,53	0,19	0,02	0,61
1	0,28	0,04	0,50	0,24	0,03	0,58
1,1	0,33	0,05	0,47	0,29	0,05	0,55
1,2	0,37	0,06	0,44	0,33	0,06	0,52
1,3	0,41	0,08	0,41	0,38	0,07	0,49
1,4	0,45	0,09	0,38	0,42	0,08	0,46

Dari data diatas dapat menentukan nilai nilai karakteristik *Propeller* lainnya seperti rpm dan daya propeller.

1. *Rotation per minutes (rpm) Propeller*

Rotation per minutes (rpm) Propeller merupakan banyaknya putaran maksimal yang dapat dihasilkan oleh propeler dalam satu menit. Rpm juga bisa didapat dari rumus *rotation per second (rps)* dikalikan 60. Adapun rumus *rotation per second (rps)* adalah :

$$n = \frac{V_A}{J \times D}$$

Dimana :

- Va : *Speed of advance* (m/s)
- N : putaran baling baling (Rps)
- D : diameter baling baling (m)

Dimana Va adalah kecepatan *advance* aliran yang melewati propeller. Adapun perhitungan mencari Va adalah :

$$w_f = 0,81 \times cb - 0,34 \text{ [N]}$$

$$= 0,1632$$

$$V_a = \text{Speed of advance}$$

$$= V_s \cdot (1 - w)$$

$$= 7,2016 (1 - 0,1632)$$

$$= 6,22 \text{ m/s}$$

2. *Daya Propeller (Pprop)*

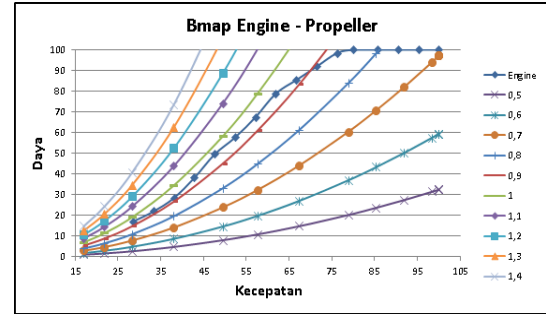
Untuk *propeller torque* merupakan hasil pengolahan secara grafis dari *hull & propeller interaction*, yang kemudian dikembangkan seperti persamaan dibawah ini :

$$Q_{Prop} = K Q \rho \times n^2 \times D^5$$

$$P_{prop} = [Q_{Prop}] \times \text{Speed Propeller}$$

Tabel 3. Variasi J = 0,5 dengan P/D = 0,5 hingga P/D = 1,4

J	0,5				
P/D	rps Prop	P prop	% P prop	rps Eng	P eng
0,5	6,38	3,62	32,37	35,00	11,18
0,6	6,38	6,64	59,35	35,00	11,18
0,7	6,38	10,86	97,11	35,00	11,18
0,8	6,38	15,08	134,88	35,00	11,18
0,9	6,38	20,51	183,44	35,00	11,18
1	6,38	26,55	237,39	35,00	11,18
1,1	6,38	33,79	302,13	35,00	11,18
1,2	6,38	40,43	361,48	35,00	11,18
1,3	6,38	48,27	431,62	35,00	11,18
1,4	6,38	56,72	507,15	35,00	11,18



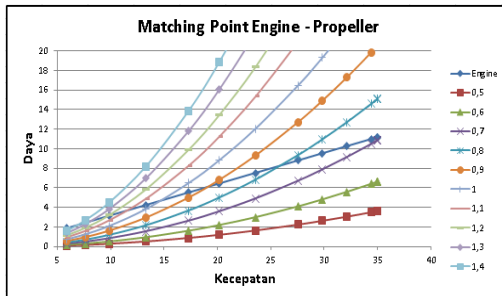
Gambar 5. Grafik Bmep variasi J = 0,5 dan P/D = 0,5 – 1,4

Dari grafik dapat dilihat bahwa variasi J = 0,5 dengan P/D = 0,5 ; J = 0,5 dengan P/D = 0,6 ; J = 0,5 dengan P/D = 0,7 daya *propeller* tersebut masih dapat diakomodasi oleh Mesin yang ada, namun daya *propeller* pada karakteristik propeller tersebut masih rendah sehingga kurang efisien terhadap daya mesin yang ada. Daya *propeller* pada variasi J = 0,5 dengan P/D = 0,8 juga memenuhi dengan daya mesin, dan grafiknya pun mendekati grafik Bmep Mesin sehingga paling sesuai dalam menyerap daya mesin yang ada (lebih efisien dari variasi sebelumnya). Sedangkan daya *propeller* pada variasi J = 0,5 dengan P/D = 0,9 hingga P/D = 1,4 sudah melewati daya mesin yang ada, sehingga daya *propeller* tidak terakomodasi oleh mesin yang tersedia.

Adapun grafik interaksi antara rotasi, daya mesin dan *propeller* dalam variasi J dari 0,5 – 1,4 serta P/D dari 0,5 – 1,4 adalah sebagai berikut :

Tabel 4. Variasi J = 0,5 dengan P/D = 0,5 hingga 1,4

J	0,5		
P/D	rpm Eng	P Eng	P prop
0,5	35,00	11,18	3,62
0,6	35,00	11,18	6,64
0,7	35,00	11,18	10,86
0,8	35,00	11,18	15,08
0,9	35,00	11,18	20,51
1	35,00	11,18	26,55
1,1	35,00	11,18	33,79
1,2	35,00	11,18	40,43
1,3	35,00	11,18	48,27
1,4	35,00	11,18	56,72



Gambar 6. Grafik *Matching Point* $J = 0,5$ dan $P/D = 0,5 - 1,4$

Dari grafik dapat dilihat bahwa letak *matching point* yang paling tinggi adalah pada variasi $J = 0,5$ dengan $P/D = 0,8$, sehingga pada variasi tersebut *matching point* berada pada kecepatan (rpm) tertinggi dan diasumsikan paling optimal.

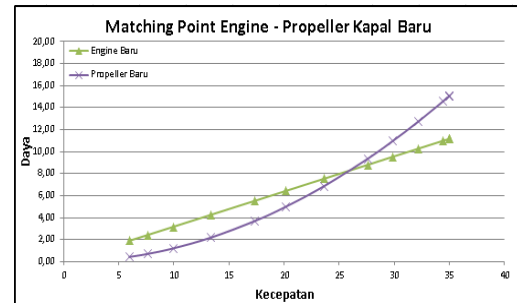
Sehingga didapatkan karakteristik *Propeller* sebagai berikut:

- Tipe : B4-60
- Diameter : 1,95 m
- Pitch : 1,56 m
- P/D : 0,80
- Ae/Ao : 0,600
- Jumlah daun : 4
- Blade section : B-series

Adapun *Gearbox* yang digunakan dalam mereduksi putaran mesin untuk disalurkan ke *propeller* digunakan rasio 1:5,48. Dan grafik *Matching Point* dari mesin dan *Propeller* rekomendasi adalah :

Tabel 5. Perhitungan Daya dan Kecepatan *Propeller* serta Mesin Kapal Perintis Baru

rps Eng	P Eng	rps Prop	P prop
5,95	1,90	0,44	1,08
7,64	2,44	0,72	1,39
9,91	3,17	1,21	1,81
13,32	4,26	2,19	2,43
17,31	5,53	3,69	3,16
20,17	6,44	5,01	3,68
23,59	7,54	6,85	4,30
27,58	8,81	9,37	5,03
29,87	9,54	10,98	5,44
32,15	10,27	12,73	5,86
34,43	11,00	14,60	6,28
35,00	11,18	15,08	6,38
35,00	11,18	15,08	6,38
35,00	11,18	15,08	6,38
35,00	11,18	15,08	6,38
35,00	11,18	15,08	6,38



Gambar 7. Grafik *Matching Point* Mesin dan *propeller* Kapal Perintis baru

Dalam identifikasi karakteristik *propeller* kapal perintis 200 DWT lama yang didapat dari galangan, karakteristik *propeller* kapal diketahui sebagai berikut :

- Diameter (D) : 1,9 m
- P/D : 1,322
- Ae/ Ao : 0,400
- Jumlah Daun : 4
- Koeff Advanced (J) : 0,564
- Koeff Thrust (kt) : 0,24
- Koeff Torque (kq) : 0,0386
- Prop. Efficiency : 0,583

Dari data diatas dapat menentukan nilai nilai karakteristik *Propeller* lainnya seperti rpm dan daya *propeller*.

$$w_f = 0,81 \times cb - 0,34 \text{ [N]}$$

$$= 0,81 \times 0,62 - 0,34$$

$$= 0,1888$$

$$V_a = \text{Speed of advance}$$

$$= V_s \cdot (1 - w)$$

Sumber : PNA vol. II

$$= 6,1728 (1 - 0,1888)$$

$$= 5,00 \text{ m/s}$$

Daya *Propeller* (Pprop)

Didalam mengembangkan 'trend' karakteristik beban *propeller*, variabel yang terlibat adalah *propeller torque* dan *propeller speed*. Untuk *propeller torque* merupakan hasil pengolahan secara grafis dari *hull & propeller interaction*, yang kemudian dikembangkan seperti persamaan dibawah ini :

$$P_{prop} = (K_Q \times \rho \times n^2 \times D^5) \times \text{rpm}$$

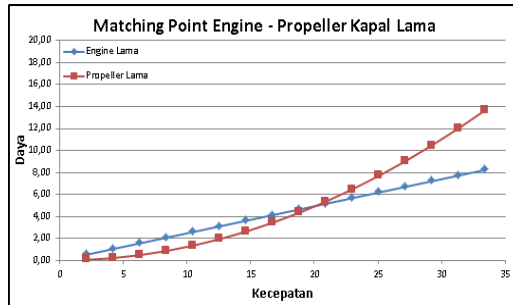
$$= (0,065 \times 1,025 \times 4,68^2 \times 1,9^5) \times 281,07$$

$$= 13,6087$$

Jadi grafik *Matching Point* pada kapal perintis 200 DWT lama menurut data diatas adalah sbegai berikut :

Tabel 6. Perhitungan Daya dan Kecepatan *Propeller* serta Mesin Kapal Perintis Lama

rps Eng	P Eng	rps Prop	P prop
2,08	0,51	0,29	0,05
4,17	1,03	0,58	0,21
6,25	1,54	0,88	0,48
8,33	2,06	1,17	0,85
10,42	2,57	1,46	1,33
12,50	3,08	1,76	1,91
14,58	3,60	2,05	2,60
16,67	4,11	2,34	3,40
18,75	4,62	2,63	4,31
20,83	5,14	2,93	5,32
22,91	5,65	3,22	6,43
25,00	6,17	3,51	7,65
27,08	6,68	3,80	8,98
29,16	7,19	4,10	10,42
31,25	7,71	4,39	11,96
33,33	8,22	4,68	13,61



Gambar 8. Grafik *Matching Point* Mesin dan *propeller* Kapal Perintis lama

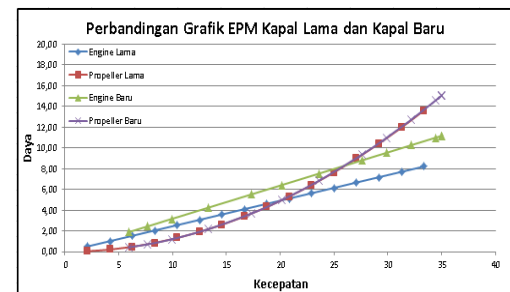
Berdasarkan grafik diatas, diketahui *matching point* antara karakter mesin dan karakter baling-baling berada pada rpm baling-baling antara 5,2 s/d 5,7 atau rps mesin antara 21 s/d 23, merupakan titik dimana baling-baling bekerja secara maksimal yaitu *power* yang dihasilkan oleh mesin penggerak kapal mampu diserap secara sempurna, pada kondisi ini tentunya akan memberikan konsekuensi optimal terhadap pemakaian konsumsi bahan bakar dari motor penggerak kapal terhadap kecepatan servis yang diinginkan.

4.5. Perbandingan Karakteristik *Propeller* Kapal Perintis 200 DWT bentuk lambung baru dengan perhitungan Kapal Perintis 200 DWT lama.

Analisa *engine propeller matching* telah dilakukan kepada dua midel berbeda, yakni kapal perintis 200 DWT bentuk lambung baru dengan kapal perintis 200 DWT model lama. Adapun perbandingan karakteristik *propeller* yang digunakan pada kedua kapal tersebut serta perbedaan *match point* adalah sebagai berikut :

Tabel 7. Perbandingan Karakteristik *Propeller* Kapal Baru dan Kapal Lama

	Perintis 200 DWT lama	Perintis 200 DWT baru
Diameter	1,90 m	1,95 m
P/D	1,322	0,80
Ae/Ao	0,400	0,600
J	0,564	0,50
Kt	0,24	0,18
Kq	0,386	0,025
<i>Efficiency</i>	0,583	0,635
Rpm	281,07	382,77
Va	5,00 m/s	6,22 m/s



Gambar 9. Grafik perbandingan *matching point* kapal Perintis lama dan baru.

Pada grafik ditunjukkan bahwa *matching point* antara mesin dan *propeller* kapal perintis 200 DWT bentuk lambung lama letaknya dibawah *matching point* antara mesin dan *propeller* kapal perintis 200 DWT bentuk lambung baru, sehingga dapat disimpulkan bahwa mesin dan *propeller* kapal perintis 200 DWT bentuk lambung baru dapat menghasilkan daya dan kecepatan diatas kapal perintis 200 DWT bentuk lambung lama. Dan hal itu disebabkan mulai dari pengaruh perbedaan bentuk lambung yang menyebabkan hambatan yang berbeda, hingga pemilihan mesin dan *propeller* yang lebih optimal dari pada mesin dan *propeller* kapal perintis 200 DWT bentuk lambung lama.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Metode perhitungan hambatan pada Kapal Perintis 200 DWT bentuk lamung baru adalah dengan metode holtrop, adapun hasil perhitungannya disimpulkan Kapal Perintis 200 DWT bentuk lambung baru mempunyai hambatan total sebesar 63,9 kN.
2. Mesin yang direkomendasikan pada Kapal Perintis 200 DWT bentuk lamung baru adalah Mesin Merk Caterpillar C18 dengan daya 500 kW dan putaran 2100 rpm.
3. Adapun karakteristik *propeller* yang direkomendasikan untuk Kapal Perintis 200 DWT bentuk lamung baru adalah sebagai berikut :

Tipe : B4-60

Diameter : 1,95 m

Pitch : 1,56 m

P/D : 0,80

J : 0,50

Ae/Ao : 0,600

Jumlah daun : 4

Blade section : B-series

Berdasarkan hasil perbandingan matching point antara Kapal Perintis 200 DWT bentuk lambung baru dengan Kapal Perintis 200 DWT bentuk lambung lama, disimpulkan bahwa *matching point* Kapal Perintis 200 DWT bentuk lambung baru mempunyai hasil yang lebih optimal baik dari segi daya yang dihasilkan oleh mesin dan *propeller* hingga dari kecepatan atau rpm yang dihasilkan. [8] Oleh karena itu, Kapal Perintis 200 DWT bentuk lambung baru dapat menghasilkan kecepatan dan efisiensi yang lebih baik dari Kapal Perintis 200 DWT bentuk lambung lama.

5.2. Saran

Adapun saran- saran yang dapat dilakukan terhadap analisa ini adalah sebagai berikut:

1. Metode Hambatan Kapal yang tepat

Pada penelitian selanjutnya direkomendasikan agar pemilihan metode hambatan disesuaikan dengan karakteristik kapal, sehingga dapat menentukan hambatan total dan memilih mesin kapal dengan tepat.

2. Menentukan variasi J dan P/D dengan tepat

Koefisien Advance (J) dengan *pitch ratio* (P/D) adalah variabel yang bebas sehingga kita harus cermat dalam menentukan variasinya, dan pengaruhnya terhadap karakteristik *propeller* lainnya hingga *matching point* dengan mesin.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Harvald, S A (1983), *Resistance and Propulsion of Ships*, John Wiley and Sons, Toronto, Canada.
- [2]. Adji, Surjo W. 2005. *Engine Propeller Matching*.
- [3]. Lewis, Edward, V. 1988. Society of Naval Architects and Marine Engineers (SNAME), *Principles of Naval Architecture Vol. II, Resistance and Propulsion*. New Jersey.
- [4]. Molland, A.F. (2008), *A Guide to Ship Design, Construction and Operation*, TheMaritime Engineering Reference Book, Butterworth- Heinemann, Elsevier.
- [5]. Radhiya, Rabbi. 2016. *Kajian Teknis dan Ekonomis Perubahan Kapal Cantrang Menjadi Kapal Purse Seine Ditinjau dari Sistem Penggerak Kapal*. Semarang : Universitas Diponegoro