

# PERUBAHAN BENTUK LAMBUNG KAPAL TERHADAP KINERJA MOTOR INDUK

Thomas Mairuhu \*

## Abstract

One of traditional wooden ship, type cargo passenger has been changed its form according to the will of ship'owner. The purpose of the changing was to increase the cargo hold and engine room space. By changing the dimension of ship means the surface of watted area will be increase and it will be also increase the water resistance of the ship's hull. Consequently the ship's speed will be decrease because the main engine power was not be changed. By this research, can be found that the surface of watted area has been changed from  $S = 171 \text{ m}^2$  before modificating to be  $S = 187 \text{ m}^2$  after modificating. Concequently, the increases of the resistance was about 13% while displacement was about 23 % and ship's speed did not achieve 11,0 knot.

**Key words :** *Surface wated area - S, Resistance - R, Speed - V, Displecemect -  $\Delta$*

## I. PENDAHULUAN

Perubahan bentuk lambung sebuah kapal tipe penumpang barang yang telah beroperasi adalah untuk memperbesar kapasitas daya angkut baik berupa muatan maupun penumpang serta memperluas ruang kerja di kamar mesin. Salah satu tujuan melakukan perubahan tersebut adalah untuk mendapatkan keuntungan semaksimal mungkin tanpa mempertibangkan aspek-aspek teknis lainnya yang bisa saja mempengaruhi pendapatan bagi pemilik kapal.

Lambung kapal terdiri dari bagian bawah - dasar, bagian samping - sisi kapal dan bagian atas - geladak. Bagian depan yaitu haluan dihubungkan oleh linggi haluan dan bagian belakang yaitu buritan dihubungkan oleh linggi buritan. Dengan demikian secara geometris batas antara bagian yang satu dengan yang lainnya mempunyai ukuran; antara lain : jarak antara sisi terluar dari bagian samping kiri ke bagian samping kanan disebut lebar kapal; jarak antara bagian bawah - dasar ke bagian atas - geladak disebut tinggi geladak; jarak antara bagian bawah - dasar ke bagian batas garis air muat disebut tinggi sarat; jarak antara titik potong garis air dengan bagian buritan kapal dengan titik potong garis air dengan bagian haluan kapal disebut panjang antara garis air.

Dengan demikian modifikasi atau perubahan bentuk lambung kapal, berarti juga perubahan terhadap ukuran-ukuran pokok kapal. Inilah yang mengakibatkan aspek-aspek teknis dari kapal juga akan turut terpengaruh, misalnya luas permukaan basah kapal akan bertambah, misalnya luas permukaan basah kapal akan bertambah berarti besarnya tahan air terhadap lambung kapal juga bertambah, sementara tenaga motor induk terpasang dan propeller tetap.

## II. KAJIAN PUSTAKA

### 1. Lambung Kapal

Tipe dan kegunaan suatu kapal memiliki keterkaitan dengan bentuk lambung kapal. Faktor yang harus dipertimbangkan adalah besarnya tahanan air terhadap lambung kapal, oleh sebab itu bentuk lambung kapal dibuat stream line agar tahanan air diperkecil disaat kapal bergerak. Bentuk lambung kapal dapat digolongkan menjadi bentuk kurus dan gemuk - fullnes of form; bentuk yang kurus dapat dilihat dari tidak adanya bentuk parallel midle body - bagian silinder badan kapal di bagian tengah kapal; sementara bentuk yang gemuk dapat dilihat dari adanya parallel midle body - bagian silinder badan kapal di tengah kapal.

Dengan demikian kapal yang bergerak dengan kecepatan yang tinggi, biasanya tidak memiliki bagian silinder; sedangkan kapal yang memiliki bagian silinder yang panjang cenderung bergerak dengan kecepatan yang rendah.

### 2. Permukaan Basah Kapal

Permukaan basah kapal adalah per mukaan badan kapal yang masuk ke dalam air. Luasnya permukaan basah kapal turut mem pengaruhi besarnya tahanan gesek kapal -  $R_f$ .

Luas permukaan basah kapal dihitung menurut rumus sebagai berikut;

---

\* *Thomas Mairuhu, Dosen Program Studi Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Unpatti Ambon.*

$$S = L(2T + B) C_M^{0.5} \left( 0,4530 + 0,4425 C_b - 0,2862 C_m - 0,003467 \frac{B}{T} + 0,3696 C_{wp} \right) + 2,38 A_{BT} / C_B \quad 1)$$

Untuk : L : panjang air kapal; [ m ]  
 B : lebar kapal; [ m ]  
 T : tinggi sarat air; [ m ]  
 C<sub>M</sub> : koefisien midship  
 C<sub>B</sub> : koefisien blok  
 C<sub>WP</sub> : koefisien prismatic  
 A<sub>BT</sub> : luas penampang lintang kapal

Dengan demikian apabila bentuk lambung kapal mengalami perubahan, berarti ukuran- ukuran pokok kapal, panjang, lebar dan tinggi sarat kapal akan turut berubah sehingga luas permukaan basah kapal juga akan mengalami perubahan.

### 3. Ship Running

Ship running adalah kemampuan kapal untuk bergerak di air dengan suatu kecepatan tertentu apabila diberikan padanya gaya penggerak. Gaya penggerak yang menyebabkan perpindahan kapal dibentuk dengan sistem propulsi, propeller, poros, motor induk. Kapal yang bergerak akan mengalami gaya hambatan oleh air - tahanan air dan udara - tahanan udara. Yang sangat mempengaruhi ship running adalah tahanan air. Keterkaitan daripada komponen ship running ini dapat diikuti sebagai berikut :

$$V = \frac{75 * EHP}{R} \quad 2)$$

Untuk : V : kecepatan kapal, [ knot ]  
 EHP : tenaga dorong, [ HP ]  
 R : tahanan total, [ kg ]

#### 1) Tahanan total ( R )

Komponen tahanan total terdiri dari :

$$R = R_f + R_w + R_e + R_a \quad 3)$$

R<sub>f</sub> : frictional resistance  
 R<sub>w</sub> : wake making resistance  
 R<sub>e</sub> : eddy making resistance  
 R<sub>a</sub> : air resistance

Komponen tahanan gesek ini sangat dipe ngaruhi oleh luas permukaan basah kapal - S; hubungannya dapat dilihat sebagai berikut :

$$R_f = C_f ( \rho / 2 * V^2 * S ) \quad \text{---} \quad [ \text{kg} ] \quad 4)$$

Untuk : C<sub>f</sub> : koefisien tahanan gesek  
 ρ : massa jenis air laut, [kg.det<sup>2</sup>/m<sup>4</sup>]  
 V : kecepatan kapal, [ m/det ]

S : luas permukaan basah kapal, [m<sup>2</sup>]

### 2) Instalasi Penggerak

Fungsi instalasi penggerak kapal adalah menggerakkan kapal untuk mencapai suatu kecepatan tertentu. Gerakan kapal di air berlangsung karena adanya daya dorong (thrust) yang dihasilkan oleh propeller melalui poros yang dihubungkan dengan motor peng gerak - mesin induk kapal. Dewasa ini, untuk kapal niaga, sebagai instalasi penggerak dapat digunakan diesel, turbin atau tenaga atom. Masing-masing instalasi penggerak mem punyai kelebihan atau kekurangan tersendiri; akan tetapi dengan perkembangan iptek dalam pembuatan diesel maka banyak pemilik kapal cenderung menggunakan diesel sebagai sumber instalasi penggerak.

## III. METODOLOGI PENELITIAN

### 1. Tipe Penelitian

Penelitian ini bersifat deskriptif dengan metode observasi untuk mendapat kan data primer maupun sekunder kemudian dikaji untuk mendapatkan kesimpulan ter hadap komponen sistem propulsi yang tepat akibat perubahan bentuk lambung kapal.

### 2. Variabel Penelitian

Variabel bebas untuk penelitian ini adalah panjang kapal antara garis tegak - L<sub>BP</sub>; lebar kapal - B; tinggi sarat air - T dan kecepatan kapal - V. Variabel terikatnya adalah luas permukaan basah kapal - S; tahanan total kapal - R<sub>t</sub> dan diameter propeller - D<sub>p</sub> serta parameternya.

### 3. Lokasi Penelitian

Perusahaan pemilik kapalnya berdomisili di pulau Ambon; sehingga data terkait di ambil di perusahaan dan juga langsung ke kapal; kemudian kajiannya dilakukan di kampus Fakultas Teknik Universitas Pattimura di Poka.

### 4. Analisa data

Data yang diperoleh, ditabulasi dan dianalisis dengan menggunakan program komputer - metode Holtrop untuk mendapat kan besarnya nilai tahanan total - R<sub>t</sub> pada ber bagai variasi kecepatan. Kemudian dianalisis secara manual untuk mendapatkan variabel yang terkait dengan komponen sistem propulsi dan parameter propeller.

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### A. Hasil

##### 1. Ukuran pokok kapal sebelum dan sesudah perubahan.

I T E M		N I L A I	
UKURAN POKOK		PERUBAHAN	
		SEBELUM	SESUDAH
01	Panjang kpl Loa	33,60 m	34,52 m
02	Panjang kpl Lwl	31,32 m	31,72 m
03	Panjang kpl Lbp	30,50 m	30,89 m
04	Lebar B	06,00 m	06,30 m
05	Tinggi geldk H	02,40 m	02,70 m
06	Tinggi srt air T	01,50 m	01,70 m
MOTOR INDUK			
07	Jumlah	Satu unit	
08	Merek	Caterpillar	
09	Tipe	3408 - B	
10	Daya kontinyu	470 HP	
11	Putrn kontinyu	1800 rpm	
12	Red. Gear Ratio	4,53 : 1	
P O R O S			
13	Diameter	60 cm	
14	Panjang	2,50 m	
P R O P E L L E R			
15	Jumlah daun	4	
16	Diameter	0,953 m	
17	Blade area ratio	0,850	
18	Putaran	398	

##### 2. Tahanan Total - $R_t$ , tenaga motor - $P_e$ dan luas permukaan basah kapal - $S$

V	P E R U B A H A N			
	SEBELUM		SESUDAH	
	$R_t$	$P_e$	$R_t$	$P_e$
knot	kg	pk	kg	Pk
8,00	656	36	717	40
9,00	913	57	1002	62
10,00	1231	85	1369	94
11,00	1604	121	1795	136
12,00	2192	181	2463	203
13,00	3187	284	3621	323
14,00	4471	430	5216	501
15,00	5574	574	6558	675
S	171 m <sup>2</sup>		187 m <sup>2</sup>	

##### 3. Wake - $w$ , Thrust deduction fraction - $t$ , speed advance - $V_a$ dan thrust - $T_h$

##### a. Sebelum perubahan

V	w	t	$V_a$	$T_h$
Knot	-	-	m/det	kg
8,00	0,224	0,221	3,19	832
9,00	0,222	0,221	3,60	1157
10,00	0,221	0,221	4,00	1560
11,00	0,220	0,221	4,41	2032
12,00	0,219	0,221	4,82	2778
13,00	0,219	0,211	5,22	4039
14,00	0,218	0,211	5,63	5667
15,00	0,217	0,211	6,04	7065

##### b. Sesudah perubahan

V	w	t	$V_a$	$T_h$
Knot	-	-	m/det	kg
8,00	0,219	0,219	3,21	918
9,00	0,217	0,219	3,63	1283
10,00	0,216	0,219	4,03	1752
11,00	0,215	0,219	4,42	2298
12,00	0,215	0,219	4,85	3153
13,00	0,214	0,219	5,26	4636
14,00	0,213	0,219	5,67	6679
15,00	0,213	0,219	6,07	8397

##### 4. Perhitungan $K_n$ dan $K_t/J^4$

V	P E R U B A H A N			
	SEBELUM		SESUDAH	
Knot	$K_n$	$K_t/J^4$	$K_n$	$K_t/J^4$
8,00	0,74	3,36	0,73	3,62
9,00	0,77	2,89	0,75	3,12
10,0	0,79	2,54	0,77	2,78
11,0	0,82	2,25	0,80	2,48
12,0	0,83	2,16	0,80	2,40
13,0	0,81	2,28	0,79	2,55
14,0	0,80	2,37	0,80	2,72
15,0	0,82	2,23	0,79	2,60

##### 5. Perhitungan $K_t$ untuk setiap harga J pada variasi kecepatan.

##### a. Sebelum perubahan

J	$K_t$		
	V = 9	V = 10	V = 11
0,1	0,000	0,000	0,000
0,2	0,005	0,004	0,004
0,3	0,023	0,021	0,018
0,4	0,074	0,065	0,058
0,5	0,181	0,159	0,141
0,6	0,374	0,329	0,292
0,7	0,694	0,610	0,540
0,8	1,183	1,041	0,922

##### b. Sesudah perubahan

J	$K_t$		
	V = 9	V = 10	V = 11
0,1	0,000	0,000	0,000
0,2	0,005	0,004	0,004
0,3	0,025	0,023	0,020
0,4	0,080	0,071	0,063
0,5	0,195	0,174	0,155
0,6	0,405	0,361	0,321
0,7	0,750	0,668	0,595
0,8	1,279	1,140	1,016

## 6. Perhitungan diameter dan kavitasi propeller

### a. Sebelum perubahan

V = 9 knot			
Seri Propeller	D <sub>opt</sub>	AE/A0 hitungan	Keterangan
B4-40	1,104	0,444	Kavitasi
B4-55	1,098	0,446	Bebas
B4-70	1,102	0,445	Bebas
B4-85	1,111	0,443	Bebas
B4-100	1,111	0,443	Bebas

V = 10 knot			
Seri Propeller	D <sub>opt</sub>	AE/A0 hitungan	Keterangan
B4-40	1,195	0,504	Kavitasi
B4-55	1,188	0,506	Bebas
B4-70	1,209	0,501	Bebas
B4-85	1,199	0,503	Bebas
B4-100	1,211	0,500	Bebas

V = 11 knot			
Seri Propeller	D <sub>opt</sub>	AE/A0 hitungan	Keterangan
B4-40	1,285	0,569	Kavitasi
B4-55	1,288	0,568	Kavitasi
B4-70	1,298	0,565	Bebas
B4-85	1,296	0,565	Bebas
B4-100	1,308	0,562	Bebas

### b. Sesudah perubahan

V = 9 knot			
Seri Propeller	D <sub>opt</sub>	AE/A0 hitungan	Keterangan
B4-40	1,217	0,441	Kavitasi
B4-55	1,123	0,461	Bebas
B4-70	1,120	0,462	Bebas
B4-85	1,137	0,458	Bebas
B4-100	1,123	0,461	Bebas

V = 10 knot			
Seri Propeller	D <sub>opt</sub>	AE/A0 hitungan	Keterangan
B4-40	1,222	0,528	Kavitasi
B4-55	1,227	0,526	Bebas
B4-70	1,231	0,525	Bebas
B4-85	1,234	0,524	Bebas
B4-100	1,244	0,522	Bebas

V = 11 knot			
Seri Propeller	D <sub>opt</sub>	AE/A0 hitungan	Keterangan
B4-40	1,309	0,601	Kavitasi
B4-55	1,316	0,599	Kavitasi
B4-70	1,316	0,599	Bebas
B4-85	1,319	0,598	Bebas
B4-100	1,327	0,596	Bebas

## B. PEMBAHASAN

### 1. Aspek Fisik

ITEM	PERUBAHAN KAPAL	
	SEBELUM	SESUDAH
L/B	5,083	4,903
B/T	4,000	3,706
S	171 m <sup>2</sup>	187 m <sup>2</sup>
Δ	127 m <sup>3</sup>	153 m <sup>3</sup>
C <sub>B</sub>	0,450	0,450

### 2. Aspek Tahanan

V	Tahanan Kapal [ kg ]			
	Knot	Perubahan		Penambahan
		sebelum	sesudah	
6,0	343,25	375,59	32,34	9,4 %
7,0	476,62	520,61	43,99	9,23
8,0	655,99	716,97	60,98	9,30
9,0	913,10	1002,29	89,19	9,77
10,0	1230,71	1368,42	137,71	11,19
11,0	1603,71	1794,90	191,19	11,93
12,0	2191,78	2462,72	270,94	12,36
13,0	3186,47	3620,41	433,95	13,62
14,0	4471,00	5216,43	745,43	16,67
15,0	5574,44	6558,42	983,98	17,65

### 3. Tenaga Motor Induk

$$P_E = \frac{R_t * V}{75} \text{ --- [ PK ] } \quad 5)$$

untuk :

R<sub>t</sub> : tahanan kapal, [ kg ]

V : kecepatan kapal, [m/det]

$$\text{BHP} = \frac{P_E}{\eta_h * \eta_o * \eta_s * \eta_r} \text{ --- [ PK ] } \quad 6)$$

Untuk :

η<sub>h</sub> : efisiensi lambung = 1,011

η<sub>o</sub> : efisiensi propeller = 0,573

η<sub>s</sub> : efisiensi poros = 0,980

η<sub>r</sub> : efisiensi reduksi = 0,970

$$\begin{aligned} P_E &= P_B * 0,550 & 7) \\ &= 470 * 0,550 \\ &= 260 \text{ PK} \end{aligned}$$

Mengacu pada hasil perhitungan tahanan total dan tenaga motor induk efektif, maka diperoleh : kecepatan kapal V = 12,76 knot sebelum perubahan sedangkan sesudah perubahan V = 12,47 knot.

#### 4. Penentuan besarnya diameter propeller Sesuai ruang penempatannya di bagian buritan kapal.

Pemilihan besarnya diameter propeller selalu dibatasi oleh tinggi sarat air kapal - T dan bentuk konstruksi linggi buritan kapal. Penentuan diameter propeller yang sesuai konstruksi linggi buritan dilakukan menurut persyaratan Biro Klasifikasi Indonesia - BKI adalah sebagai berikut :

$$CL = D + 0,09 D + 0,04 D \quad (8)$$

untuk :

CL : garis vertikal dari sepatu kemudi ke . . . linggi buritan kapal.

D : diameter propeller

0,09D : kelonggaran antara ujung propeller dengan linggi buritan

0,04D : kelonggaran antara ujung propeller dengan sepatu kemudi

Dari data pengukuran di kapal,  $CL = 1,125$  m Dengan demikian :

$$\begin{aligned} D + 0,09D + 0,04D &= 1,125 \text{ [ m ]} \\ 1,13D &= 1,125 \text{ [ m ]} \\ D &= 0,953 \text{ m} \end{aligned}$$

## V. PENUTUP

### I. KESIMPULAN

Bedasarkan pada hasil pembahasan lewat perhitungan tahanan dan propulsi kapal untuk dua kondisi yakni sebelum dan sesudah perubahan bentuk lambung kapal motor dengan tipe dan daya motor induk yang tetap maka dapatlah disimpulkan sebagai berikut :

1. Kapal motor sebelum perubahan bentuk lambungnya dengan tipe motor induk Caterpillar 3408-B daya 470 HP / 1800 rpm, memiliki putaran propeller 397 rpm dan propeller berdaun empat dengan diameter optimal akan dapat mencapai kecepatan eksploitasi yang diinginkan (  $V_s = 11$  knot ) apabila menggunakan seri propeller B4-850.
2. Untuk dapat menghasilkan kecepatan eksploitasi yang diinginkan maka propeller berdaun empat dengan diameter kurang lebih sama dengan 0,953 meter membutuhkan putaran propeller yang harus lebih besar.
3. Apabila putaran propeller harus diperbesar maka gear box terpasang dengan reduction ratio 4,53 : 1 harus diganti dengan reduction ratio yang lebih kecil.

## PUSTAKA

1. Anonimous, 1978, **Biro Klasifikasi Indonesia, Jakarta**
2. Comstock, J.P, 1967, **Principles of Naval Architecture and Marine Engineering**
3. Harvald, Sv. Aa, 1992, **Tahanan dan Propulsi Kapal**, Aerlangga University Press.
4. Holtrop, J and Mennen, G.G.J, 1978, **A Statistical Power Prediction Method**. International Ship Building Progress.
5. Van Mennen, J. D. And Van Oosanen, P., 1988; **Resistance and propulsion**. Principle of Naval Architecture, Second Edition, New York.