

## **ANALISA ENGINE PROPELLER MATCHING KM. SUNLIA 490 GT AKIBAT PERGANTIAN MESIN INDUK**

**Fany Laamena<sup>1</sup>, Latuhorte Watimury<sup>2</sup>, Admiral Taihutu<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon 97233  
Jl. Ir. M. Putuhena, Kampus Poka, Teluk Ambon, Maluku, Indonesia  
\*Email: laamenafany@gmail.com

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pattimura  
Jl. Ir. M. Putuhena, Kampus Poka, Teluk Ambon, Maluku, Indonesia  
Email: latutron@yahoo.com

<sup>3</sup>Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pattimura  
Jl. Ir. M. Putuhena, Kampus Poka, Teluk Ambon, Maluku, Indonesia  
Email: admiral290814@gmail.com

**Abstrak.** KM. Sunlia adalah kapal penumpang yang beroperasi di perairan Irian Jaya. Daya mesin induk kapal pada awalnya adalah 2 x 1600 HP. Dengan daya sebesar ini, pemilik kapal berkeinginan dapat mencapai kecepatan 15 knot, tetapi dalam kenyataannya hanya mencapai kecepatan maksimal 12 knot, akhirnya mesin induk diganti dengan daya yang lebih kecil yakni 2 x 1100 HP. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan berapa kecepatan maksimal kapal yang dicapai dengan daya mesin induk kapal yang baru. Melalui metode pengambilan data primer, sekunder dan studi literatur maka dilakukan perhitungan tahanan kapal dan EHP untuk variasi kecepatan, perhitungan distribusi daya terhadap propulsi dan perhitungan DHP, THP, BHP. Hasil Perhitungan tersebut dievaluasi BHP tersedia, sistem propulsi dan *engine propeller matching*. Berdasarkan perhitungan yang dilakukan, maka kapal untuk daya mesin induk yang baru dapat beroperasi dengan kecepatan 12 knot, dengan tahanan kapal adalah 128,242 kgf. Sistem propulsi yang optimal dengan daya dan kecepatan tersebut terpilih diameter *propeller* 1,78 m, P/D 0,1, efisiensi *propeller* 0,545. Adapun hasil analisa *engine propeller matching* dari kurva pembebanan *propeller* diperoleh titik operasi persentase yang dapat dipakai daya sebesar 81,85 % dengan putaran sebesar 79,60 %. Dengan demikian dari hasil penelitian menyimpulkan bahwa dengan daya mesin induk yang baru 2 x 1100 HP, kapal dapat mencapai kecepatan maksimal 12 knot.

*Kata kunci: Kecepatan, Propeller, Engine Propeller Matching*

**Abstract.** KM. Sunlia is a passenger ship operating in Irian Jaya. The power of the ship's main engine was 2 x 1600 HP. With this much power, the owner of the ship wanted to be able to reach a speed of 15 knots, but in reality it only reached a maximum speed of 12 knots. In the end, the main engine was replaced with a smaller power, 2 x 1100 HP. This study aims to determine the maximum speed of the ship that is achieved with the new ship's main engine power. In this study, calculations of resistance and EHP were carried out for speed variations, calculations of power distribution to propulsion and calculations of DHP, THP, BHP. The calculation results evaluate the available BHP, propulsion system and *engine propeller matching*. Based on the calculations made, the ship for the new main engine power can operate at a speed of 12 knots, with a ship resistance of 128.242 kgf. The optimal propulsion system with power and speed is selected *propeller* diameter 1.78 m, P/D 0.1, *propeller* efficiency 0.545. As for the results of the *propeller matching* engine

*analysis from the propeller loading curve, the percentage operating point that can be used is 81.85% with a rotation of 79.60%. Thus the results of the study concluded that with the new main engine power of 2 x 1100 HP, the ship can reach a maximum speed of 12 knots*

*Keywords: Speed, Propeller, Engine Propeller Matching*

## 1. PENDAHULUAN

KM. Sunlia adalah kapal penumpang yang beroperasi di perairan Irian Jaya. Pada awal pembuatan KM. Sunlia menggunakan mesin Cummins KTA50M2, 2 x 1600 HP. Pemilik kapal berkeinginan mengganti mesin induk karena mesin induk yang lama mempunyai getaran mesin yang sangat kuat sehingga mesin induk beroperasi tidak maksimal dan daya mesin induk hanya terpakai 1000 HP sampai 1100 HP, sehingga kecepatan servis yang diperoleh sebesar 12 knot. Oleh karena itu pemilik kapal melakukan pergantian mesin induk dengan daya yang lebih kecil yakni Mitsubishi S12R, 2 x 1100 HP sehingga tidak mengalami kerugian. Bertolak dari permasalahan di atas maka akan dilakukan perhitungan kecepatan setelah pergantian mesin induk yang baru untuk mengetahui berapa kecepatan maksimal kapal yang dapat dicapai dan *matching* poin antara lambung, *propeller*, dengan daya mesin induk yang baru.

Peneliti terdahulu telah melakukan perhitungan *engine propeller matching* untuk kecepatan kapal tetapi dengan modifikasi lambung kapal dan merencanakan daya mesin dan *propeller* yang baru [1]. [2], merancang kapal baru dengan kecepatan yang tinggi, 28 knot dan melakukan pemilihan mesin induk dan baling-baling Gawn series, sehingga didapat kesesuaian antara mesin dan *propeller* kapal (*matching*).

Analisis *engine propeller matching* digunakan untuk untuk menentukan titik pengoperasian yang aman dari mesin utama. Berdasarkan hasil analisis *engine propeller matching* kinerja mesin utama akan lebih baik pada saat dikopel dengan PTO generator dibandingkan tanpa dikopel dengan PTO generator. Mesin utama mampu beroperasi sampai pada titik MCR nya pada saat dikopel dengan PTO generator. Pada saat tanpa dikopel dengan PTO, mesin utama mengalami

penurunan daya keluaran sebesar 8.4% dari titik MCR-nya dan kecepatan lebih rendah [3].

Perencanaan kecepatan kapal yang diinginkan sangat dipengaruhi oleh bentuk badan kapal yang akan menimbulkan hambatan kapal, daya mesin penggerak, dan baling-baling sebagai alat pendorong [4]. Kesesuaian antara baling-baling, mesin dan *propeller* juga dianalisa pada pemilihan *propeller* CPP untuk desain kapal dengan sistem *diesel engine* dan sistem CODOG sistem [5].

Optimasi *engine propeller matching* dilakukan dengan merencanakan mengubah gearbox dari rasio 2,5 menjadi 2,2 pada mesin dan *propeller* yang baru di kapal ikan dengan lambung yang lama. namun hasilnya hanya menambah kecepatan sebesar 0,4 knot sehingga dinilai komposisi terbaik adalah mempertahankan mesin dan sistem penggerak kapal yang telah ada [6].

Permasalahan utama dalam penelitian ini adalah berapa besar kecepatan kapal ketika dilakukan pergantian mesin induk yang baru, yang dayanya lebih kecil dari daya sebelumnya dan kesesuaian antara lambung kapal, mesin dan *propeller*. Berbeda dengan penelitian-penelitian terdahulu yakni dengan tidak merubah bentuk dan ukuran lambung, maupun menggantikan *propeller* yang sudah terpasang.

Penelitian ini dilakukan dengan menghitung tahanan kapal dengan variasi kecepatan 9 – 15 knot sesuai daya mesin induk yang baru dengan menganalisa *engine propeller matching* sehingga mendapatkan kecepatan yang optimal.

## 2. BAHAN DAN METODE

### 2.1. Tahanan Kapal

Menurut Holtrop dan Mennen [7], 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* dengan persamaan (1) [7]:

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

Dimana  $R_F$  adalah Tahanan gesek berdasarkan formulasi ITTC – 1957,  $1 + k_1$  adalah 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 dan  $R_A$  Tahanan korelasi bentuk kapal. Selain itu, dapat pula menggunakan metode Harvald [8] dengan persamaan (2).

$$R_T = 1/2 C_T \rho S V^2 \dots \dots \dots (2)$$

$R_T$  adalah hambatan total kapal,  $C_T$  adalah keofisien hambatan,  $\rho$  adalah massa jenis air laut,  $S$  adalah luas permukaan lambung bidang basah, dan  $v$  adalah kecepatan kapal.

Suardi dkk [9] mengatakan bahwa perhitungan hambatan kapal ikan lebih tepat jika menggunakan metode Van Oortmersen. Fany dkk [10], menggunakan metode holtrop, van oortmersen dan fung untuk menghitung tahanan kapal rakyat, Sedangkan Yasin et al [6] menulis bahwa hambatan untuk kapal tipe displacement lebih tepat menggunakan metode Holtrop atau metode Compton. Tetapi dalam penelitian ini, berdasarkan data kapal yang ada dan syarat-syarat penggunaan metode perhitungan tahanan kapal maka metode yang tepat adalah menggunakan metode Holtrop.

**2.2. Daya Motor Penggerak Kapal**

Daya Efektif 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  $V_S$  [11]. Adapun

daya-daya yang ada di kapal adalah sebagai berikut:

1. *Effective Horse Power* (EHP) adalah besarnya daya yang dibutuhkan untuk mengatasi gaya hambat badan kapal ( $R_T$ ) agar kapal dapat bergerak dengan kecepatan servis ( $V_S$ ). untuk menghitung EHP dapat dilihat pada persamaan (3)[8].

$$EHP = R_T \cdot V_S \text{ (HP)} \dots \dots \dots (3)$$

2. *Thrust Horse Power* (THP) atau daya dorong *propeller* dapat ditentukan dengan persamaan (4) [8].

$$THP = T \cdot V_A \text{ (HP)} \dots \dots \dots (4)$$

Dimana  $T$  adalah gaya dorong dan  $V_A$  adalah kecepatan advance aliran fluida di *propeller*.

3. *Delivered Horse Power* (DHP) adalah besarnya daya yang tiba di baling-baling. Dapat ditentukan dengan persamaan (5)[8].

$$DHP = EHP/PC \text{ (HP)} \dots \dots \dots (5)$$

Dimana  $PC$  adalah koefisien propulsi yang didapat dari persamaan (6) [8]:

$$PC = \eta_0 \cdot \eta_{RR} \cdot \eta_H \dots \dots \dots (6)$$

$\eta_0$  adalah efisiensi *propeller* yang didapatkan dari pembacaan diagram open water test,  $\eta_{RR}$  adalah efisiensi relatif rotatif. Menurut [12],  $\eta_{RR}$  memiliki rentang nilai antara 1,0 – 1,1 untuk sistem propulsi single screw. Sedangkan  $\eta_H$  adalah efisiensi bentuk lambung kapal yang dapat dihitung dengan persamaan (7) [8]:

$$\eta_H = (1-t) / (1-w) \dots \dots \dots (7)$$

$t$  adalah thust deduction faction didapat dari [8]:

$$t = k \times w \dots \dots \dots (8)$$

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

$$w = 0.5 C_b - 0.05 \dots \dots \dots (9)$$

$C_b$  adalah koefisien block kapal

4. *Shaft Horse Power* (SHP) adalah daya yang diukur hingga daerah didepan bantalan tabung poros (*stern tube*) dari sistem perporosan penggerak kapal. *Shaft Horse Power* (SHP) dapat dihitung dengan persamaan (10) [8].

$$SHP = DHP/\eta_s \text{ (HP)} \dots \dots \dots (10)$$

Dimana  $\eta_s$  adalah Efisiensi pada poros *propeller*.

5. Daya Rem (*Brake Horse Power*, BHP)

adalah daya rem yang diukur pada *flens* antara *gearbox* dan *thrust bearing* dihitung dengan persamaan (11)[8].

$$BHP = DHP / (\eta_s \cdot \eta_{Gear}), (HP) \dots (11)$$

Dimana  $\eta_s$  adalah Efisiensi pada poros *propeller* dan  $\eta_{Gear}$ , Efisiensi gigi reduksi.

6. Speed of Advance atau kecepatan advance dapat dihitung dengan Persamaan (12),[8].

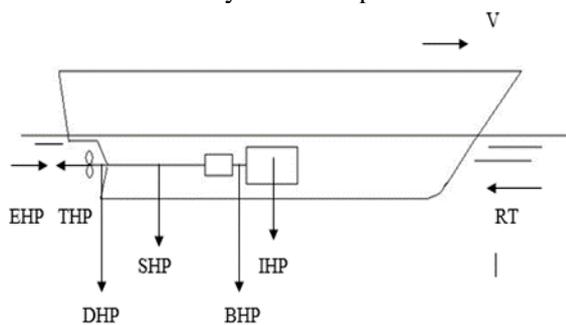
$$V_A = V(1-w), (m/det) \dots (12)$$

Dimana V Kecepatan Kapal, (m/det) dan w fraksi arus ikut

7. Thrust (T) atau gaya dorong *propeller* dapat dihitung dengan persamaan (13) [8].

$$T = R_T / (1-t), (N) \dots (13)$$

Gambar 1. Komponen Daya Pada Kapal



### 2.3. Engine Propeller Matching

Setelah menghitung daya-daya yang ada pada sistem propulsi, maka selanjutnya melakukan analisa kesesuaian mesin dan *propeller* atau *engine propeller matching*. Menurut [11], mengolah data hasil pembacaan diagram open water test dapat menggunakan persamaan  $K_T - J$  pada persamaan (14), (15) dan (16).

$$K_T = K \cdot J^2 \dots (14)$$

$$K = R_T / (1-t) Dp^2 \cdot Va^2 \dots (15)$$

$$K_T = R_T / (1-t) \rho \cdot Dp^2 \cdot Va^2 \dots (16)$$

$K_T$  adalah koefisien thrust,  $J$  adalah koefisien air masuk,  $Dp$  adalah diameter *propeller*,  $t$  adalah *thrust deduction factor*, dan  $Va$  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 (17), (18), (19) dan (20) [12].

$$T_{prop} = K \cdot \rho \cdot n^2 \cdot Dp^4 \dots (17)$$

$$T_{engine} = R_T / (1-t) \dots (18)$$

$$Q_{prop} = K_Q \cdot \rho \cdot n^2 \cdot Dp^5 \dots (19)$$

$$Pd = 2 \cdot Q \cdot n \dots (20)$$

Diameter *propeller* juga memiliki peran yang penting dalam menentukan *matching*. [13] mengatakan bahwa, semakin kecil diameter baling-baling kapal, maka semakin kecil juga gaya dorong yang dihasilkan. Untuk mengetahui faktor beban mesin dan faktor beban *propeller* dapat menggunakan persamaan (21) [8].

$$\frac{K_Q}{J^5} = \frac{Q_{prop}}{\rho \cdot Va^5} < \frac{Pd \cdot n^2}{2\pi \rho Va^2} \dots (21)$$

$K_Q$  adalah koefisien torsi, n adalah putaran *propeller*,  $Pd$  adalah daya yang diterima *propeller*,  $Q$  adalah torsi, dan  $T$  adalah gaya dorong (*thrust*). Karakteristik kinerja mesin dapat dinyatakan dengan parameter hubungan antara kecepatan, torsi, konsumsi bahan bakar spesifik, dan daya keluaran mesin [14], [15],[16].

### 2.4. Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada KM Sunlia saat pengedokkan untuk pergantian mesin induk. Pengambilan data primer dilakukan dengan mengambil data ukuran kapal, mesin sebelum dan sesudah pergantian, data *propeller* dan juga data sekunder dengan mengambil dari sudi literatur berupa buku dan jurnal terkait masalah yang ada.

Data kapal yang didapat kemudian diolah untuk menghitung tahanan dan daya efektif kapal pada variasi kecepatan 9 – 15 knot dan dilanjutkan dengan perhitungan distribusi daya terhadap sistem propulsi, THP, DHP dan BHP. Perhitungan yang telah dibuat kemudian dievaluasi nilai BHP dan Kecepatan kapal.

Hasil perhitungan yang ada dilanjutkan dengan penentuan sistem propulsi dan pengecekan *engine propeller matching* untuk mendapat kesesuaian antara lambung kapal, mesin yang baru dan *propeller* yang terpasang serta memperoleh hasil presentase daya dan putaran yang terpakai sesuai dengan hasil perhitungan kecepatan maksimal yang didapat dengan mesin induk yang baru.

## 3. HASIL DAN PEMBASAN

### 3.1. Data Kapal

Spesifikasi kapal merupakan nilai-nilai ukuran pokok kapal yang menyatakan dimensi dari suatu kapal. Adapun ukuran pokok kapal yang diperoleh saat pengambilan data, dapat dilihat dibawah ini:

Nama Kapal	: KMP. Sunlia
Tipe Kapal	: Kapal Penumpang
Bendera/Registry	: Indonesia/BKI
Kecepatan Servis	: 12 knot
LOA	: 50 m
LWL	: 45,42 m
LBP	: 43,15 m
Lebar (B)	: 8,4 m
Tinggi (H)	: 4,37 m
Sarat (T)	: 2,21 m
Kecepatan (V)	: 12 knot
Koefisien blok ( $C_B$ )	: 0,535
Koefisien midship ( $C_M$ )	: 0,89
Koefisien garis air ( $C_W$ )	: 0,865
Koefisien prismatic ( $C_P$ )	: 0,619
Displacement berat ( $\Delta$ )	: 470,4 ton
Displacement volume	: 458,896 $m^3$
(□)	
Rute Pelayaran	: Irian Jaya

**3.2. Data Motor Induk dan Propeller**

Telah dijelaskan bahwa kapal ini mengalami pergantian mesin induk maka akan disajikan data mesin induk sebelum dan sesudah pergantian seperti pada tabel 4.1.

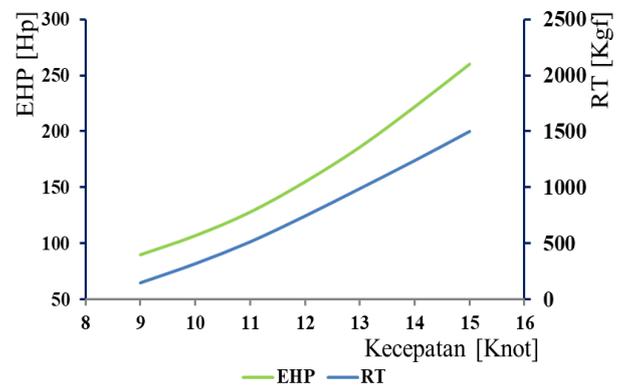
Tabel 1. Data Mesin dan Propeller KM. Sunlia Sebelum dan Sesudah

Item	Lama	Baru
Type	KTA50-M2	S12R-Y3MPTA W-4
Merek	Cummins	Mitsubishi
Jumlah	2	2
Rated Power	1600 HP	1100 HP
Engine Speed	1800 RPM	1600 RPM
Jenis Propeller	B4-100 Series	B4-100 Series
Jumlah daun	4	4
Diameter Propeller	1,83 m	1,78 m

Pitch	1,120 m	1,120 m
Blade Area Ratio	1,04	1,04

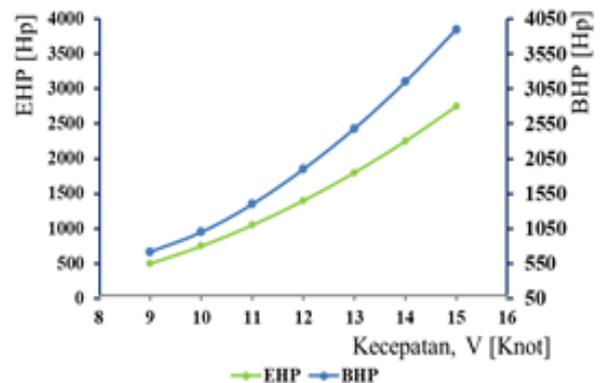
**3.3. Analisa Tahanan dan Daya Efektif Kapal**

Perhitungan tahanan kapal dilakukan dengan berbagai variasi kecepatan, karena dengan ukuran kapal yang sama tidak akan memiliki tahanan yang sama apabila dengan kecepatan yang berbeda. Penelitian ini menggunakan variasi kecepatan 9-15 knot untuk menganalisa tahanan kapal dan daya efektifnya. Hubungan kecepatan, tahanan kapal dengan menggunakan metode holtrop serta daya efektif kapal dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik hubungan kecepatan, tahanan dan daya efektif kapal

Grafik pada gambar 2, menunjukkan bahwa semakin tinggi kecepatan kapal maka semakin tinggi pula tahanan yang dialami kapal tersebut dan semakin besar daya efektif kapal yang dibutuhkan. Hal ini sesuai dengan teori yang dikemukakan [7].



Gambar 3. Grafik Grafik Hubungan Daya EHP, BHP, dan Kecepatan Kapal (V)

Hubungan kecepatan dan BHP yang terlihat pada gambar 3 menjelaskan bahwa jika kecepatan bertambah, maka dibutuhkan brake horse power yang besar juga agar kapal dapat bergerak maju, mengalahkan tahanan kapal. daya BHP kapal yang terpasang hanya sanggup memenuhi kecepatan maksimal 12 knot.

**3.4. Engine Propeller Matching**

Setelah dalam langkah sebelumnya didapatkan karakteristik dan tipe *propeller*, maka kemudian tipe *propeller* tersebut akan diperiksa apakah *matching* dengan mesin yang telah dipilih ataukah tidak.

Dalam perhitungan *engine propeller matching* ini menggunakan metode varisai kecepatan, sehingga tahanan disetiap kecepatan memiliki nilai yang berbeda. Persamaan (5), (10), (11), (19).

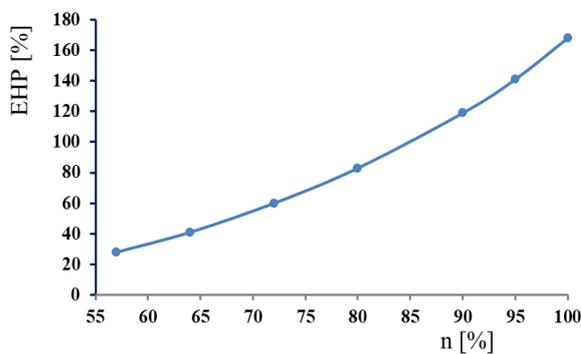
$$Q = K_Q \times \rho \times D b^5 \times n^2$$

$$DHP = Q \times n \times 2\pi$$

$$SHP = DHP / \eta_s$$

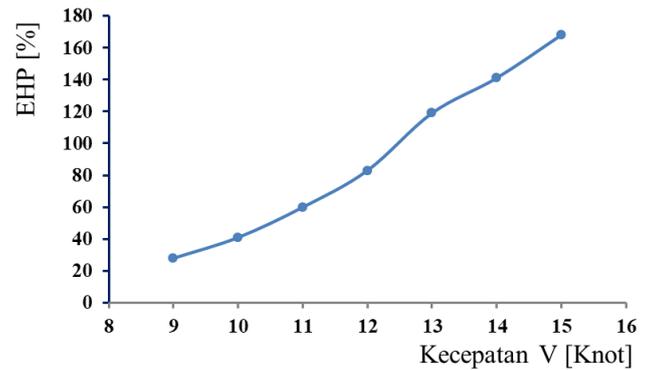
$$BHPSCR = SHP / \eta_g$$

Hasil perhitungan daya mesin dan pembacaan grafik *open water test* pada kondisi servis dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. n-BHP Relative Curve

Grafik pada gambar 4 menunjukkan kurva BHP relative dimana untuk setiap kecepatan telah didapat presentase daya dan putaran dari daya dan putaran yang terpasang di kapal yaitu pada kecepatan 12 knot, daya terpakai 81,85 % dan putaran mesin sebesar 79, 60 %.

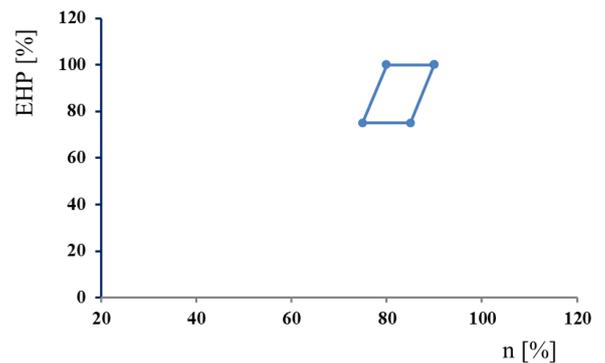


Gambar 5. Kecepatan kapal dan presentase BHP terpakai

Diagram Envelope *Engine Propeller Matching* dibutuhkan untuk menjadi batasan operasi mesin dan putaran maksimum.

Tabel 2 *Engine Envelope*

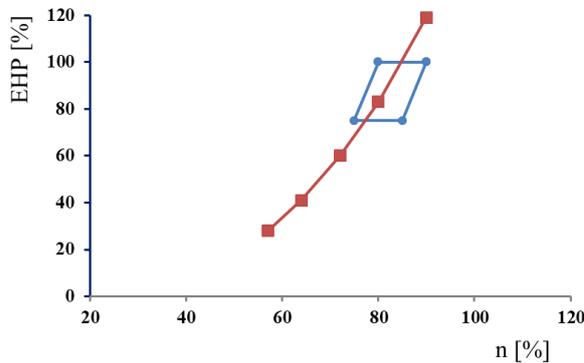
n (%)	BHP (%)
90	100
80	100
75	75
85	75
90	100



Gambar 6 Diagram *Engine Envelope*

Gambar 6, sesuai dengan teori [11], pada perancangan baling-baling kapal, besarnya daya yang di-absorb oleh baling-baling adalah umumnya berkisar 85 – 90% dari nominal power pada nominal speed (rated power, rated speed). Sehingga, besarnya selisih (10 – 15%) yang dipilih tersebut, didasari pada permintaan Owner serta pertimbangan teknis dari kekhususan bentuk lambung kapal itu sendiri. Maka daya yang tersedia masih mencukupi

kebutuhan untuk mempertahankan kondisi servis kapal. ketika kapal dalam operasi servisnya harus menjalankan engine pada kondisi 100% nominal dari maximum continuous power rating.



Gambar 7 Envelope Engine Propeller Matching

Gambar 7 menunjukkan bahwa hasil perhitungan propeller berada pada titik dalam batas beban mesin sehingga dapat dibuktikan bahwa ketika kapal beroperasi dengan kecepatan 12 knot, mencapai *engine propeller matching*. Jika melebihi 12 knot maka tidak berada pada kondisi *matching point*.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan setelah pergantian mesin induk yang baru Dengan tipe mesin induk mitsubishi S12R-Y3MPTAW dengan daya 1100 HP yang lebih kecil dari daya mesin induk sebelumnya pada KM. Sunlia 490 GT maka kecepatan maksimal yang dicapai adalah sebesar 12 knot, dengan tahanan total kapal ( $R_T$ ) sebesar 128,242 kgf dan EHP sebesar 1061,55 HP. *Propeller* terpilih adalah Tipe *propeller* B4-100, dan bebas terhadap kavitasi, P/D 1,0, diameter *propeller* 1,78 m, dan jumlah daun *propeller* 4.

Dari analisa *engine propeller matching* dari kurva pembebanan *propeller* diperoleh titik operasi efisiensi *propeller* 0,545 dengan titik persentase operasi yang dapat dipakai putaran sebesar 79,60 % dan membutuhkan daya sebesar 81,85 % sehingga mencapai kecepatan 12 knot.

#### DAFTAR PUSTAKA

[1] A. Paska *et al.*, “Analisa Engine

Propeller Matching Pada Kapal Perintis Baru Type 200 Dwt Untuk Medapatkan Sistem Propulsi Yang Optimal,” *J. Tek. Perkapalan*, vol. 4, no. 3, pp. 576–585, 2016.

[2] N. Nurhadi, H. Zen, and S. Sumarsono, “Study of Engine Propeller Matching for High-Speed Vessel with Gawn Series Propeller,” *EPI Int. J. Eng.*, vol. 1, no. 1, pp. 39–42, 2018, doi: 10.25042/epi-ije.022018.07.

[3] A. E. Propeller, M. P. Kapal, I. Tradisional, and D. Pto, “ANALISIS ENGINE PROPELLER,” no. December 2021, pp. 97–107, 2022.

[4] H. Yudo, P. Studi, T. Perkapalan, F. Teknik, and U. Diponegoro, “Engine Matching Propeller Pada Kapal Untuk Mendapatkan Optimalisasi Pemakaian Mesin Penggerak Kapal Dan Baling – Baling Sebagai Alat Pendorong Kapal,” *Kapal*, vol. 4, no. 1, pp. 15–18, 2012.

[5] O. B. Ogar, S. Nitonye, and I. John-Hope, “Design Analysis and Optimal Matching of a Controllable Pitch Propeller to the Hull and Diesel Engine of a CODOG System,” *J. Power Energy Eng.*, vol. 06, no. 03, pp. 53–74, 2018, doi: 10.4236/jpee.2018.63005.

[6] A. Yasim, R. K. K. Wibowo, and K. Priohutomo, “Study of Main Engine and Propeller Matching on Fishing Vessel After Reparation - Case Study of KM. Nelayan 2017-572 (in Indonesian Language),” *J. Wave*, vol. 15, no. 1, pp. 11–20, 2021.

[7] “C | exp ( - 0 . 1 ”.

[8] W. Frederick and N. Y. J. Wiley, “The resistance and propulsion of ships / by William F . Durand .,” pp. 1859–1958, 1898.

[9] S. S. Suardi, “Desain Kapal Penangkap Ikan Multipurpose 70 Gt,” *Inovtek Polbeng*, vol. 8, no. 2, p. 175, 2018, doi: 10.35314/ip.v8i2.660.

[10] 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.

[11] S. W. Adji, “Engine Propeller Matching,” *Available Oc. Its. Ac.*

- Id/Ambilfile. Php*, pp. 1–31, 2005.
- [12] E. V. Lewis, “Principles Of Naval Architecture Volume I - Strength and Stability.” 1998.
- [13] B. Terhadap, T. Kmp, F. Laamena, B. G. Tentua, and Y. P. Kubela, “TINJAUAN PENGARUH PERUBAHAN DIAMETER BALING-,” vol. 12, no. 2, pp. 218–226, 2022.
- [14] C. Gunawan, E. Siswanto, and L. Yuliati, “Pengaruh Penambahan Langkah Kerja terhadap Unjuk Kerja Motor Bakar,” *J. Rekayasa Mesin*, vol. 10, no. 3, pp. 209–216, 2019, doi: 10.21776/ub.jrm.2019.010.03.1.
- [15] M. N. Sasongko and A. A. Zuhri, “Uji Performa Mesin Bensin dengan Sistem Injeksi Berbahan Bakar HCNG,” *J. Rekayasa Mesin*, vol. 12, no. 1, p. 69, 2021, doi: 10.21776/ub.jrm.2021.012.01.8.
- [16] M. Razi, E. Siswanto, and W. Wijayanti, “Pengaruh Derajat Pengapian terhadap Kinerja Motor Bakar 6 Langkah Berbahan Bakar Etanol,” *J. Rekayasa Mesin*, vol. 10, no. 3, pp. 299–308, 2019, doi: 10.21776/ub.jrm.2019.010.03.10.