



KAJIAN SINKRONISASI MESIN UTAMA DAN *PROPELLER* PADA KAPAL PERIKANAN PASCA REPARASI (STUDI KASUS KM. NELAYAN 2017-572)

*Study of Main Engine and Propeller Matching on Fishing Vessel After Repairation
(Case Study of KM. Nelayan 2017-572)*

Ahmad Yasim^{1,a}, Robertoes Koekoeh Koentjoro Wibowo², dan Kusnindar Priohutomo³

¹Teknik Konstruksi Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Jember, Jl. Kalimantan No. 37, Jember, Indonesia

²Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember, Jl. Kalimantan No. 37, Jember, Indonesia

³Balai Teknologi Hidrodinamika, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, Jl. Hidrodinamika BPPT, Surabaya, Indonesia

e-mail: ^aahmadyasim@unej.ac.id

Diterima: 08 April 2021; Direvisi: 21 Mei 2021; Disetujui: 27 Mei 2021

Abstrak

Sinkronisasi antara lambung, mesin utama dan *propeller* pada Kapal Perikanan 5 GT pasca reparasi perlu dikaji untuk memperoleh kecepatan dan mengoptimalkan performa kapal. Penelitian diawali dengan memprediksi hambatan kapal menggunakan metode Van Oortmersen, kemudian dilakukan analisa sinkronisasi mesin dan *propeller*, serta tahap akhir dilakukan optimasi. Hasil penelitian didapatkan sinkronisasi mesin dan *propeller* memenuhi kriteria yaitu $T_{engine} = T_{prop} = 1,98$ kN, $Ae/Ao_{min} 0,44 < Ae/Ao_{prop} 0,55$, dan faktor *load propeller* $1,77 < \text{faktor load mesin } 2,91$. Lebih lanjut, diketahui bahwa kapal memiliki kecepatan 7,3 knot yang mana telah memenuhi kecepatan desain yaitu berkisar 7 – 9 knot. Optimasi *engine propeller matching* dilakukan dengan mengubah *gearbox* dari rasio 2,5 menjadi 2,2 namun hasilnya hanya menambah kecepatan sebesar 0,4 knot sehingga dinilai komposisi terbaik adalah mempertahankan mesin dan sistem penggerak kapal yang telah ada.

Kata kunci: sinkronisasi; mesin utama; *propeller*; kapal perikanan; faktor *load*

Abstract

The synchronization between the hull, main engine and propeller on the 5 GT fishing vessel after reparation needs to be studied to obtain the vessel speed and to optimize the performance if needed. The research started by predicting ship resistance using the Van Oortmersen method, then analyzing the main engine and propeller synchronization, and as the final stage is optimization. The results showed that the synchronization between the engine and propeller had met the criteria where $T_{engine} = T_{prop} = 1,98$ kN, $Ae/Ao_{min} 0,44 < Ae/Ao_{prop} 0,55$, and propeller's load factor $1,77 < \text{engine's load factor } 2,91$. Furthermore, it was known that the vessel had a speed of 7,3 knots which had met the design speed range of 7 – 9 knot. Efforts to optimize the engine propeller matching was changing the gearbox from a ratio of 2,5 to 2,2 but the result was only increasing the speed by 0,4 knot so that the best composition is considered to maintain the existing engine and ship propulsion system.

Keywords: synchronization; main engine; *propeller*; fishing vessel; load factor

PENDAHULUAN

Kebijakan pemerintah untuk meningkatkan hasil perikanan tangkap melalui pengadaan kapal ikan oleh Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) merupakan langkah strategis untuk mendorong kesejahteraan nelayan. Realisasi program bantuan kapal perikanan mulai dari tahun 2015 sampai dengan tahun 2018 adalah sebanyak 2.215 unit kapal dengan berbagai tipe dan ukuran yang didistribusikan kepada koperasi nelayan yang tersebar di seluruh Indonesia. Manfaat dari program tersebut adalah peningkatan pendapatan hingga mencapai 200% karena jangkauan melaut yang lebih luas dan hasil tangkapan lebih banyak. Selain itu, dampak positif juga dirasakan oleh sektor industri galangan kapal ikan yang meningkat serta dibarengi dengan peningkatan daya serap tenaga kerja baru di bidang perkapalan (Kementerian Kelautan dan Perikanan, 2019).

Bantuan kapal perikanan yang dihibahkan KKP kepada kelompok nelayan di berbagai penjuru daerah Indonesia dalam proses pengoperasinya akan mengalami kerusakan sebagaimana yang terjadi pada kapal perikanan KM. Nelayan 2017-572 kapasitas 5 GT di perairan Lombok Selatan. Kapal tersebut mengalami kebocoran serius pada lambung akibat menabrak karang. Kondisi kerusakan lambung kapal semakin parah akibat hantaman gelombang ditambah lagi dengan faktor eksternal dari masyarakat sekitar yang melakukan penjarahan terhadap komponen mesin utama dan penggerak kapal akibat terbengkalai ± 1 tahun di pesisir pantai karena tidak adanya anggaran untuk kegiatan reparasi kapal pada tahun 2018.

Kegiatan reparasi lambung kapal dan pengadaan mesin utama dan komponen penggerak kapal baru direalisasi pada tahun 2019 oleh Dinas Kelautan dan Perikanan (DKP) kabupaten setempat melalui skema pembiayaan dari Anggaran Pendapatan dan Belanja Daerah (APBD). Gambar dokumentasi reparasi kapal dapat dilihat pada Gambar 1.

Kurangnya data informasi performa kapal

KM. Nelayan 2017-572 kepada nelayan pengguna menjadi faktor utama pemicu kerusakan kapal dikarenakan nelayan tidak mengetahui karakteristik hidrodinamika dan performa kapal perikanan tersebut. Padahal setiap kapal tentunya dirancang memiliki kecepatan dinas dan batas ketinggian gelombang yang aman. Oleh karena itu, sangat penting untuk mengetahui karakteristik performa kapal KM. Nelayan 2017-572 apalagi kapal ini baru saja direparasi sehingga sangat dihindari terjadinya kecelakaan yang sama. Menurut Paska, dkk. (2016) optimasi lambung kapal dapat meningkatkan performa namun perlu menghitung kembali hambatan dan sinkronisasi *engine propeller* untuk mendapatkan konfigurasi yang optimal.



Gambar 1. Reparasi Kapal Perikanan KM. Nelayan 2017-572

Tujuan dari studi ini adalah mendapatkan titik sinkronisasi (*matching*) antara mesin utama dengan *propeller* yang digunakan sehingga diperoleh rentang kecepatan kapal yang dihasilkan akibat penggunaan sistem penggerak kapal baru tersebut. Manfaat dari studi ini adalah diketahuinya nilai sinkronisasi antara mesin dan *propeller* sehingga

dengan data tersebut dapat diberikan rekomendasi untuk mengoptimalkan kemampuan sistem penggerak kapal.

Menurut Leksono (2016) sinkronisasi antara lambung kapal, mesin, dan *propeller* merupakan tahap terpenting dalam penentuan performa suatu kapal. Terdapat kriteria sinkronisasi yang harus dipenuhi sehingga mesin dikatakan mampu memutar *propeller* di antaranya Ae/Ao_{prop} lebih besar dari Ae/Ao_{min} yang diformulasikan oleh Keller. Selain itu juga harus memenuhi $T_{prop} \geq T_{engine}$ dan faktor *load prop* < faktor *load mesin*.

Faktor *load propeller* merupakan kebutuhan daya untuk memutar *propeller* agar menghasilkan *thrust* sehingga kapal bergerak, sedangkan faktor *load mesin* adalah ketersediaan daya mesin untuk memutar *propeller* guna menghasilkan *thrust* yang dibutuhkan. Pada kasus penelitian ini, kapal telah memiliki mesin utama dan *propeller* baru. Data performa mesin dapat ditelusuri dari *engine maker*, begitu pula dengan *gearbox*-nya. Sedangkan *propeller* yang digunakan adalah *propeller* pasaran tipe *B-Series* seperti terlihat pada Gambar 2, sehingga diperlukan analisa lanjutan untuk mengetahui karakteristik *propeller* tersebut.



Gambar 2. *Propeller* kapal tipe *B-Series*

METODE

Penelitian diawali dengan melakukan analisa hambatan kapal terhadap variasi kecepatan 0 – 12 knot karena pada awalnya belum diketahui kecepatan kapal yang dihasilkan oleh kombinasi

mesin utama dan komponen sistem penggerak kapal yang baru. Akan tetapi, terdapat hipotesis bahwa kecepatan kapal berada pada rentang 7 - 9 knot berdasarkan data kapal sebelum reparasi. Oleh karena itu, akan didetailkan analisa hambatan pada rentang kecepatan tersebut.

Menurut Holtrop dan Mennen (1982) hambatan kapal dapat diuraikan menjadi beberapa komponen seperti hambatan gesek (R_F), hambatan gelombang (R_W) yang terdiri dari *wave making* dan *wave breaking resistance*, hambatan tekanan tambahan dari *bulbous bow* dekat permukaan air (R_B), hambatan tekanan tambahan dari buritan yang tercelup (R_{TR}), dan hambatan korelasi bentuk kapal (R_A).

Formulasi untuk memprediksi hambatan kapal dapat menggunakan metode (Holtrop, Statistical Re-Analysis of Resistance and Propulsion Data, 1984) dengan persamaan (1).

$$R_T = R_F(1 + k_1) + R_{APP} + R_W + R_B + R_{TR} + R_A \quad (1)$$

Keterangan:

- R_F : Tahanan gesek berdasarkan formulasi ITTC – 1957;
- $1+k_1$: Faktor bentuk yang menggambarkan tahanan viskositas dari bentuk lambung yang berhubungan dengan R_F ;
- R_{APP} : Tahanan anggota badan;
- R_W : Tahanan gelombang (*wave making and wave breaking resistance*);
- R_B : Tahanan tekanan tambahan dari *bulbous bow* dekat permukaan air;
- R_{TR} : Tahanan tekanan tambahan dari buritan yang tercelup;
- R_A : Tahanan korelasi bentuk kapal.

Selain itu, dapat pula menggunakan metode Harvald (1983) dengan persamaan (2).

$$R_T = \frac{1}{2} C_T \rho S v^2 \quad (2)$$

R_T adalah hambatan total kapal, C_T adalah koefisien hambatan, ρ adalah massa jenis air laut, S adalah luas permukaan lambung bidang basah, dan v adalah kecepatan kapal.

Menurut Yasim, et al. (2019) analisa prediksi hambatan untuk kapal tipe *displacement* cukup akurat menggunakan metode Holtrop atau metode Compton. Kemudian Leksono (2016) dan Suardi, dkk. (2018) menyebutkan lebih detail bahwa prediksi hambatan kapal ikan lebih akurat jika menggunakan metode Van Oortmersen. Oleh karena itu, dalam penelitian ini dilakukan analisa hambatan dengan membandingkan 3 metode empiris yaitu Holtrop, Van Oortmersen dan Compton. Namun, karena data hasil prediksi semua metode tersebut diperoleh dari *software Maxsurf Resistance* sehingga dibutuhkan satu analisa hambatan menggunakan perhitungan manual sebagai komparasi. Untuk itu dilakukan perhitungan metode *Manjuly* dilakukan perhitungan transmisi daya untuk mendapatkan daya efektif yang digunakan untuk menggerakkan kapal. Perhitungan transmisi daya dilakukan berdasarkan nilai BHP mesin baru yang sebelumnya telah diketahui dari brosur mesin.

Terdapat beberapa turunan *horse power* dalam menghitung transmisi daya mesin utama kapal ikan antara lain:

- *Internal Horse Power* (IHP) adalah daya yang ditentukan dari tekanan di dalam silinder atau diperhitungkan dari diagram mesin.
- *Brake Horse Power* (BHP) adalah daya yang dibutuhkan untuk memutar poros dan nilainya lebih kecil dari IHP karena adanya kehilangan tenaga di dalam silinder.

Dalam BHP dikenal 2 istilah penting yaitu BHP_{scr} dan BHP_{mcr} . BHP_{scr} adalah besarnya daya motor penggerak utama yang dibutuhkan pada pelayaran normal, di mana besarnya adalah 80 – 85% dari daya keluaran pada kondisi maksimum. Sedangkan BHP_{mcr} adalah daya maksimum yang dibutuhkan mesin untuk mempertahankan kapal pada kecepatan servisnya dikarenakan adanya gangguan seperti gelombang atau angin yang cukup tinggi. Nilai BHP_{scr} dan BHP_{mcr} pada penelitian ini didapatkan dari data mesin yang digunakan.

- *Shaft Horse Power* (SHP) adalah daya yang dihitung dari torsi pada poros. Persamaan untuk menghitung SHP dapat dilihat pada persamaan (3).

$$SHP = BHP_{mcr} \cdot \eta_{g1} \cdot \eta_{g2} \quad (3)$$

η_{g1} adalah efisiensi *single reduction gear* yaitu 0,98 dan η_{g2} adalah efisiensi *reversing reduction gear* yaitu 0,99.

- *Delivered Horse Power* (DHP) adalah daya yang diserap oleh *propeller* kapal guna menghasilkan daya dorong (*thrust*). Persamaan untuk menghitung DHP dapat dilihat pada persamaan (4).

$$DHP = SHP \cdot \eta_{transmisi} \quad (4)$$

$\eta_{transmisi}$ adalah efisiensi poros yaitu 0,98.

- *Effective Horse Power* (EHP) adalah besarnya daya yang dibutuhkan untuk mengatasi gaya hambat badan kapal (*hull*) agar kapal dapat bergerak dengan kecepatan servis (*vs*). Persamaan untuk menghitung EHP dapat dilihat pada persamaan (5) dan (6).

$$EHP = R_T \cdot V_s \quad (5)$$

$$EHP = DHP \cdot Q_{pc} \quad (6)$$

Q_{pc} adalah *quasi propulsive coefficient* yang dapat dihitung menggunakan persamaan (7).

$$Q_{pc} = \eta_o \cdot \eta_{hull} \cdot \eta_{rr} \quad (7)$$

η_o adalah efisiensi *propeller* yang didapatkan dari pembacaan diagram *open water test*, η_{rr} adalah efisiensi relatif rotatif. Menurut Manen dan Oossanen (1988) η_{rr} memiliki rentang nilai antara 1,0 – 1,1 untuk sistem propulsi *single screw*. Sedangkan η_{hull} adalah efisiensi bentuk lambung kapal yang dapat dihitung dengan persamaan (8).

$$\eta_{hull} = \frac{1-t}{1-w} \quad (8)$$

t adalah *thrust deduction factor* yang dapat dihitung dengan persamaan (9).

$$t = k \cdot w \quad (9)$$

k adalah konstanta *thrust deduction* yang memiliki rentang nilai 0,7 – 0,9. w adalah *wake fraction* yang dapat dihitung dengan persamaan (10).

$$w = 0.5 C_b - 0.05 \quad (10)$$

C_b adalah koefisien *block* kapal.

Setelah menghitung rugi transmisi daya, maka selanjutnya melakukan analisa kesesuaian mesin dan *propeller* atau *engine propeller matching*.

Menurut Habibi dan Nurhadi (2016) mengolah data hasil pembacaan diagram *open water test* dapat menggunakan persamaan $K_T - J$ pada persamaan (11), (12) dan (13).

$$K_T = K \cdot J^2 \quad (11)$$

$$K = \frac{R_T}{(1-t)\rho D p^2 V a^2} \quad (12)$$

$$K_T = \frac{R_T}{(1-t)\rho D p^2 V a^2} \quad (13)$$

K_T adalah koefisien *thrust*, J adalah koefisien air masuk, D_p adalah diameter *propeller*, t adalah *thrust deduction factor*, dan V_a adalah kecepatan air masuk.

Putaran *propeller* (n) diperoleh dari membagi putaran mesin dengan rasio *gear box* yang digunakan. Setelah itu *thrust*, torsi, daya yang diterima *propeller* menggunakan persamaan (14), (15), (16) dan (17) menurut Manen and Oossanen (1988).

$$T_{prop} = K_T \cdot \rho \cdot n^2 \cdot D p^4 \quad (14)$$

$$T_{engine} = R_T / (1 - t) \quad (15)$$

$$Q_{prop} = K_Q \cdot \rho \cdot n^2 \cdot D p^5 \quad (16)$$

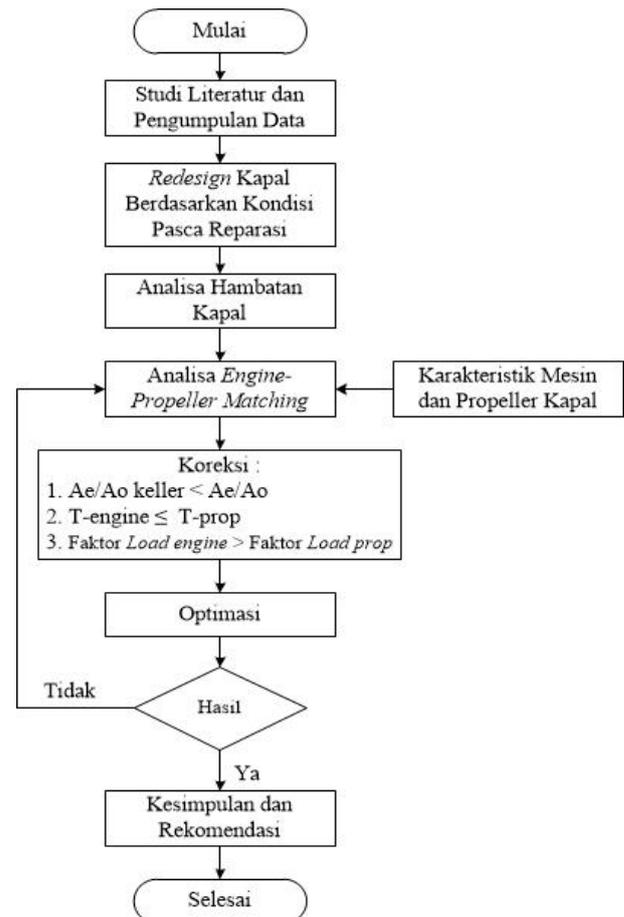
$$P_d = 2\pi \cdot Q \cdot n \quad (17)$$

Untuk mengetahui faktor beban mesin dan faktor beban *propeller* dapat menggunakan persamaan (18) (Leksono, 2016).

$$\frac{K_Q}{J^5} = \frac{Q_{prop}}{\rho \cdot V a^5} < \frac{P_d \cdot n^2}{2\pi \rho V a^2} \quad (18)$$

K_Q adalah koefisien torsi, n adalah putaran *propeller*, P_d adalah daya yang diterima *propeller*, Q adalah torsi, dan T adalah gaya dorong (*thrust*).

Pada tahap akhir penelitian, dilakukan optimasi sebagai rekomendasi untuk mengoptimalkan potensi kemampuan komponen sistem propulsi baru. Alur penelitian secara singkat dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Flow chart penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Kapal

1. Ukuran Utama

Panjang seluruh (LoA)	: 11,00 m
Panjang garis air (Lwl)	: 10,16 m
Lebar seluruh (B)	: 2,60 m
Lebar <i>molded</i> (Bmld)	: 2,50 m
Tinggi geladak (H)	: 0,95 m
Sarat kapal (T)	: 0,60 m

2. Mesin Utama & Gear Box

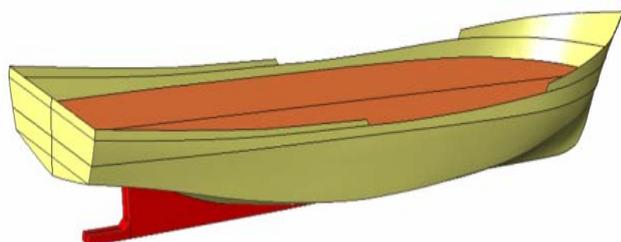
Merek mesin	: Dong Feng
-------------	-------------

Model	: S1130M
Putaran	: 2200 Rpm
BHPscr	: 30 Hp
BHPmcr	: 33 Hp
Merek gear box	: Marine gear box
Rasio	: 1 : 2,5
Berat (mesin + gearbox)	: 256 kg

3. Propeller

Diameter	: 0,4 m
Jumlah daun	: 4
Tipe	: B-Series

Bentuk lambung kapal telah didesain ulang agar dapat memprediksi hambatan menggunakan *Maxsurf Resistance*. Redesign lambung kapal didasarkan pada gambar rencana garis yang telah disesuaikan dengan beberapa perubahan pasca reparasi. Gambar *redesign* lambung kapal dapat dilihat pada Gambar 4.



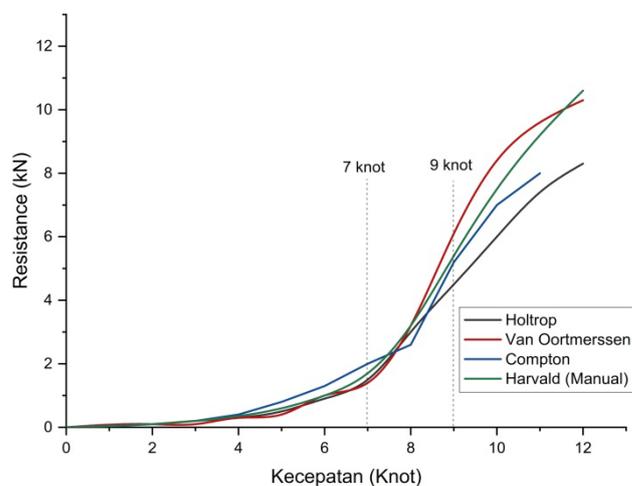
Gambar 4. Redesign lambung kapal KM. Nelayan 2017-572 pasca reparasi

Analisa Hambatan Kapal

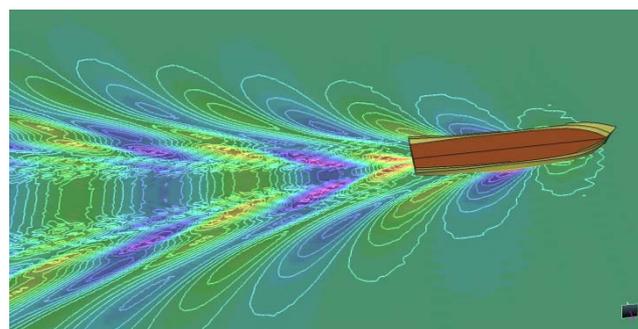
Prediksi hambatan kapal dalam penelitian ini menggunakan 3 metode empiris yang diperoleh dari analisa menggunakan *Maxsurf Resistance* (Holtrop, Compton dan Van Oortmersen) dan satu buah metode empiris yang diperoleh dari hasil perhitungan secara manual (Harvald). Hasil prediksi hambatan kapal ditampilkan pada Gambar 5.

Pada Gambar 5 terlihat bahwa grafik hambatan dari 4 metode yang digunakan telah memiliki tren grafik yang sama dengan galat yang kecil khususnya pada kecepatan di bawah 9 knot. Dengan demikian, hasil prediksi hambatan kapal dinilai cukup baik. Kemudian, dilakukan analisa *running free surfaces* untuk melihat pola gelombang yang terjadi pada lambung kapal ketika berlayar

pada kecepatan sekitar 7 knot sebagaimana dapat diperhatikan pada Gambar 6.



Gambar 5. Grafik hasil prediksi hambatan kapal



Gambar 6. Pola gelombang yang terjadi saat kapal bergerak pada kecepatan 7 knot

Analisa hambatan kapal perikanan pada Gambar 5 merupakan tahap awal untuk memprediksi besarnya hambatan kapal yang terjadi pada kapal KM. Nelayan 2017-572 setelah reparasi dan penggantian komponen penggerak kapal. Berdasarkan data operasional kapal sebelum insiden, diketahui kecepatan kapal adalah berkisar 7 – 9 knot, sehingga untuk memprediksi hambatan dan kecepatan kapal pasca reparasi maka diberikan Tabel 1 yang menyajikan secara detail nilai hambatan dan kecepatan kapal pada rentang 7 – 9 knot.

Hasil analisa hambatan pada Tabel 1 kemudian menjadi dasar penentuan nilai prediksi hambatan dan kecepatan kapal perikanan berdasarkan EHP yang didapatkan dari analisa *engine propeller matching* yang diawali dengan perhitungan rugi transmisi daya.

Tabel 1. Hasil analisa hambatan kapal pada rentang kecepatan 7 – 9 knot

v (knot)	Holtrop		Van Oortmerssen	
	RT (kN)	EHP (kW)	RT (kN)	EHP (kW)
7,00	1,50	5,40	1,40	5,02
7,10	1,60	5,84	1,50	5,37
7,20	1,70	6,33	1,60	5,80
7,30	1,80	6,89	1,70	6,31
7,40	2,00	7,51	1,80	6,96
7,50	2,10	8,22	2,00	7,72
7,60	2,30	9,01	2,20	8,57
7,70	2,50	9,90	2,40	9,54
7,80	2,70	10,79	2,60	10,62
7,90	2,80	11,56	2,90	11,79
8,00	3,00	12,34	3,20	13,06
8,10	3,20	13,14	3,50	14,42
8,20	3,30	13,96	3,80	15,85
8,30	3,50	14,79	4,10	17,34
8,40	3,60	15,65	4,40	18,88
8,50	3,80	16,51	4,70	20,47
8,60	3,90	17,40	5,00	22,09
8,70	4,10	18,30	5,30	23,73
8,80	4,20	19,22	5,60	25,38
8,90	4,40	20,16	5,90	27,04
9,00	4,60	21,12	6,20	28,69

Analisa Engine propeller Matching

Menghitung SHP berdasarkan nilai BHPscr mesin menggunakan persamaan (3).

$$\begin{aligned}
 SHP &= 30 \text{ Hp} \times 0,98 \times 0,99 \\
 &= 29,11 \text{ Hp} \text{ atau } 21,70 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

Menghitung DHP berdasarkan nilai SHP menggunakan persamaan (4).

$$\begin{aligned}
 DHP &= 29,11 \text{ Hp} \times 0,98 \\
 &= 28,52 \text{ Hp} \text{ atau } 21,27 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

Untuk menghitung EHP dibutuhkan nilai Q_{pc} yang dapat dihitung menggunakan persamaan (7) dan juga membutuhkan nilai η_{rr} (diambil nilai ketentuan = 1); η_{hull} didapatkan dari kalkulasi persamaan (8) dan turunannya yaitu persamaan (9) dan (10).

$$\begin{aligned}
 w &= 0,5 (0,5) - 0,05 \\
 &= 0,20 \\
 t &= 0,7 (0,2) \\
 &= 0,14 \\
 \eta_{hull} &= \frac{1-0,14}{1-0,20} \\
 &= 1,08
 \end{aligned}$$

Sedangkan η_o diperoleh dari karakteristik *propeller*. Dari hasil analisa diketahui nilai P/D *propeller* 1,2 dan Ae/Ao 0,55. Kemudian dilakukan pembacaan diagram *open water* B4-55 menggunakan persamaan garis KT-J (lihat persamaan (13)).

$$\begin{aligned}
 K_T &= \frac{1,70 \text{ kN}^*}{(1 - 0,14)(1,025)(0,4)^2(3)^2} J^2 \\
 &= 1,34 J^2
 \end{aligned}$$

Nilai $R_T= 1.70 \text{ kN}$ dan $V_a= 3 \text{ m/s}$ diperoleh dari proses iterasi berdasarkan data hasil analisa hambatan kapal, Tabel 1 pada $V_s 7,3 \text{ knot}$ (metode Van Oortmerssen).

Plotting persamaan garis KT-J pada diagram *open water* B4-55 ditampilkan pada Gambar 7. Pada gambar tersebut dapat diketahui pada kondisi *sea trial propeller* memiliki karakteristik $J= 0,51$; $K_T= 0,35$; $K_Q= 0,062$ dan $\eta_o= 0,45$, sehingga dapat dihitung nilai Q_{pc} menggunakan persamaan (7).

$$\begin{aligned}
 Q_{pc} &= 0,45 \times 1,08 \times 1,00 \\
 &= 0,49
 \end{aligned}$$

Selanjutnya *thrust*, torsi dan *power delivery* juga dapat dihitung menggunakan persamaan (14), (15), (16) dan (17).

$$T_{prop} = 0,35(1,025)(14,67)^2(0,4)^4$$

$$= 1,98 \text{ kN}$$

$$Q_{prop} = 0,062(1,025)(14,67)^2(0,4)^5$$

$$= 0,14 \text{ kN.m}$$

$$Pd = 2(3,14)(0,14)(1467)$$

$$= 12,98 \text{ kW atau } 17,40 \text{ Hp}$$

$$T_{engine} = \frac{1,70 \text{ kN}}{(1-0,14)}$$

$$= 1,98 \text{ kN}$$

Ae/Ao_{min} sebelumnya telah dihitung menggunakan persamaan (19).

$$\frac{Ae}{Ao} \min = \frac{1,3+0,3*Z*T}{(Po-Pv)Dp^2} + K \quad (19)$$

Z adalah jumlah daun *propeller*, T adalah *thrust engine*, $Po-Pv$ adalah tekanan pada poros *propeller* yang nilainya adalah 99,6 – 10,05 h dengan h adalah ketinggian poros *propeller*, K adalah konstanta untuk *single screw* yaitu 0,2.

$$\frac{Ae}{Ao} \min = \frac{1,3+0,3*4*1,98}{(97,59)(0,4)^2} + 0,2$$

$$= 0,44$$

Dari perbandingan nilai T diketahui bahwa $T_{engine} = T_{prop}$ yaitu 1,98 kN (memenuhi syarat). Kemudian perbandingan nilai Ae/Ao diketahui bahwa $Ae/Ao_{min} < Ae/Ao_{prop}$ yaitu $0,44 < 0,55$ (memenuhi syarat). Selanjutnya mengecek faktor *load* mesin dan *propeller* yang harus memenuhi persamaan (18).

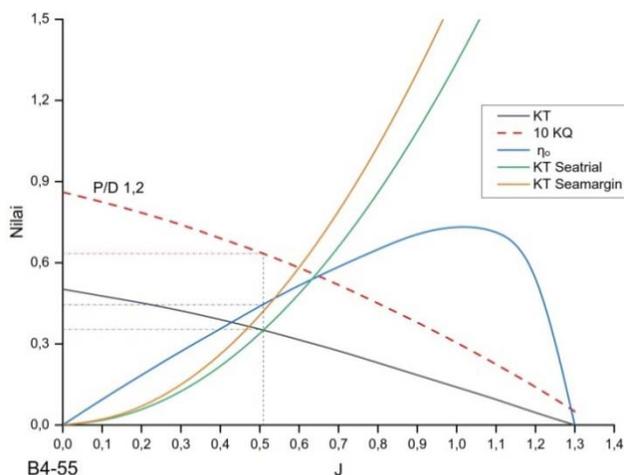
$$\frac{KQ}{J^5} = \frac{Q_{prop}}{\rho \cdot Va^5} < \frac{DHP \cdot n^2}{2\pi\rho Va^2}$$

$$\frac{0,062}{(0,51)^5} = \frac{0,14}{(1,025)(3)^5} < \frac{21,27(14,67)^2}{2(3,14)(1,025)(3)^2}$$

$$1,77 = 1,77 < 2,91 \quad (\text{memenuhi syarat})$$

Dengan demikian diketahui bahwa mesin dan sistem *propulsi* baru yang terpasang pada kapal pasca reparasi telah memenuhi syarat mesin dan *propeller* yang sinkron. Artinya bahwa mesin yang digunakan dapat memutar *propeller* sehingga *propeller* dapat bekerja menghasilkan *thrust* untuk mendorong kapal. Grafik *engine propeller matching* dapat diperhatikan pada Gambar 8.

Sinkronisasi antara mesin utama dan sistem penggerak yang ada pada kapal pasca reparasi belum pada titik optimal. Terlihat bahwa kinerja maksimal *propeller* hanya membutuhkan daya mesin (*power delivery*) sebesar 60%. Oleh karena itu, diperlukan optimasi *engine propeller matching* sebagai upaya meningkatkan sinkronisasi mesin utama dan sistem penggerak sehingga kecepatan



Gambar 7. Pembacaan diagram *open water* berdasarkan kondisi *KT sea trial*

Power delivery (Pd) adalah daya yang diterima *propeller* untuk menghasilkan *thrust*. Oleh karena itu, Pd menjadi dasar untuk mengetahui nilai EHP yang dihasilkan sistem *propulsi* yang terpasang pada Kapal Perikanan 5 GT tersebut.

$$EHP = Pd \times Qpc$$

$$= 12,98 \text{ kW} \times 0,49$$

$$= 6,31 \text{ kW atau } 8,46 \text{ Hp}$$

Nilai EHP tersebut dicek pada Tabel 1 metode Van Oortmerssen dan diketahui bahwa kapal ikan tersebut memiliki kecepatan dinas Vs berkisar pada 7,3 knot. Nilai tersebut sudah sesuai dengan nilai input saat menghitung persamaan garis *KT-J*.

Koreksi *Engine propeller Matching*

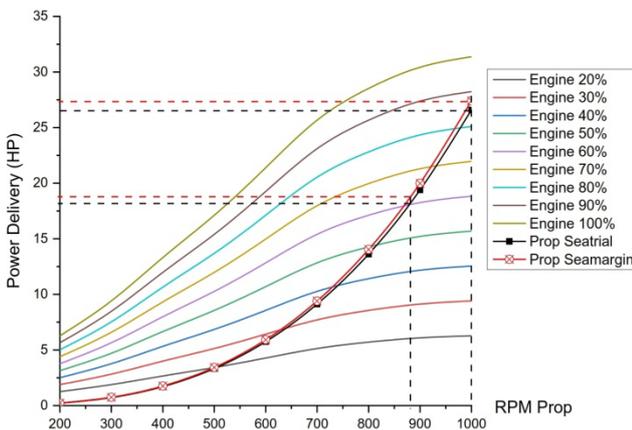
Perlu dicek apakah mesin dan *propeller* yang terpasang di kapal sudah memenuhi kriteria *engine propeller matching* sebagaimana dijelaskan di bagian pendahuluan. Untuk itu, dibutuhkan nilai T_{engine} yang dapat dihitung menggunakan persamaan (15).

kapal bertambah.

Optimasi *Engine Propeller Matching*

Terdapat beberapa cara untuk mengoptimalkan sinkronisasi mesin utama dan sistem penggerak tetapi karena dalam kasus ini adalah Kapal Ikan 5 GT maka yang paling efektif adalah mengubah rasio *gearbox*. Adapun, perencanaan *propeller* baru tidak dilakukan karena nantinya harus membuat *propeller custom* sehingga membutuhkan biaya yang besar.

Dari hasil studi optimasi, dipilih rasio *gearbox* 1 : 2,2 sehingga putaran *propeller* menjadi 1000 rpm. Perubahan putaran *propeller* secara signifikan dapat meningkatkan *power delivery* (DHP) *propeller* seperti ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik *engine propeller matching* pasca reparasi dan perubahan rasio *gearbox*

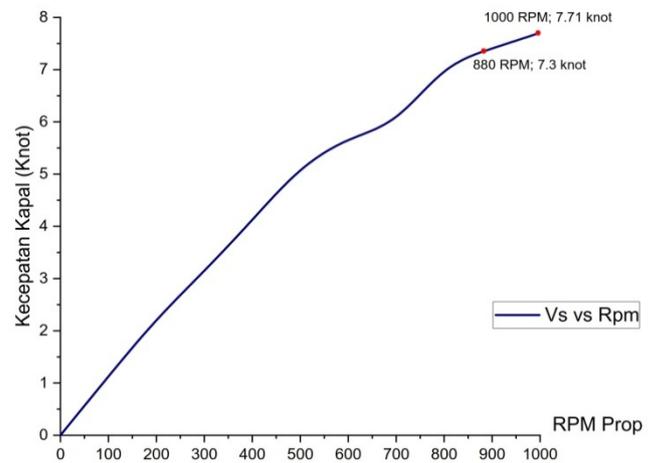
Selain itu, perubahan rasio *gearbox* masih memenuhi kriteria *engine propeller matching*. Hal ini karena nilai $T_{engine} 1,98 \text{ kN} < T_{prop} 2,70 \text{ kN}$ dan faktor *load* mesin dan *propeller* masih memenuhi persamaan (18).

$$\frac{0,065}{(0,48)^5} = \frac{0,19}{(1,025)(3,2)^5} < \frac{21,27(16,67)^2}{2(3,14)(1,025)(3,2)^2}$$

$$2,68 = 2,68 < 2,91$$

Akan tetapi, DHP yang diterima *propeller* tidak dikonversi maksimal menjadi *effective power* (EHP) akibat penurunan efisiensi, η_o dari 0,45 menjadi 0,42 karena peningkatan putaran *propeller* dari 880 rpm menjadi 1000 rpm. EHP yang

dihasilkan adalah 9,6 kW, sehingga meskipun mesin bekerja lebih berat (performa mesin dari 60% bmep menjadi 85% bmep), namun kecepatan kapal hanya meningkat 0,41 knot (dari 7,3 knot menjadi 7,71 knot) berdasarkan grafik hubungan kecepatan kapal dengan RPM *propeller* pada Gambar 9. Dengan demikian, dinilai lebih baik jika tetap menggunakan kombinasi mesin dan sistem penggerak yang ada pada kapal saat ini.



Gambar 9. Grafik hubungan kecepatan kapal dengan RPM *propeller*

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil studi, diketahui bahwa mesin utama dan *propeller* Kapal Perikanan 5 GT pasca reparasi telah memenuhi kriteria *engine propeller matching*. Hal ini karena syarat nilai $Ae/Ao_{prop} > Ae/Ao_{min}$ (Keller), $T_{prop} \geq T_{engine}$ dan faktor *load propeller* < faktor *load* mesin terpenuhi. Sinkronisasi mesin dan *propeller* kapal pasca reparasi menghasilkan kecepatan kapal 7,3 knot sehingga diklaim kecepatan desain sudah tercapai yaitu 7 – 9 knot. Sinkronisasi mesin dan *propeller* kapal masih dapat dioptimasi dengan mengubah *gearbox*. Jika mengubah rasio *gearbox* menjadi 1 : 2,2, kecepatan kapal dapat ditingkatkan menjadi 7,7 knot. Namun, mempertimbangkan biaya penggantian *gearbox* dan di samping itu kecepatan kapal yang hanya bertambah 0,4 knot maka, lebih baik jika tetap menggunakan kombinasi mesin dan sistem penggerak yang ada pada kapal saat ini. Selain itu, mesin lebih hemat bahan bakar karena

bekerja di bawah kondisi SCR (60% bmep).

UCAPAN TERIMA KASIH

Ungkapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Rektor Universitas Jember dan Ketua LPPM yang telah membantu pendanaan penelitian, dan juga kepada Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember, Kaprodi Teknik Konstruksi Perkapalan atas dukungan fasilitas pelaksanaan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Habibi, & Nurhadi. (2016). Analisa Pemilihan Propeller Tipe B-Series pada Kapal Feri Ro-Ro 600 GT dengan Menggunakan Aplikasi Matchpro. *Jurnal Wave*, Vol. 9(2), 75-81.
- Harvald, S. A. (1983). *Resistance and Propulsion of Ships*. New York: John Wiley & Sons.
- Holtrop, J. (1984). Statistical Re-Analysis of Resistance and Propulsion Data. *International Shipbuilding Progress*, Vol. 31(363), 272-276.
- Holtrop, J., & Mennen, G. G. (1982). An Approximate Power Prediction Method. *International Shipbuilding Progress*, Vol. 29(335), 166-170.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan. (2019). *Realisasi Investasi Sektor Kelautan dan Perikanan*. Retrieved from Direktorat Jenderal Penguatan Daya Saing Produk Kelautan dan Perikanan: <https://kkp.go.id/djpdspkp/page/2202-realisasi-investasi-sektor-kelautan-dan-perikanan>.
- Leksono, S. (2016). Sinkronisasi Propeller dengan Mesin Induk pada Kapal Ikan untuk Meningkatkan Efisiensi dan Kinerja. *Jurnal Wave*, Vol. 10 (1), 19-24.
- Manen, J. V., & Oossanen, P. V. (1988). Propulsion. In E. V. Lewis (Ed.), *Principles of Naval Architecture* (pp. 127-240). Jersey City: The Society of Naval Architects and Marine Engineers.
- Paska, A., Hadi, E. S., & Kiryanto. (2016). Analisa Engine Propeller Matching pada Kapal Perintis Baru Type 200 DWT untuk Medapatkan Sistem Propulsi yang Optimal. *Jurnal Teknik Perkapalan*, Vol. 4(3), 576-585.
- Suardi, Setiawan, W., Ikhwan, R. J., & Salma, H. D. (2018). Desain Kapal Penangkap Ikan Multipurpose 70 GT. *Jurnal Inovtek Polbeng*, 8(2), 175-180.
- Yasim, A., Widodo, Ali, B., & Ghofur, A. (2019). On the Comparison of Resistance Prediction for BPPT's Design of Offshore Platform Decommissioning Vessel using Numerical, Experimental and Empirical Methods. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.