



BAB II

PERENCANAAN PERHITUNGAN MOTOR INDUK DAN BALING BALING KAPAL

II.1. PERHITUNGAN DAYA MESIN MOTOR INDUK

II.1.a Tahanan Kapal

Kapal yang berlayar diibaratkan seperti sebuah benda yang bergerak melalui media air dan udara, ini berarti bahwa benda itu mengalami gaya hambat (*Resistance force*) dari media yang dilaluinya.

Tahanan-tahanan yang dialami sebuah kapal yang bergerak melalui air dan udara itu dapat diuraikan atas :

- Tahanan Gesek (*Frictional Resistance* (R_F))
- Tahanan Gelombang (*Wave Making Resistance* (R_W))
- Tahanan Tekanan (*Pressure Resistance* (R_p))
- Tahanan Udara (*Air Resistance* (R_A))
- Tahanan Tambahan (*Appendage Resistance* (R_{AA}))

Secara teori dapat diurai menjadi beberapa komponen tahanan dan biasanya dipilih menjadi 4 komponen tahanan sbb :

a. Tahanan Gesek (*Frictional Resistance* (R_F))

Hambatan gesek ini terjadi karena adanya suatu lapisan atau volume air yang melekat pada bagian kapal yang berbentuk pada permukaan bidang basah kapal yang sedang bergerak dan biasa disebut lapisan batas (*Boundary Layer*). Didalam daerah lapisan batas tersebut kecepatan gerak dari partikel partikel zat cair dalam hal ini air laut, bervariasi dari 0 (nol) pada permukaan kulit kapal menjadi maksimum sama dengan besarnya kecepatan gerak aliran zat cair pada tepi dari lintasan batas tersebut. Perubahan atau variasi kecepatan partikel partikel



zat cair inilah yang mencerminkan adanya pengaruh intensif gaya gaya viskositas pada lapisan batas yang menyebabkan timbulnya tahanan gesek pada kapal tersebut.

b. Tahanan Gelombang (*Wave Making Resistance (RW)*)

Kapal yang bergerak dalam air akan mengalami hambatan sehingga menimbulkan gelombang yang terbentuk akibat terjadinya variasi tekanan air terhadap lambung kapal pada saat kapal bergerak dengan suatu kecepatan tertentu. Ada tiga jenis gelombang yang biasanya terbentuk pada saat kapal bergerak, yaitu ; *gelombang haluan, gelombang melintang pada kiri dan kanan lambung kapal serta gelombang buritan.*

c. Tahanan Tekanan (*Pressure Resistance (Rp)*)

Partikel partikel air yang bergerak melintasi lambung kapal akan terpecah dan membentuk volume air tertentu dimana partikel partikel air tadi bergerak dalam satuan pusaran. Karena terjadinya pusaran ini, maka tekanan air pada buritan kapal akan berkurang dan timbullah satu gaya yang melawan arah gerak maju dari kapal. Gaya hambatan inilah yang merupakan hambatan tekanan yang dialami oleh gerak maju kapal.

d. Tahanan Udara (*Air Resistance (RA)*)

Kapal yang sedang berlayar, pada bagian atasnya (sebagian lambung an bangunan atasnya) akan mengalami gaya hambatan dari udara. Hambatan udara ini juga terdiri dari komponen komponen gesek dan komponen bentuk. Tekanan udara yang dialami kapal berkisar antara 2 s/d 4 % dari tahanan total yang dialaminya. Untuk menghitung besarnya tahanan tahanan kapal tersebut, dapat dipergunakan berbagai cara misalnya dengan percobaan memakai model *Towing tank* atau dengan cara pendekatan lainnya. Yang dimaksud dengan cara pendekatan adalah cara perhitungan dengan menggunakan rumus pendekatan.



e. **Tahanan Tambahan (*Appendage Resistance (R_{AA})*)**

Hambatan Tambahan adalah hambatan yang disebabkan karena adanya penambahan penambahan pada bagian badan kapal. Penambahan dari perhitungannya adalah dengan menambahkan sebesar 5% sampai dengan 8 % dari hambatan total kapal rancangan.

Dalam tugas merancang mesin kapal ini, perhitungan tahanan yang digunakan adalah perhitungan holtrop

II.2 PERHITUNGAN TAHANAN KAPAL DENGAN METODE HOLTROP

Untuk menentukan daya mesin kapal yang digunakan maka sebelumnya kita harus menghitung tahanan kapal.:

1. Dimensi Utama

L_{pp}	=	48,5 meter
L_{wl}	=	49 meter
B	=	12,5 meter
H	=	11 meter
T	=	9,3 meter
C_b	=	0,6
V_s	=	12 knots = 6,1728 m/s
C_{bwl}	=	0,5938
C_p	=	0,6134
C_m	=	0,978
L_{cb}	=	0,028
Radius	=	1500 mil laut



$$\begin{aligned}\nabla &= Lwl \times B \times T \times Cbwl \\ &= 3417,75 \text{ m}^3 \\ \Delta &= Lwl \times B \times T \times Cbwl \times \rho \\ &= 3503,19375 \text{ ton} \\ \rho &= 1,025 \text{ ton/m}^3 \\ S &= 1,025 \times Lpp \times (Cb \times (B + 1.7T)) \\ &= 1158,798 \text{ m}^2 \\ F_n &= Vs / (gxLwl)^{0.5} \\ &= 0,281689804 \\ R_n &= (Vs \times Lwl) / \nu \quad \nu = 1,2E-06 \\ &= 265555048,3\end{aligned}$$

2 Tahanan Gesek (R_f)

$$R_f = 0,5 \times \rho \times V^2 \times C_f \times (1+k_1) \times S$$

Berdasarkan ITTC-1957 diperoleh koefisien tahanan gesek :

$$\begin{aligned}C_f &= 0.075 / (\log R_n - 2)^2 \\ &= 0,00182\end{aligned}$$

Length of run (L_r)

$$\begin{aligned}L_r &= Lwl \times \{1 - C_p + (0.06 \times C_p \times Lcb)\} / (4C_p - 1) \\ &= 13,06005 \text{ m}\end{aligned}$$



Form Factor of bare hull

$$(1+k_1) = 0,93 + [0.4871 \times c \times (B/L)^{1.0681} \times (T/L)^{0.4611} \times (L/L_r)^{0.1216} \times (L^3/\nabla)^{0.3649} \times (1-C_p)^{-0.6402}]$$

dimana c adalah nilai koefisien untuk bentuk khusus buritan kapal.

koefisien C_{stern} (*principle of naval architecture vol. II, 91*):

Afterbody form	C_{stern}
Pram with gondola	-25
V-shaped section	-10
Normal shaped	0
U-shaped section with Hogner stern	+10

Sehingga untuk bentuk normal

$$c = 1 + (0,011 \times C_{stern})$$

$$= 1$$

$$(1+k_1) = 0,93 + [0.4871 \times c \times (B/L)^{1.0681} \times (T/L)^{0.4611} \times (L/L_r)^{0.1216} \times (L^3/\nabla)^{0.3649} \times (1-C_p)^{-0.6402}]$$

$$= 1,343035744$$

Sehingga :

$$R_f = 0,5 \times \rho \times V^2 \times C_f \times (1+k_1) \times S \quad V = V_s \text{ dalam m/s}$$

$$= 55,23102 \text{ kN}$$



3 Tahanan Tambahan (R_{App})

$$(1+k) = (1+k_1) + \{(1+k_2) - (1+k_1)\} \times S_{app} / S_{tot}$$

Dengan

(1+k₂) = koefisien tipe tahanan tambahan, di sini hanya terdapat tambahan faktor rudder of single screw ship, sehingga

$$(1+k_2) = 1,5$$

$$S_{Kemudi} = c_1 \times c_2 \times c_3 \times c_4 \times (1,75 \times L \times T / 100)$$

$$= 20,3356125 \text{ m}^2$$

Dimana

c₁ = faktor tipe kapal
= 1,0 untuk kapal umum
= 0,9 untuk bulk carrier dan tanker dengan displacement > 50.000 ton

c₂ = faktor tipe rudder
= 1,0 untuk kapal umum
= 0,9 semi spade rudder
= 0,8 untuk double rudder
= 0,7 untuk high lift rudder

c₃ = faktor profil rudder
= 1,0 untuk NACA – profil dan plat rudder
= 0,8 untuk hollow profil

c₄ = rudder arrangement



$$\begin{aligned} &= 1,0 \text{ untuk rudder in the propeller jet} \\ &= 1,5 \text{ untuk rudder outside the propeller jet} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Stot} &= \text{Sapp} + \text{S} \\ &= 1179,134 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Sehingga

$$\begin{aligned} (1+k) &= (1+k_1) + \{(1+k_2) - (1+k_1)\} \times \text{Sapp}/\text{Stot} \\ &= 1,368162881 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{\text{app}} &= 0,5 \times \rho \times V^2 \times C_f \times \text{Stot} \times (1+k) \\ &= 57,25172 \text{ kN} \end{aligned}$$

4 Tahanan Gelombang (R_w)

$$R_w/W = c_1 \times c_2 \times c_5 \times e^{[(m_1 \times F_n^d) + (m_2 \times \cos(\lambda F_n - 2))]}$$

Persamaan berikut untuk $F_n < 0,4$:

$$\begin{aligned} c_1 &= 2223105 \times c_7^{3,7861} \times (T/B)^{1,0796} \times (90 - iE)^{-1,3757} \\ &= 29,39564 \end{aligned}$$

Dimana

$$\begin{aligned} c_4 &= B/L \quad \text{Jika } 0,11 < B/L < 0,25 \\ &= 0,25510 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} iE &= (125,67 \times B/L) - (162,25 \times C_p^2) + (234,32 \times C_p^3) + (0,1551 \times \\ &\quad (L_{cb} + (6,8(T_a - T_f)/T)^3) \end{aligned}$$



karena $T_a = T_f = T$ maka :

$$iE = (125,67 \times B/L) - (162,25 \times C_p^2) + (234,32 \times C_p^3) + (0,1551 \times Lcb^3)$$

$$iE = 25,09741$$

$$c2 = \exp(-1,89\sqrt{c3})$$

dengan

$$c2 = 1$$

$$c3 = 1 - (0,8 \times (A_t / B \times T \times C_m))$$

Dimana

A_t = immersed are of transom at zero speed

$$= 0$$

$$\lambda = (1,446 \times C_p) - (0,03 \times L/B) \quad L/B = 3,92000$$

$$= 0,76952$$

$$d = -0,9$$

$$m1 = [0,01404 \times (L/T)] - (1,7525 \times \nabla^{1/3} / L) - (4,7932 \times B / L) - c16$$

$$= -3,03784$$

Dengan

$$c5 = (8,0798 \times C_p) - (13,8673 \times C_p^2) + (6,9844 \times C_p^3)$$

$$= 1,35033$$

$$m2 = c15 \times 0,4 \times e^{(-0,034 \times Fn^{3,29})}$$

$$= 0,075336524$$



$$L^3/\nabla = 34,42294$$

$$c_6 = -1,69385 \quad \text{untuk } L^3/\nabla < 512$$

maka :

$$\begin{aligned} R_w &= c_1 \times c_2 \times c_5 \times e^{[(m_1 \times F_n^d) + (m_2 \times \cos(\lambda F_n - 2))]} \\ &= 81,13889 \text{ kN} \end{aligned}$$

Dengan

$$\begin{aligned} W &= \rho \cdot g \cdot \nabla \\ &= 34331,299 \text{ ton} \end{aligned}$$

5 Model Ship Correlation allowance

Adalah nilai koreksi yang berhubungan dengan model kapal.

untuk nilai $T/L < 0.4$ maka C_a : $T/L = 0,1897959$

$$\begin{aligned} C_a &= [0.006 \times (L_{wl} + 100)^{-0.16}] - 0.00205 + [0.003 \times (L_{wl}/7.5)^{0.5} \times C_b^4 \\ &\quad \times c_2 \times (0.04 - T/L_{wl})] \\ &= 0,0005 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_a &= 0.5 \times \rho \times V^2 \times C_a \times S \\ &= 11,21058 \text{ kN} \end{aligned}$$

6 Total Resistance

$$\begin{aligned} R_t &= 0.5 \rho \cdot V^2 \cdot \text{Stot}[C_f(1+k) + C_a] + R_w \\ &= 150,28765 \text{ kN} \end{aligned}$$

Dalam hal ini tahanan total masih dalam pelayaran percobaan, untuk kondisi rata-rata pelayaran dinas harus diberikan kelonggaran tambahan pada tahanan dan daya efektif. Kelonggaran rata-rata untuk pelayaran dinas disebut sea margin/service



margin. Untuk rute pelayaran Surabaya-Singapura/asia sea marginnya adalah sebesar 15-20%

$$\begin{aligned} R_{tdinas} &= (1+16\%) \times R_t \\ &= 174,33368 \text{ kN} \end{aligned}$$





II.3 MENENTUKAN DAYA MESIN INDUK

- a. Perhitungan Daya Efektif Kapal (EHP) semua perhitungan (*ref Tahanan dan propulsi kapal*)

$$\begin{aligned} \text{EHP} &= (RT_{\text{dinas}} \times V_s) \\ &= 1076.126923 \text{ KW} \\ &= 1448,792192 \text{ HP} \end{aligned}$$

- b. Perhitungan Wake Fraction (w)

Pada perencanaan ini digunakan tipe single screw propeller sehingga nilai w adalah:

$$\begin{aligned} w &= 0.55C_b - 0.2 \\ &= 0.13 \end{aligned}$$

- c. Perhitungan Speed of Advance (V_a)

$$\begin{aligned} V_a &= (1 - w) V_s \\ &= 5.37 \text{ m/detik} \end{aligned}$$

- d. Perhitungan Thrust Deduction Factor (t)

Nilai t dapat dicari dari nilai w yang telah diketahui yaitu

$$\begin{aligned} t &= k \cdot w \text{ nilai } k \text{ antara } 0.7-0.9 \text{ dan diambil nilai } k = 0.9 \\ &= 0,151 \end{aligned}$$

- e. Perhitungan Efisiensi Lambung (η_H)

$$\begin{aligned} \eta_H &= (1-t) / (1-w) \\ &= 0.976 \end{aligned}$$



f. Perhitungan Daya Dorong (THP)

$$\begin{aligned} \text{THP} &= \text{EHP} / \eta_H \\ &= 1484,628041 \text{ HP} \end{aligned}$$

g. Perhitungan Koefisien Propulsif

- Efisiensi Relatif Rotatif

Harga η_{rr} atau efisiensi relatif rotatif untuk kapal dengan propeler tipe single screw adalah berkisar antara 1,02 sampai 1,05, diambil sebesar **1.05**.

- Efisiensi Propeler

Efisiensi propeler atau η_P di sini merupakan harga efisiensi propeler yang terpasang di bagian buritan kapal. Pada perencanaan propeler dan tabung poros propeler ini diambil harga asumsi η_P sebesar **0,7**

- Koefisien propulsif

Koefisien Propulsif atau PC merupakan harga koefisien yang diperoleh dari perkalian antara efisiensi lambung, efisiensi relatif rotatif, dan efisiensi propeler.

$$\begin{aligned} \text{PC} &= \eta_H \cdot \eta_{rr} \cdot \eta_P \\ &= 0.976 \cdot 1,05 \cdot 0.7 \\ &= 0.717 \end{aligned}$$

h. Perhitungan Karakteristik Daya-Daya Mekanis Sistem Propulsi Dan Daya Motor Penggerak Utama

- ❖ Perhitungan Daya Pada Tabung Poros Baling – Baling

Daya pada tabung poros baling - baling atau DHP dihitung dari perbandingan antara Daya Efektif atau EHP dengan Koefisien Propulsif atau PC.



$$\begin{aligned} \text{DHP} &= \text{EHP} / \text{PC} \\ &= 1448,792192 / 0.717 \\ &= 2019.902096 \text{ HP} \end{aligned}$$

❖ Perhitungan Daya Pada Poros Baling – Baling

Di sini kapal memiliki kamar mesin di bagian belakang, harga efisiensi bantalan dan tabung baling - baling atau $\eta_S \eta_B$ (Effisiensi poros dan baling-baling) adalah 0,98. Sehingga besarnya daya pada poros dengan Reduction Gear menurut buku Principle of Naval Architecture hal 202 adalah:

$$\begin{aligned} \text{SHP} &= \text{DHP} / \eta_S \eta_B \\ &= 2019.902096 / 0,98 \\ &= 2061.124588 \text{ HP} \end{aligned}$$

❖ Perhitungan Daya Pada Mesin Induk (Main Engine)

$$\begin{aligned} \text{BHP (SCR)} &= \text{SHP} / 0.98 \\ \text{BHP (SCR)} &= 2061.124588 / 0.98 \\ &= 2103.188355 \text{ HP} \end{aligned}$$

Besarnya daya pada motor induk yang dioperasikan untuk menggerakkan kapal agar dapat berlayar sesuai dengan kecepatan yang diinginkan dinamakan Power Brake. Daya yang tersebut merupakan daya keluaran pada kondisi service, besarnya daya adalah 85% dari daya maximum yang bisa dihasilkan, sesuai dengan yang disyaratkan dari Engine Builder.

$$\begin{aligned} \text{Sehingga: BHP (MCR)} &= \frac{2103.188355}{0.85} = 2474,339242 \text{ HP} \\ &= 1819.876512 \text{ KW} \end{aligned}$$



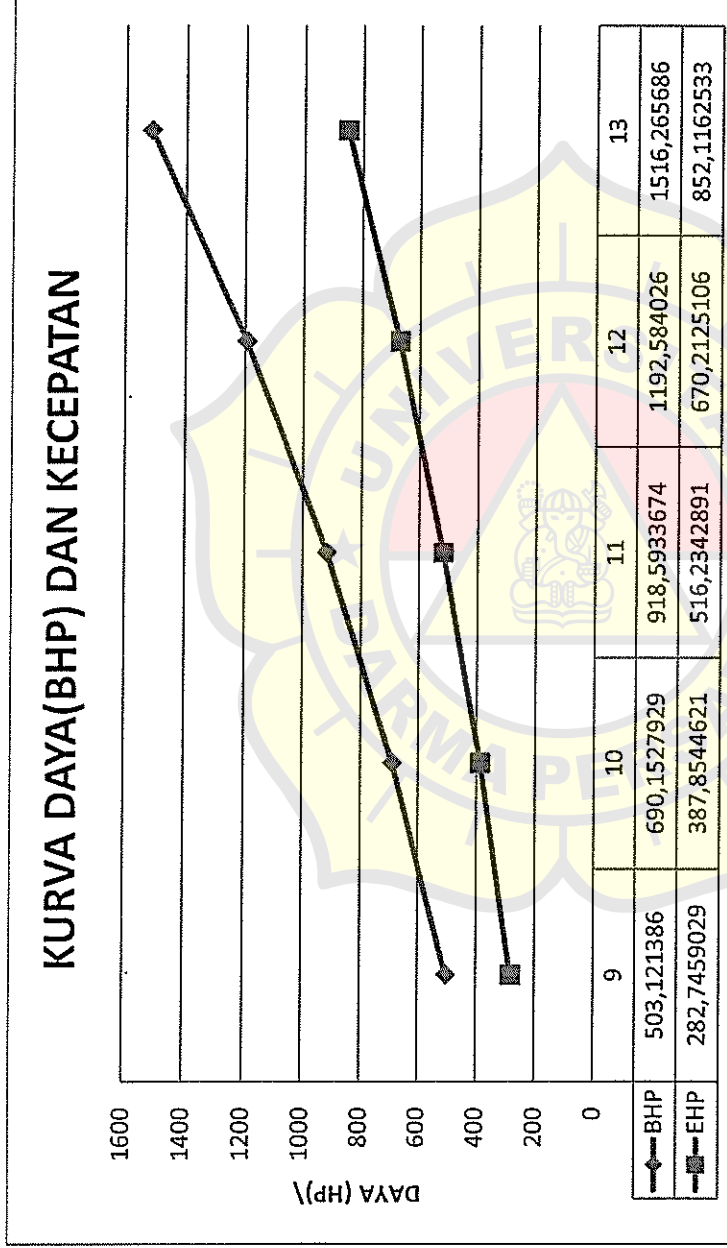
Sehingga dari data ini dapat ditentukan jenis, merek dan tipe dari motor penggerak utama ini melalui pemilihan jenis, tipe dan merek dari berbagai specification atau informasi spesifikasi teknis dari beberapa merek dan tipe motor penggerak kapal.





TABEL II.3.a PERHITUNGAN DAYA MESIN KAPAL PADA 5 KECEPATAN

no	RUMUS	Satuan/Sumber Rumus	Kecepatan (Knot)									
			9	10	11	12	13					
1	V_s	Knot	9	10	11	12	13					
2	V_s	m/det	4,629	5,144	5,658	6,173	6,687					
3	V_s^2	m ² /det	21,43	26,46	32,013	38,106	44,716					
4	$F_n = V / g L$		0,2112	0,2346	0,25813	0,2816	0,305					
5	$1/2 \cdot \rho S \cdot V^2$	Kg	48100,53	59383,37	71853,88	85512,06	100357,9					
6	$10^3 C_r (L/V^3)$		0,085	0,095	1,1	1,825	2,9					
7	Koreksi B/T		-0,016	-0,016	-0,016	-0,016	-0,016					
8	Koreksi LCB		0,0126	-0,00042	-0,0005	-0,158	-0,368					
9	koreksi garis penampang		0	0	0	0	0					
10	koreksi bentuk haluan		0	0	0	0	0					
11	koreksi anggota badan		0,387	0,399	0,137	0,242	0,032					
12	Resultan $10^3 C_r$	$6+7+8+9+10+11$	0,472	0,494	1,204	2,06	2,9					
13	$10^6 R_n$	$V \cdot L / \rho$	333,563	370,673	407,71	444,8	481,86					
14	$10^3 C_f$ ITTC -1957		1,76	1,739	1,811	1,697	1,679					
15	$10^3 C_f$	$S' / S X 10^3 C_f$	1,857	1,83	1,9	1,79	1,77					
16	$10^3 C_a$		0,4	0,4	0,4	0,4	0,4					
17	$10^3 C_{aa}$		0,07	0,07	0,07	0,07	0,07					
18	$10^3 C_{as}$		0,04	0,04	0,04	0,04	0,04					
19	$10^3 C_T = C_r + C_f + C_a + C_{aa} + C_{as}$	$12+15+16+17+18$	2,656	2,657	3,53	4,267	5,124					
20	$RT = C_t \cdot 1/2 \cdot \rho \cdot S \cdot V^2$	Kg	4580,512942	5654,95425	6842,494642	8143,13412	9556,872682					
21	$EHP = V \cdot RT / 75$	HP	282,7459029	387,8544621	516,2342891	670,2125106	852,1162533					
22	PC		0,68	0,68	0,68	0,68	0,68					
23	$SHP = EHP / PC$	HP	415,8027984	570,374209	759,1680722	985,6066332	1253,112137					
24	BHP	HP	503,121386	690,1527929	918,5933674	1192,584026	1516,265686					



Gambar II.3a Kurva Daya (BHP) dan Kecepatan

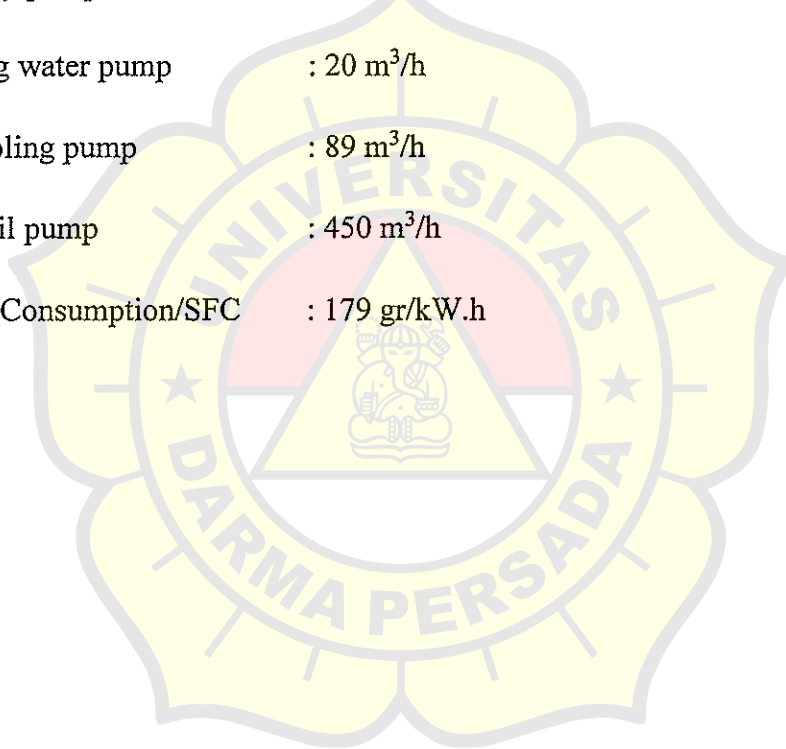


II.4 DATA MESIN ME

Nama	: MAN B & W DIESEL A/S
Type	: S 26 MC 2000 kW
Lay out point	: L1
Engine speed	: 250 r/min
Tekanan	: 18,5 bar
Cylinder	: 5 buah
D	: 2750 mm
Hub VBS	: 740 mm
Q	: 569 mm
R	: 655 mm
W_{min}	: 1940 mm
Propeller mass* ton	: 6,4
A	: 420 mm
B	: 1880 mm
E	: 490 mm
H1	: 4825 mm
H2	: 4725 mm
H3	: 4525 mm
H4	: 4500 mm
Lmin	: 3460 mm



Dry masses in tons	: 37 ton
Fuel oil heater	: 47 kW
Exhaust gas flow at 265° C	: 15500 kg/h
Air consumption of engine	: 4,2 kg/s
Fuel oil circulating pump	: 1,8 m ³ /h
Fuel oil supply pump	: 0,5 m ³ /h
Jacket cooling water pump	: 20 m ³ /h
Sea water cooling pump	: 89 m ³ /h
Lubricating oil pump	: 450 m ³ /h
Specific Fuel Consumption/SFC	: 179 gr/kW.h





II.5. PERHITUNGAN ENGINE PROPELLER MATCHING (EPM)

DATA – DATA KAPAL

Langkah – langkah dalam perhitungan engine propeller matching adalah sebagai berikut :

Masukkan ukuran-ukuran utama kapal sesuai dengan Tugas Rencana Umum (General Arrangement), dimana dalam hal ini adalah :

Lpp	=	48,5 meter
Lwl	=	49 meter
B	=	12,5 meter
H	=	11 meter
T	=	9,3 meter
Cb	=	0,6
Vs	=	12 knots = 6,1728 m/s
Cbwl	=	0,5938
Cp	=	0,6134
Cm	=	0,978
Lcb	=	0,028
Radius	=	1500 mil laut

$$1 \text{ m} = 3.28084 \text{ ft}$$



II.6 LANGKAH PERHITUNGAN ENGINE PROPELLER MATCHING (EPM)

Langkah – langkah dalam perhitungan engine propeller matching adalah sebagai berikut :

1. Menghitung besarnya $0,1739 \cdot \sqrt{Bp}$ yang berfungsi dalam pembacaan grafik, namun sebelumnya kita harus menghitung terlebih dahulu nilai-nilai seperti dibawah ini :

- DHP (Daya pada tabung poros buritan baling-baling)

Daya pada tabung poros baling-baling dihitung dari perbandingan antara daya efektif dengan koefisien propulsif, yaitu :

$$\begin{aligned} \text{DHP} &= \text{EHP}/P_c \\ &= 1448,792192/0,717 \\ &= 2019.902096 \text{ HP} \end{aligned}$$

- SHP (Daya poros pada poros baling-baling)

Untuk kapal yang kamar mesinnya terletak di bagian belakang akan mengalami losses sebesar 2%, sedangkan pada kapal yang kamar mesinnya pada daerah midship kapal mengalami losses sebesar 3%. Pada perencanaan ini kamar mesin di bagian belakang sehingga mengalami losses atau efisiensi transmisi porosnya (η_{shp}) sebesar 0.976

$$\begin{aligned} \text{SHP} &= \text{DHP}/\eta_{\text{shp}} \\ &= 2019.902096/0,976 \\ &= 2061.124588 \text{ HP} \end{aligned}$$

- N (Putaran motor)

Putaran dari mesin didapatkan pada saat pemilihan mesin induk dimana pada kapal riset ini digunakan mesin merk Man B&W S 26MC dimana rpm mesin induk = 250 rpm



- Ratio G/B

Ratio ini didapatkan setelah kita memilih beberapa macam gear box yang sesuai dengan daya mesin induk, dalam hal ini pilihan saya jatuh pada gear box dengan spesifikasi sebagai berikut :

tipe gear box	ratio
ZF 53000 NRB2	2
ZF 53000 NRB2	2

- Np (Putaran Propeller)

Putaran propeller merupakan perbandingan antara putaran (N) mesin induk dengan ratio dari gear box (G/B)

$$Np = \frac{N}{(G/B)}$$

- Wake friction (w)

Adalah perbedaan antara kecepatan kapal dengan kecepatan aliran air yang menuju ke baling-baling, dimana perbedaan ini akan menghasilkan harga koefisien arus ikut., dimana harga w pada perencanaan ini diambil tipe single screw propeller sehingga nilai w adalah :

$$w = 0.55Cb-0.2$$

$$= 0.13$$

- Kecepatan dinas (Vs)

Sesuai dengan tugas rencana garis dan tugas rencana umum kecepatan dinas dari kapal ini adalah 12 knot (6.1728 m/s)

- Speed of advance (Va)

Perhitungan dari speed advance (Va) menggunakan rumus :



$$\begin{aligned}V_a &= (1-w) \cdot V_s \\ &= 5.370 \text{ m/s}\end{aligned}$$

- Menghitung faktor absorpsi daya (B_p dan B_{p1})

Kita dapat menghitung besarnya B_p dan B_{p1} dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$B_p = \frac{N \cdot DHP^{0.5}}{V_A^{2.5}} \quad \text{dan} \quad B_{p1} = \frac{N \cdot SHP^{0.5}}{V_A^{-5/2}}$$

- $0,1739 \cdot \sqrt{B_p}$

Merupakan besarnya perhitungan yang nantinya digunakan untuk pembacaan diagram $0,1739 \cdot \sqrt{B_p}$ dimana hasil dari pembacaan grafik tersebut akan diketahui besarnya $1/J_0$ serta besarnya P/D .

Cara pembacaan grafik dapat dilakukan apabila nilai $0,1739 \cdot \sqrt{B_p}$ sudah diketahui, setelah itu maka kita tarik garis lurus keatas memotong lengkung memanjang, kemudian dari titik perpotongan ini kita tarik garis ke kiri atau tegak lurus dengan garis horizontal (menunjuk besarnya P/D), sehingga nilai dari P/D dapat diketahui. Untuk mendapatkan besarnya nilai $1/J_0$, dari perpotongan tadi kita buat garis melengkung mengikuti lengkung dari grafik $1/J_0$ sehingga akan diketahui berapa nilai $1/J_0$ nya.

- Perbandingan D_b dan D_{max}

Dimana nilai D_b harus lebih kecil dari D_{max} , dalam menghitung nilai D_b dan D_{max} perhitungan yang akan digunakan adalah sebagai berikut :

$$D_b = (0.95 \times D_o)$$

$$D_{max} = 0.7T \times 3.28084$$

Dimana $D_o = \delta_o \times V_a/N$ dan

$$\delta_o = \left(\frac{1}{J_o}\right) / 0.009875$$



2. Menghitung besar nilai η dan P/D_b yang baru

Setelah perhitungan diatas selesai dilakukan maka akan didapatkan besarnya nilai $1/J_b$ secara hitungan dimana menggunakan persamaan berikut :

$$1/J_b = \delta_b \times 0.009875$$

$$\text{Dimana nilai } \delta_b = D_b \times N/V_a$$

Setelah itu hal yang harus dilakukan adalah membaca grafik $0,1739 \cdot \sqrt{B_p}$ dimana akan dihasilkan nilai η dan P/D_b yang baru. Caranya adalah dengan nilai $1/J_b$ perhitungan maka kita tarik garis melengkung mengikuti lengkung dari grafik $1/J_b$ sampai memotong garis lengkung. Maka dari titik perpotongan dua garis lengkung inilah maka kita tarik garis yang tegak lurus dengan garis vertikal, maka akan diketahui besarnya P/D_b yang baru. Sedangkan untuk mengetahui nilai η dari propeller, maka dari perpotongan dua titik lengkung ini kita buat garis lengkung keatas searah dengan arah grafik efisiensi, sehingga dari sini akan kita dapatkan berapa besarnya η dari propeller yang akan kita gunakan.

3. Menghitung Kavitasasi

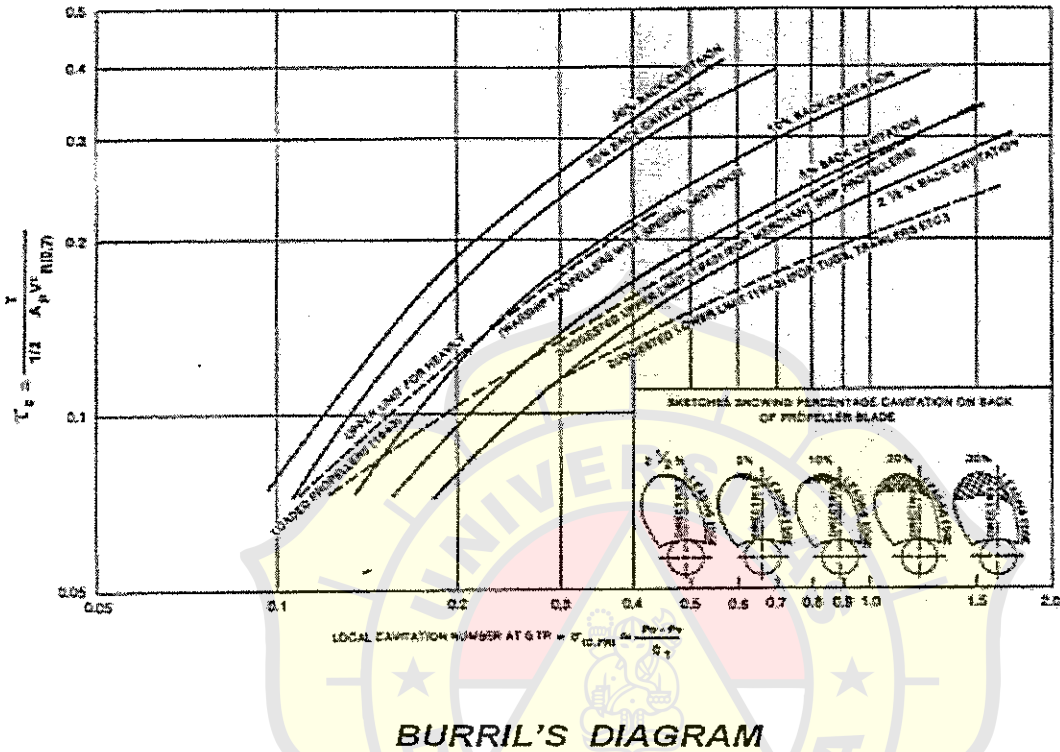
Kavitasasi adalah peristiwa terbentuknya gelembung-gelembung uap di dalam cairan akibat turunnya tekanan cairan sampai di bawah tekanan uap jenuh cairan pada suhu tertentu.

Dalam perhitungan kavitasasi ini digunakan nilai σ 0.7R dimana nilai ini didapatkan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\sigma \cdot 0.7R = (188.2 + (19.62 \times 5.07)) / (V_a^2 + (4.836 \times (N^2) \times (D_b \times 0.3048)^2))$$

Setelah diketahui besarnya σ 0.7R maka kita dapat mengetahui besarnya nilai τ_C

Dengan cara membaca diagram burril seperti terlihat pada gambar di bawah ini



Gambar II.6 a Diagram Burril

Dari perhitungan telah didapatkan nilai σ 0.7R misal 0.600324603 maka hal yang harus kita lakukan adalah dari σ 0.7R = 0.600324603 ditarik garis vertikal keatas sesuai besarnya nilai sehingga memotong garis putus-putus yang kedua, dari perpotongan inilah maka kita tarik garis tegak lurus dengan garis τ , sehingga dari sini dapat diketahui nilai dari τ . Suatu propeller dapat dikatakan tidak akan mengalami kavitasi apabila nilai dari T_c itungan $< \tau C$. Setelah perhitungan kavitasi sudah dilakukan maka hal lain yang perlu dicari adalah besarnya clearance prop. Dimana persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut :



$$\text{clearance prop} = (D_b \times 0.3048) + (0.03 \times D_b \times 0.3048) + (0.08 \times D_b \times 0.3048)$$

Syarat clearance akan terpenuhi apabila $0.7T < \text{clearance prop}$.

Dari hasil perhitungan yang telah dibuat terlihat bahwa propeller yang bisa digunakan yaitu tipe B4-85, B4-100 untuk ratio sebesar 2

II.7 VARIASI PROPELLER

B4-85

DATA PROPELLER

Rasio gearbox 1:2

Type propeller B4-85

η Propeller 43%

(P/D) 0.7

Diameter (m) 4.63

rpm prop 125

Tahanan total pada saat clean hull (lambung bersih, tanpa kerak)

$$R_t \text{ trial} = 150.28 \text{ kN}$$

Tahanan total pada saat service (lambung telah ditempeli oleh fouling)

$$R_t \text{ service} = 174.33 \text{ Kn}$$

1. Menghitung koefisien α

$$R_t = 0.5 \rho \times C_{t_x} S \times V_s^2$$

$$R_t = \alpha \times V_s^2$$

$$\alpha = R_t / V_s^2$$



$$\alpha \text{ clean hull} = 3944.00$$

$$\alpha \text{ service} = 4575.18$$

2. Menghitung koefisien β

$$\beta = \alpha / (1-t) \times (1-w) \times 2 \times \rho \times D^2$$

$$\beta \text{ clean hull} = 0.382$$

$$\beta \text{ service} = 0.443$$

3. Membuat kurva KT - J

Sebelum membuat kurva Kt - J, dicari nilai KT terlebih dahulu dengan rumusan:

$$KT = \beta \times J^2$$

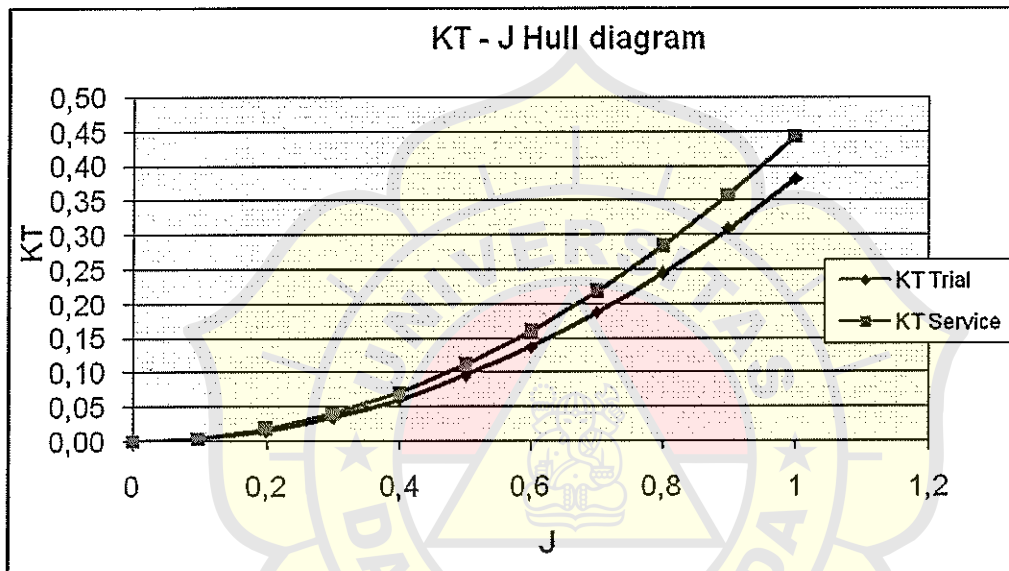
Dimana nilai J untuk B4-85 berkisar antara nilai 0-1. Setelah itu dibuat tabel berikut



J	J ²	KT clean hull	KT service
0	0,00	0	0
0,1	0,01	0,00	0,00
0,2	0,04	0,02	0,02
0,3	0,09	0,03	0,04
0,4	0,16	0,06	0,07
0,5	0,25	0,10	0,11
0,6	0,36	0,14	0,16
0,7	0,49	0,19	0,22
0,8	0,64	0,24	0,28
0,9	0,81	0,31	0,36
1	1,00	0,38	0,44

Tabel II.7.a Hubungan antara KT dan J

Lalu dibuat kurva KT- J. Kurva ini merupakan interaksi lambung kapal dengan propeller



Gambar II.7 a Diagram Hull KT -J



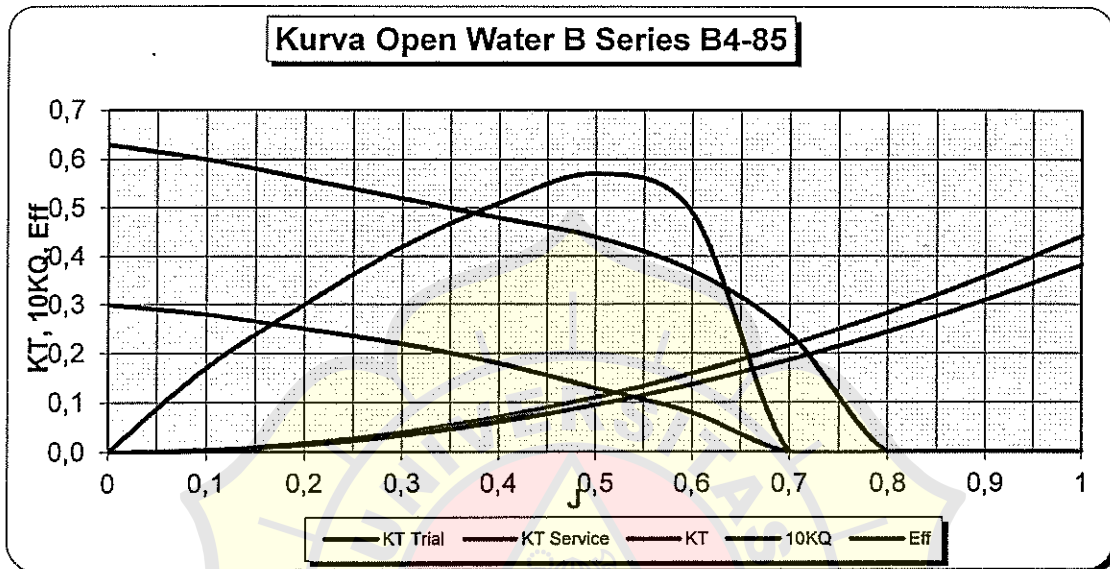
Lalu kurva $KT - J$ tersebut diplotkan ke kurva open water propeller untuk mendapatkan titik operasi propeller.

Pada langkah ini, dibutuhkan grafik open water test untuk propeller yang telah dipilih, yakni B4-85. Setelah itu dicari nilai masing-masing dari KT , $10KQ$, dan η behind the ship. Tentu saja dengan berpatokan pada nilai P/Db yang telah didapat pada waktu pemilihan propeller. Sehingga dari kurva open water B4-85 didapatkan data sebagai berikut :

J	KT	10 KQ	η
0	0,3	0,63	0
0,1	0,28	0,6	0,17
0,2	0,25	0,56	0,3
0,3	0,22	0,52	0,42
0,4	0,18	0,48	0,51
0,5	0,13	0,44	0,57
0,6	0,08	0,37	0,49
0,7	0	0,24	0
0,8	0	0	0
0,9	0	0	0
1	0	0	0

Tabel II.1.7 b Nilai KT , $10 KQ$ dan η

Setelah didapatkan data diatas, maka nilai tersebut diplotkan ke dalam grafik bersama dengan kurva KT - J yang telah didapat diawal.



Gambar II.1.7 b Kurva open water B series B4-85



II.8 PEMBACAAN GRAFIK PADA KURVA OPEN WATER B SERIES B4-85

Berdasarkan pembacaan grafik maka didapatkan hasil :

1. Titik operasi propeller pada kondisi trial :

$$J = 0,53$$

$$KT = 0,11$$

$$10KQ = 0,41$$

$$h = 0,55$$

2. Titik operasi propeller pada kondisi kondisi service:

$$J = 0,54$$

$$KT = 0,11$$

$$10KQ = 0,41$$

$$h = 0,55$$

Dimana :

$$J = \text{Koefisien advance}$$

$$KT = \text{Koefisien gaya dorong}$$

$$10KQ = \text{Koefisien torsi}$$

$$h = \text{Efisiensi propeller behind the ship}$$

Dengan diketahuinya nilai efisiensi propeller yang baru maka dapat dikoreksi kembali besarnya kebutuhan daya motor penggerak utama .



- a. Perhitungan effective horse power

$$\text{EHP} = 1448,7921 \quad \text{hp}$$

- b. Perhitungan koefisien propulsif

1. efisiensi relatif rotatif (η_{rr})

Pada kapal dengan menggunakan single screw, nilai efisiensi relatif rotatif berkisar antara 1.02 - 1.05 perencanaan ini efisiensi relatif rotatifnya = 1.02

2. efisiensi propeller (η_p)

$$\text{harga efisiensi propeller sebesar} = 0.558$$

3. koefisien propulsif (PC)

efisiensi propulsif adalah efisiensi yang dihitung dengan mengalikan harga efisiensi lambung, efisiensi propeller, dan efisiensi relatif rotatif.

$$\begin{aligned} \text{PC} &= \eta_{rr} \times \eta_p \times \eta_H \\ &= 1.05 \times 0.7 \times 0,976 \\ &= 0.717 \end{aligned}$$

4. Perhitungan delivered horse power (DHP)

$$\begin{aligned} \text{DHP} &= \text{EHP}/\text{PC} \\ &= 1448,7921/0,717 \\ &= 2019,9020 \quad \text{hp} \end{aligned}$$



5. Perhitungan daya pada poros baling-baling, shaft horse power(SHP)

Kerugian transmisi poros umumnya diambil diambil sekitar 2% untuk kamar mesin di belakang, dan 3% untuk kamar mesin di tengah.

$$\begin{aligned} \text{SHP} &= \text{DHP}/\eta_{\text{sb}} \\ &= 2019,9020/0,976 \\ &= 2061,124 \text{ hp} \end{aligned}$$

6.. Perhitungan daya penggerak utama

Pada perhitungan daya penggerak utama kapal, harga efisiensi reduction gears, yang nilainya

1. $\eta_g = 98\%$ untuk single reduction gears
2. $\eta_g = 99\%$ reversing reduction gears

daya pada perhitungan ini adalah daya untuk bergerak maju, maka :

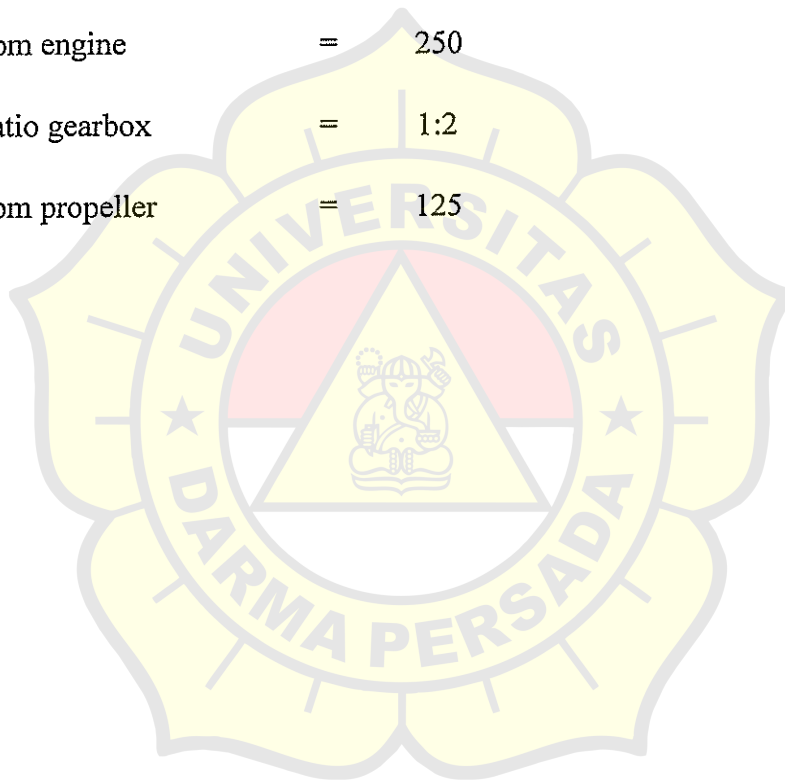
$$\begin{aligned} \text{BHPscr} &= \text{SHP}/\eta_g \\ &= 2061,124588/0.98 \\ &= 2103,1883 \text{ hp} \\ \text{BHPmcr} &= \text{BHPscr}/0.85 \\ &= 2103,1883/0.85 \\ &= 2474,339 \text{ hp} \\ &= 1819,876 \text{ kW} \quad 1 \text{ hp} = 0.746 \text{ Kw} \end{aligned}$$



Setelah didapatkan berapa daya mesin yang baru maka kita bisa mengetahui apakah propeller yang kita pakai sudah sesuai apa tidak dengan mesin yang kita gunakan yaitu dengan melakukan suatu perhitungan sebagai berikut :

Diketahui :

$$\begin{aligned} \text{max engine HP} &= 2474,339 \quad \text{HP} \\ \text{rpm engine} &= 250 \\ \text{ratio gearbox} &= 1:2 \\ \text{rpm propeller} &= 125 \end{aligned}$$





II.9 PEMILIHAN PROPELER

Tujuan dari pemilihan type propeller adalah menentukan karakteristik propeller yang sesuai dengan karakteristik badan kapal dan besarnya daya yang dibutuhkan sesuai dengan kebutuhan misi kapal. Dengan diperolehnya karakteristik type propeller maka dapat ditentukan efisiensi daya yang ditransmisikan oleh motor induk ke propeller. Langkah – langkah dalam pemilihan type propeller :

1. Perhitungan dan pemilihan type propeller
2. Perhitungan syarat kavitasi
3. Design dan gambar type propeller.

II.9.a PROPELLER DESIGN

Proses penentuan dan pemilihan type propeller dilakukan dengan pembacaan diagram $B_p - \delta$ setelah melalui langkah-langkah berikut :

- Menentukan nilai B_p (Power Absorbtion)

Nilai B_p diperoleh dari rumusan :

$$B_p = \frac{N_{prop} \times P^{0,5}}{V_a^{2,5}} \quad \text{dimana : } V_a = (1 - w) V_s$$

- Pembacaan diagram B_p -1 (pada lampiran)

Pada pembacaan diagram B_p -1, nilai B_p harus dikonversikan terlebih dahulu, dengan rumusan: $0,1739 \times \sqrt{B_{p1}}$

- Menentukan nilai $\left[\frac{P}{D} \right]_0$ dan $\delta_{0(1/\delta)}$ dari pembacaan $B_p - \delta$ diagram (terlampir)
- Menentukan nilai Diameter Optimum (D_0) dari pembacaan diagram $B_p - \delta$

Nilai D_0 diperoleh dari rumusan :

$$D_0 = \frac{\delta_0 \times V_a}{N_{prop}}$$

- Menentukan nilai Pitch Propeler (P_0)

Nilai P_0 diperoleh dari rumusan :

$$P_0 = \left[\frac{P}{D_0} \right] \times D_0$$

- Menentukan nilai Diameter Maksimal (D_B)

Nilai D_B diperoleh dari rumusan :

$$D_B = 0,95 \times D_0 \text{ (untuk single screw Propeller)}$$

$$D_B = 0,97 \times D_0 \text{ (untuk twin screw Propeller)}$$

- Menentukan nilai δ_B

Nilai δ_B diperoleh dari rumusan :

$$\delta_B = \frac{N_{prop} \times D_B}{V_a}$$

Menentukan nilai $\delta_{B(1/J)}$

$$\delta_{B(1/J)} = 0,009875 \times \delta_B$$

- Menghitung nilai $\left[\frac{P}{D} \right]_B$

Nilai $\left[\frac{P}{D} \right]_B$ diperoleh dengan bantuan harga $\delta_{B(1/J)}$ dengan tanpa

mengubah nilai B_P

- Menentukan nilai P_B

$$P_B = \left[\frac{P}{D} \right]_B \times D_B$$

- Menentukan Effisiensi masing-masing type propeller

II.9.b PENENTUAN DIAMETER PROPELLER

Persyaratan Propeller

Berdasarkan ketentuan BKI ruangan yang disediakan untuk propeller adalah $0,6 T - 0,7 T$ dimana T adalah sarat kapal.



Berdasarkan "Design Screw Propeller" hal 330 disebutkan bahwa perlu dipertimbangkan bentuk lambung kapal, sehingga :

$$0,04 D + 0,08 D + D \leq 0,6 T \sim 0,7 T$$

dimana : D = Diameter propeler

T = Tinggi Sarat (Draft)

Dalam tugas rencana garis diambil diameter maksimum propeller adalah 0,7

T, sehingga :

$$0,7 T = 0,04 D + 0,08 D + D$$

$$0,7 * 7,5 m = 0,04 D + 0,08 D + D$$

$$5,138 m = 1,12 D$$

$$D = 4,58 \text{ meter}$$

Maka propeller yang dipilih berdasarkan pertimbangan berikut :

- Tidak boleh melebihi batasan dari D = 4,58 m
- Memiliki efisiensi yang tinggi

Tabel perhitungan dari propeller design adalah sebagai berikut:

No	Jenis Prop	DHP (Hp)	SHP (Hp)	N (Rpm)	Ratio G/B	N (Rpm)	w	Vs (knot)
1	B4-40	2020	2061	250	2	125	0.13	12
2	B4-55	2020	2061	250	2	125	0.13	12
3	B4-70	2020	2061	250	2	125	0.13	12
4	B4-85	2020	2061	250	2	125	0.13	12
5	B4-100	2019,9	2061	250	2	125	0.13	12



Va (knot)	Bp	Bp1	$0,1739./Bp$	P/D	$1/J_0$	δ_0
5,37	84,069692	84,92064706	1,6025	0,62	3,3	334,1772152
5,37	84,06969	84,9206471	1,6025	0,61	3,35	339,2405063
5,37	84,06969	84,9206471	1,6025	0,65	3,25	329,1139241
5,37	84,06969	84,9206471	1,6025	0,68	3,15	318,9873418
5,37	84,06969	84,9206471	1,6025	0,75	3	303,7974684

D_0 (ft)	D_b (ft)	D_{max} (ft)	$D_b < D_{max}$	δ_b	$1/J_b$	P/D_b	η
14,356253	13,638441	21,3582684	terpenuhi	317,46835	3,14	0,63	0,46
14,57377	13,84508	21,3582684	terpenuhi	322,2785	3,18	0,62	0,44
14,13873	13,4318	21,3582684	terpenuhi	312,6582	3,09	0,66	0,44
13,7037	13,01851	21,3582684	terpenuhi	303,038	2,99	0,7	0,43
13,05114	12,39858	21,3582684	terpenuhi	288,6076	2,85	0,75	0,41

Tabel II.9 a in put nilai untuk mengetahui efisiensi dari setiap propeller

Dari tabel di atas dapat diketahui masing-masing efisiensi dari tiap propeler.

II.10 PERHITUNGAN KAVITASI

Perhitungan kavitasi perlu dilakukan dengan tujuan untuk memastikan suatu propeller bebas dari kavitasi yang menyebabkan kerusakan fatal terhadap propeller. Perhitungan kavitasi ini dengan menggunakan Diagram Burril's.

Perhitungan angka kavitasi

Prosedur yang digunakan untuk menghitung angka kavitasi adalah sebagai berikut:

1. Menghitung nilai A_e

$$A_0 = \pi \left(\frac{D}{2} \right)^2$$

$$A_e = A_0 \times (A_e/A_0)$$

2. Menghitung nilai A_p

$$A_p = A_d \times \left(1,067 - \left(0,229 \times \frac{P}{D} \right) \right)$$

dimana : $A_d = A_e$

3. Menghitung nilai $(V_r)^2$

$$(V_r)^2 = V_a^2 + (0,7 \times \pi \times n \times D)^2$$

dimana : V_a = speed advance (m/s)

n = putaran mesin (rpm)

D = Diameter behind the ship (m)

4. Menghitung nilai T

$$T = \frac{EHP}{(1 - t) \times V_s}$$

dimana : EHP = Effective Horse Power

V_s = Kecepatan Dinas

T = Thrust Deduction Factor

5. Menghitung nilai τ_C

$$\tau_C = \frac{T}{A_p \times 0,5 \times \rho \times (V_r)^2}$$



6. Menghitung nilai $\sigma_{0.7R}$

$$\sigma_{0.7R} = \frac{p_0 - p_v + pgh}{V_a^2 + (4,836 \times n^2 \times D^2)}$$

- dimana:
- h = tinggi sumbu poros dari base line (m)
 - V_A = speed of advance (m/s)
 - n = putaran propeller (RPS)
 - D = diameter propeller (m)
 - P_0 = tekanan atmosfer
 - P_v = tekanan uap air pada suhu 15°C

Nilai $\sigma_{0.7R}$ tersebut di plotkan pada Burrill Diagram untuk memperoleh τC diagram (pada lampiran). Untuk syarat terjadinya kavitasi adalah τC diagram < τC hitungan.

Berikut adalah tabel perhitungan kavitasi:

Ae/Ao	Ao	Ae	Ad	Ap (ft ²)	Ap (m ²)	Va (m/s)	N (rps)
0,4	146,148	58,4594	58,4594	53,94221	5,012	2,762	2,083
0,55	150,611	82,8359	82,8359	76,62485	7,119	2,762	2,083
0,7	141,753	99,2273	99,2273	90,87827	8,443	2,762	2,083
0,85	133,164	113,19	113,19	102,6289	9,535	2,762	2,083
1	120,784	120,784	120,784	108,1317	10,046	2,762	2,083



Vr^2	T	Tc itungan	σ 0.7R	τC	Kavitasi ?	η
370,65	237,8	0,25	0,777	0,18	kavitasi	0,46
381,74	237,8	0,171	0,754	0,18	tidak kavitasi	0,44
359,74	237,8	0,153	0,8	0,195	tidak kavitasi	0,44
338,4	237,8	0,144	0,851	0,19	tidak kavitasi	0,43
307,65	237,8	0,15	0,936	0,2	tidak kavitasi	0,41

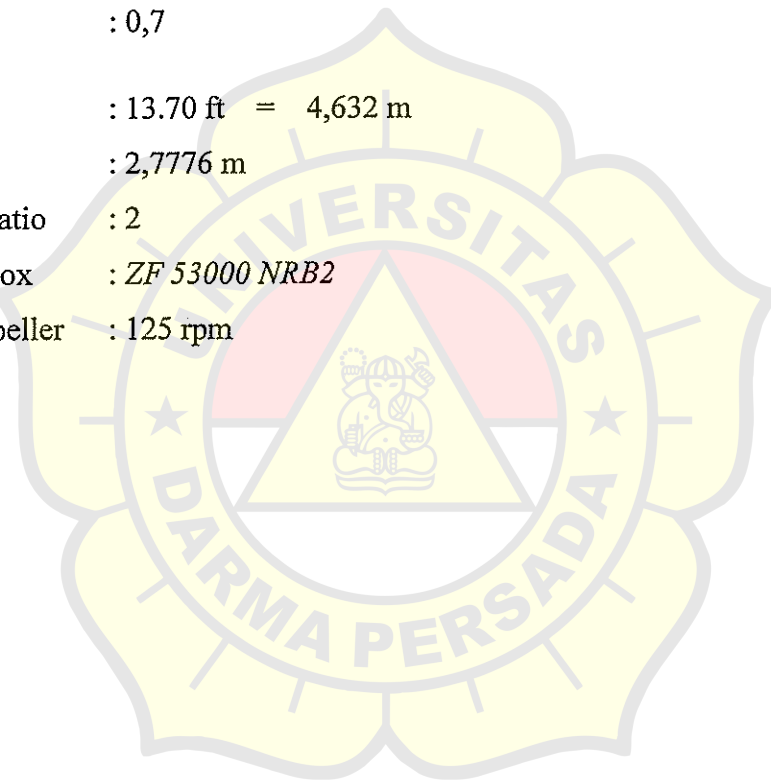
Jenis Prop	Ratio G/B	0.7T	clearance prop.	syarat clearance	pitch
B4-40	2	6,51	4,614	ok!!!	2,6189
B4-55	2	6,51	4,684	ok!!!	2,6164
B4-70	2	6,51	4,544	ok!!!	2,702
B4-85	2	6,51	4,405	ok!!!	2,7776
B4-100	2	6,51	4,195	ok!!!	2,8343

Tabel II.10.a in put data untuk mengetahui perhitungan Kavitasi



Dari perhitungan diatas, maka didapatkan propeler yang mempunyai efisiensi paling tinggi dan tidak kavitasi adalah sebagai berikut:

- Tipe Propeler : B4 – 85
- Efisiensi Propeler : 43 %
- $\left[\frac{P}{D}\right]_0$: 0,68
- $\left[\frac{P}{D}\right]_B$: 0,7
- D_B : 13.70 ft = 4,632 m
- Jari-jari : 2,7776 m
- Gear box Ratio : 2
- Tipe Gear Box : ZF 53000 NRB2
- Putaran propeller : 125 rpm





II.11. PERENCANAAN POROS PROPELLER DAN PERLENGKAPAN

PROPELLER

11.a PERENCANAAN DIAMETER POROS PROPELLER

Perencanaan poros propeller menurut buku Elemen Mesin SOELARSO adalah sebagai berikut

$$D_s = \left[\left(5,1 / \tau_a \right) \times K_t \times C_b \times T \right]^{1/3}, \text{ mm}$$

Langkah perhitungan :

- Daya Perencanaan (Pd)

$$P_d = f_c \times P$$

Dimana ; f_c = faktor koreksi daya yang direncanakan besarnya = 1

a. f_c = 1,2 - 2,0 (Daya maksimum)

b. f_c = 0,8 - 1,2 (Daya rata – rata)

c. f_c = 1,0 - 1,5 (Daya normal)

P = daya motor dalam Kw dalam perencanaan ini daya motor adalah sebesar = 1533,589 Kw

$$P_d = 1533,589 \cdot 1,5 = 2300,384 \text{ kW.}$$

- Torsi (T)

$$T = 9,74 \times 10^5 \times \left(\frac{P_d}{N} \right)$$

dimana N adalah putaran propeller, dalam perencanaan ini putaran propeller didapatkan sebesar = 125 Rpm

$$P_d = 2300,384 \text{ Kw}$$

$$T = 9,74 \cdot 10^5 \cdot \frac{2300,384}{125} = 17924588,232$$

- Tegangan yang diijinkan (τ_a)

$$\tau_a = \frac{\sigma_b}{(s_{f_1} \times s_{f_2})}$$



Dimana material poros yang digunakan dalam hal ini adalah S 45 C, dengan memiliki harga $\sigma_b = 58 \text{ kg/mm} = 580 \text{ N/mm}^2$ dan besar dari

$$Sf_1 = 6 \text{ (untuk material baja karbon)}$$

$$Sf_2 = 1,3 - 3, \text{ dalam perhitungan ini diambil nilai } 3$$

Sehingga ;
$$\tau_a = \frac{58}{6 \times 3} = 3,22 \text{ kg/mm}^2$$

K_T = untuk beban kejutan / tumbukan, nilainya antara 1,5 – 3,
 diambil nilai $K_T = 1,5$

C_b = diperkirakan adanya beban lentur, nilainya antara 1,2 – 2,3
 dalam perhitungan ini diambil nilai $C_b = 2$

- Diameter Poros (D_s)

$$D_s = \left[\left(\frac{5,1}{\tau_a} \right) \times K_t \times C_b \times T \right]^{1/3}, \text{ mm}$$

$$D_s = \left[\left(\frac{5,1}{3,22} \right) \cdot 1,5 \times 2 \times 17924588,232 \right]^{1/3}$$

$$= 439,874 \text{ mm}$$

Diambil $D_s = 439,874 \text{ mm}$

- Tegangan yang bekerja

$$\tau = \frac{5,1T}{D_s^3}$$

$$\tau = \frac{5,1 \times 17924588,232}{439,874^3} = 207821,745 \text{ kgmm}^2$$

PERHITUNGAN KOREKSI

$$I \tau < \tau_a$$

$$0.789 < 3,22$$

(memenuhi syarat)



$$\text{II} \quad \frac{\tau_a \times s f_2}{a} > \tau K_T \times C_b$$

$$\frac{3,22 \times 3}{a} > 1,5 \times 2 \times 2$$

(memenuhi syarat)

Diameter poros dapat dinyatakan memenuhi syarat.

11.b. PERENCANAAN PERLENGKAPAN PROPELLER

1. Diameter boss propeller

$$\begin{aligned} D_b &= 0,167 \times D_{prop} \\ &= 0,167 \times 4632 \\ &= 773,54 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t_r &= 0,045 \times D_{prop} \\ &= 0,045 \times 4632 \\ &= 208,44 \text{ mm} \end{aligned}$$

(Dr. Ir. W. P. A. Van Lammern, "Resistance Propulsion and Steering of Ship")

2. Diameter boss propeller terkecil (Dba)

$$\begin{aligned} D_{ba}/D_b &= 0,85 \approx 0,9 \\ &= 0,9 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D_{ba} &= 0,9 \times D_b \\ &= 0,9 \times 773,54 \\ &= 696,190 \text{ mm} \end{aligned}$$

3. Diameter boss propeller terbesar (Dbf)

$$\begin{aligned} D_{bf}/D_b &= 1,05 \approx 1,1 \\ &= 1,05 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D_{bf} &= 1,08 \times D_b \\ &= 1,08 \times 773,54 \\ &= 812,221 \text{ mm} \end{aligned}$$

4. Panjang boss propeller (Lb)

$$\begin{aligned} L_b/D_s &= 1,8 \approx 2,4 \\ &= 2,4 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}L_b &= 2 \times D_s \\ &= 2,4 \times 439,874 \\ &= 1055,698 \text{ mm}\end{aligned}$$

5. Panjang lubang dalam boss propeller (L_n)

$$\begin{aligned}L_n / L_b &= 0,3 \\ L_n &= 0,3 \times L_b \\ &= 0,3 \times 1055,698 \\ &= 316,709 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}t_b / t_r &= 0,75 \\ t_b &= 0,75 \times t_r \\ &= 0,75 \times 208,44 \\ &= 156,33 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}r_f / t_r &= 0,75 \\ r_f &= 0,75 \times t_r \\ &= 0,75 \times 208,44 \\ &= 156,33 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}r_b / t_r &= 1 \\ r_b &= 1 \times t_r \\ &= 208,44 \text{ mm}\end{aligned}$$

6. Tebal Sleeve

Sleeve atau selubung poros dipakai sebagai perlindungan terhadap adanya korosi

$$\begin{aligned}s &\geq 0,03 D_s + 7,5 \\ &\geq (0,03 \times 349,128) + 7,5 \\ &\geq 22,23 \text{ mm}\end{aligned}$$

Tebal sleeve yang direncanakan adalah sebesar 23 mm

(BKI, Peraturan BKI vol. III Th. 1988)



11.c. BENTUK UJUNG POROS PROPELLER

1. Panjang Konis

Panjang konis atau Lb berkisar antara 1,8 sampai 2,4 diameter poros.

$$\text{Diambil Lb} = 2 D_s$$

$$\text{Lb} = 2 D_s$$

$$= 2 \times 439,874$$

$$= 1055,698 \text{ mm}$$

2. Kemiringan Konis

Biro Klasifikasi Indonesia menyarankan harga kemiringan konis berkisar antara 1/10 sampai 1/15.

Diambil sebesar 1/12.5

$$1/12.5 = x / L_b$$

$$x = 1/12.5 \cdot L_b$$

$$= 1/12.5 \times 1055,698$$

$$= 70,38 \text{ mm}$$

(BKI, Peraturan BKI vol. III Th. 1988)

3. Diameter Terkecil Ujung Konis

$$D_a = D_s - 2x$$

$$= 439,874 - (2 \times 70,38)$$

$$= 299,114 \text{ mm}$$

(T. O'brien, The Design Of Marine Screw Propeller)

4. Diameter Luar Pengikat Boss

Biro Klasifikasi Indonesia menyarankan harga diameter luar pengikat boss atau D_u tidak boleh kurang dari 60 % diameter poros.

$$d_n = 60\% \cdot D_s$$

$$= 0,6 \times 439,874$$

$$= 263,924 \text{ mm}$$

(BKI, Peraturan BKI vol. III Th. 1988)



II.12 PERHITUNGAN BOW THRUSTER

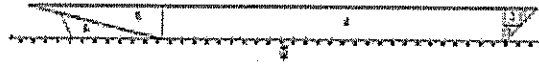
Bow thruster adalah suatu piranti pendorong yang dipasang pada kapal kapal tertentu untuk membantu maneuver kapal. Unit pendorong terdiri dari suatu propeller yang berada dalam satu terowongan (tunnel) melintang kapal dan dilengkapi dengan suatu alat bantu seperti motor hidrolis atau elektrik. Selama beroperasi, air dipaksa melalui terowongan itu untuk mendorong kapal menyamping ke starboard atau portsaid sesuai keperluan kapal.

Suatu unit CPP ditunjukkan pada gambar berikut. Suatu servo-motor dan roda gigi ditempatkan dalam pelindung, sehingga memungkinkan untuk merubah sudut daun propeller CPP untuk mengubah aliran air di dalam terowongan ke arah manapun, karena itu suatu prime mover yang non-reversible dapat digunakan, juga seperti single-speed electric motor. Prime mover tersebut tidak perlu dihentikan selama ber-manouver karena sudut propeller dapat diposisikan pada zero pitch. Prime mover dihubungkan dengan suatu flexile drive shaft, kopleng dan bevel gear (roda gigi kerucut). Seal (penyekat) khusus dipasang pada unit untuk mencegah kebocoran air laut. Unit lengkap (bow thruster) beserta peralatannya termasuk terowongan melintang kapal dapat mengakibatkan daya dorong sesuai dengan arah aliran air.

Jika kapal diproyeksikan secara memanjang akan didapatkan suatu daerah luasan seperti gambar dibawah. Dengan asumsi bahwa gaya - gaya yang disebabkan oleh tahanan angin, tahanan gesek, tahanan gelombang dan arus, serta tahanan karena peralatan thruster bekerja pada titik berat luasan permukaan kapal tersebut, maka dapat dicari besarnya thrust dari masing - masing gaya tersebut. Untuk mencari luasan daerah memanjang kapal, dibedakan dalam dua kelompok, yaitu :

1. Luasan daerah memanjang di bawah permukaan garis air muatan penuh (A_s).
2. Luasan daerah memanjang di atas permukaan garis air muatan penuh (A_a).

Untuk luasan di bawah garis air dapat dilihat pada gambar di bawah ini.

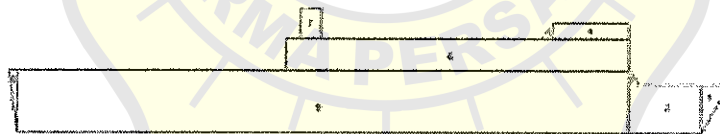


Gambar 12.a Luasan proyeksi permukaan kapal di bawah garis air muatan penuh

Area	Bentuk pendekatan	Luas (m ²)
1	Segitiga Siku-siku	4.04
2	Persegi Panjang	8.07
3	Segitiga Siku-siku	4.04
4	Persegi Panjang	384.12
5	Segitiga Siku-siku	68.10
6	Segitiga Tak Beraturan	30.02
	Total	405.21

Tabel I2.a Hasil Perhitungan Luasan di Bawah Garis Air Muatan Penuh

Untuk mencari luasan di atas permukaan air maka proyeksi dibagi menjadi luasan - luasan seperti mencari luasan di bawah permukaan garis air, sehingga mudah untuk melakukan perhitungan seperti terlihat pada gambar di bawah ini :



Gambar I2.b Luasan proyeksi permukaan kapal di atas garis air muatan penuh

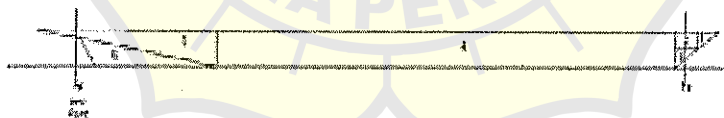
Area	Bentuk pendekatan	Luas (m ²)
1	Segitiga Siku-siku	16.19
2	Persegi Panjang	90
3	Segitiga Siku-siku	2.11
4	Persegi Panjang	29.34
5	Segitiga Siku-siku	2.43
6	Persegi panjang	285.92
7	Persegi panjang	15.83
8	Segitiga Siku-siku	6.18
9	Persegi panjang	949.55
	Total	1397.55

Tabel I2.b Hasil Perhitungan Luasan di Atas Garis Air Muatan Penuh

Gaya - gaya yang bekerja pada permukaan kapal akan bertumpu pada suatu titik pusat tekan luasan proyeksi kapal memanjang. Untuk mencari titik berat secara bertahap dibagi dalam dua bagian yaitu :

1. Titik berat luasan di bawah garis air
2. Titik berat luasan di atas garis air

Sebagai titik pusat ditentukan letak titik nol untuk menghitung panjang atau posisi titik beratnya.



Gambar 12.c Penentuan titik zero point terhadap luasan kapal di bawah garis air

Kode area	Bentuk pendekatan	Luas (m ²)	Letak titik berat dari zero point (m)	
			b	X(m)
		a	b	a x b
1	Segitiga siku siku	4.04	106.78	431.39
2	Persegi panjang	8.07	104.40	842.51
3	Segitiga siku siku	404.348	103.20	416.93
4	Persegi panjang	1268.1	100.81	35093.98
5	Segitiga siku siku	0	23.45	1596.95
6	Segitiga tak beraturan	30.02	15.80	474.32
	total luas	462.39	454.44	38856.07
	titik berat = ©(luas x titik berat) / © luas		84.03	

Tabel 12.c Hasil perhitungan titik berat luasan bidang proyeksi memanjang di bawah garis air

Dengan cara yang sama seperti mencari titik berat luasan di bawah garis air, sehingga dapat dihitung letak titik berat luasan di atas garis air dengan titik acuan yang dipakai adalah sama dengan titik yang dipakai untuk menghitung titik berat luasan di bawah garis air.



Gambar 12.d Penentuan titik zero point terhadap luasan kapal di atas garis air



Kode area	Bentuk pendekatan	Luas (m ²)	Letak titik berat dari zero point (m)	X(m)
		a	b	a x b
1	Segitiga siku siku	16.19	106.23	1719.86
2	Persegi panjang	90	102.31	9207.90
3	Segitiga siku siku	2.11	92.12	194.37
4	Persegi panjang	29.34	90.67	2660.26
5	Segitiga siku siku	2.43	78.89	191.70
6	Persegi panjang	285.92	90.68	25927.23
7	Persegi panjang	15.83	42.28	669.29
8	Segitiga siku siku	6.18	-324	-20.02
9	Persegi panjang	946.55	90.68	86105.19
	total luas	1397.55	689.87	126651.15
	titik berat = ©(luas x titik berat) / © luas		90.62	

Tabel 12.d Hasil perhitungan titik berat luasan bidang proyeksi memanjang di atas garis air

12.1 PERHITUNGAN TAHANAN

1. Tahanan angin

$$RA = K_a \times A_a \times V_a^2$$

dimana :

$$K_a = \text{koefisien yang diakibatkan oleh angin} \\ = 0,735 \text{ kgm} / m^4$$

$$A_a = \text{Luasan proyeksi memanjang kapal di atas garis air} \\ = 405.21 \text{ m}^2$$

$$V_a = \text{Kecepatan relatif terhadap gerakan kapal} \\ = 6,1728 \text{ 10 m/s (rata-rata)}$$

$$RA = 0,735 \text{ kgm}/m^4 \times 405.21 \text{ m}^2 \times (10 \text{ m/s})^2$$

$$RA = 11347,97 \text{ kgm/s}^2$$

$$RA = 11347,97 \text{ N} = 11,347 \text{ kN}$$

2. Tahanan gesek

$$R_w = K_w \times A_w \times ((V_w + V_s)^2 + 0.33 \times (V_w + V_s))$$

dimana :

$$K_w = \text{Koefisien tahanan gesek} \\ = 1,212 \text{ kgm} / m^4$$



$$\begin{aligned} A_w &= \text{Luas permukaan basah (WSA)} \\ &= 2585.93 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_w &= \text{kecepatan gelombang dan arus} \\ &= 2 \text{ knots} = 1,03 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_s &= \text{kecepatan kapal pada saat pengoperasian Bow/stern thruster di} \\ &\quad \text{pelabuhan} \\ &= 0,3 \text{ m/s (rata - rata)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_w &= 1,212 \text{ kgm/m}^4 \times 2585.93 \text{ m}^2 \times ((1,03 \text{ m/s} + 0,3 \text{ m/s})^2 + 0.33 \times (1,03 \text{ m/s} + \\ &\quad 0,3 \text{ m/s})) \end{aligned}$$

$$R_w = 6919.57 \text{ kgm/s}^2$$

$$R_w = 6919.57 \text{ N} = 6,92 \text{ KN}$$

3. Tahanan bentuk

$$R_v = K_v \times A_s \times (V_s)^2$$

dimana :

$$\begin{aligned} K_v &= \text{Koefisien tahanan bentuk} \\ &= 73,2 \text{ kgm} / \text{m}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s &= \text{Luasan proyeksi memanjang kapal di bawah garis air} \\ &= 405.21 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_s &= \text{kecepatan kapal pada saat pengoperasian bow thruster di pelabuhan} \\ &= 0,3 \text{ m/s (rata - rata)} \end{aligned}$$

$$R_v = 73,2 \text{ kgm} / \text{m}^4 \times 405.21 \text{ m}^2 \times (0,3 \text{ m/s})^2$$

$$R_v = 2669,52 \text{ kgm/s}^2$$

$$R_v = 2669,52 \text{ N} = 2,66 \text{ kN}$$

4. Tahanan karena peralatan

$$R_p = K_p \times D_s^2 \times (V_w + V_s)^2$$

dimana :

$$\begin{aligned} K_p &= \text{Koefisien tahanan karena peralatan} \\ &= 26,4 \text{ kgm} / \text{m}^4 \end{aligned}$$

D_s = Diameter tunnel thruster dapat diketahui dengan cara mencari nilai f -nya terlebih dahulu, kemudian bisa diketahui besarnya daya (kW) dari



thruster yang dimaksud. Besarnya daya (kW) ini adalah sementara dan belum yang sesungguhnya.

Dari nilai daya (kW) tersebut dapat dicari besarnya diameter tunnel thruster yang disediakan oleh perusahaan pembuat bow thruster dalam hal ini dipakai merk thruster master. Sehingga bisa diketahui nilai average tunnelnya. Data dari kapal yang digunakan yaitu :

$$L_{pp} = 48,5 \text{ m}$$

$$T = 9,3 \text{ m}$$

Mengacu dari rumus II.25 bisa didapatkan :

$$\Psi(^{\circ}/s) = \frac{k}{l_{pp}} \sqrt{\frac{f}{\rho}}$$

Dimana:

$$K = \text{derajat kebebasan} \\ = 190^{\circ} \text{ (nilai deviasi rata-rata)}$$

$$L_{pp} = 48,5 \text{ m}$$

$$f = \text{thrust/ratio luasan lateral} \\ = 160 \text{ N/m}^2$$

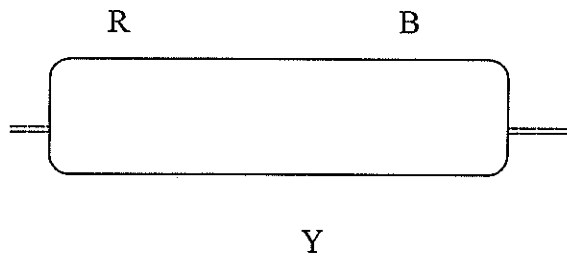
$$\rho = \text{densitas massa fluida} \\ = 1025 \text{ kg/m}^3$$

$$\Psi(^{\circ}/s) = \frac{190}{48,5} \sqrt{\frac{160}{1025}}$$

$$= 1,5475^{\circ}/\text{detik}$$

$$= 92,85^{\circ}/\text{menit}$$

Maka dapat diketahui untuk melakukan satu putaran penuh (360°) diperlukan waktu = 92,85 menit. Gaya –gaya yang bekerja pada kapal untuk gerakan transversal dapat diasumsikan sebagai



Gambar 12.e Gaya untuk transvering motion

keterangan :

- R = stern thrust
B = bow thrust
Y = oppositely thrust

Oppositely thrust ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$Y = -0,5 \cdot \rho \cdot v^2 \cdot T \cdot L_{pp} \cdot C_{DAV}$$

(Brix, 1992)

dimana :

- Y = Gaya yang harus dilawan untuk melakukan transveing motion (kN)
 ρ = densitas massa fluida
= 1025 kg/m³
v = kecepatan kapal pada saat pengoperasian bow thruster
= 0,3 m/s
T = 4,5 m
L_{pp} = 48,5 m
C_{DAV} = cross flow resistance
= rata – rata dari Co ,diambil karakteristik type kapal twin screw
= 0.826

$$Y = -0,5 \cdot \rho \cdot v^2 \cdot T \cdot L_{pp} \cdot C_{DAV}$$

$$Y = -0,5 \cdot 1025 \cdot 0,3^2 \cdot 9,3 \cdot 48,5 \cdot 0,826$$

$$Y = 17184 \text{ kW}$$



Maka dipilihlah stern thruster dengan spesifikasi sebagai berikut:

Type : Aqua Manoeuvra Propulsors A2100
Voltage : 380/440 V
Frequency : 50/60 Hz
Max power rating : 2100 kW
Propeller Diameter : 2800 mm
Rev speed : 215





JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN

FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN

UNIVERSITAS DARMA PERSADA