

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 KAPAL PATROLI CEPAT

Dalam operasinya di laut, suatu kapal harus memiliki kemampuan untuk mempertahankan kecepatan dinas (V_s) seperti yang direncanakan. Hal ini mempunyai arti bahwa, kapal haruslah mempunyai rancangan sistem propulsi (penggerak) yang dapat mengatasi keseluruhan gaya-gaya hambat (*total resistance*) yang terjadi agar memenuhi standar kecepatan dinasnya.

Kapal patroli cepat ini menggunakan ruler dari Llyod Register dan SSE mempunyai data-data principal dimension, General Arrangement dan propeller data yang diperoleh dari website PT.PAL SURABAYA sebagai berikut :

Length Over All (LOA)	59.80 m
Beam	8.10 m
Height in the middle of the ship (T)	4.85 m
Laden full draft (Dd)	2.60 m
Displacement	
Displacement Full Load	460 ton
Endurance at sea	5 days
Cruising range	2,400 nautical miles at a speed of 20 knots
Ship stability standard	1. IMO criteria A (749) 2. Task patrol up to sea state 3 3. Ability of operating weapons up to sea state 4
Armament	1. 1 x 57 mm AK-257 DP 2. 2 x 20 mm AA Guns 3. 2 x 2 launchers, anti-ship missiles (SSM) 4. 2 x Motion decoy launcher
Marchinery	
Propulsion number	2 sets
Range / Endurance	2400 nm@ 20kts
Speed Maksimal	28 knots (pada half load condition)
Ship crew	55 persons

Gambar 2.1 : Principal dimension kapal patroli cepat 60M

2.2 TAHANAN KAPAL

Pertama-tama sebelum menentukan kebutuhan daya mesin kita harus mengetahui seberapa besar tahanan kapal. Untuk menghitung hambatan kapal, digunakan metode Holtrop dan Mennen. Di dalam metode ini, Holtrop membagi hambatan total menjadi beberapa komponen hambatan. Komponen tersebut yaitu viscous resistance (hambatan kekentalan), appendages resistance (hambatan karena bentuk kapal), dan wave making resistance (hambatan gelombang karena gerak kapal). Dalam melakukan perhitungan hambatan utama kapal, ada ukuran utama yang terlebih dahulu harus diubah, yaitu L_{pp} menjadi L_{wl} dengan rumus sebagai berikut :

$$L_{wl} = 1.04L_{pp}$$

Adapun untuk rumus hambatan total adalah sebagai berikut :

$$R_T = \frac{1}{2} * \rho * V^2 * S_{tot} * (C_F(1+k) + C_A) + \frac{R_w}{W} W$$

2.2.1 Viscous Resistance

Rumus viscous resistance dalam "Principle of Naval Architecture Vol.II, hal. 90" diberikan sebagai berikut :

$$R_v = \frac{1}{2} \rho \cdot V^2 \cdot C_{FO} (1 + k_1) S$$

dimana :

ρ = mass density salt water (1025 kg/m³)

V = service speed [m/s²]

C_{FO} = friction coefficient (ITTC 1957)

$$= \frac{0.075}{(\log Rn - 2)^2}$$

Rn = Reynold Number

$$= \frac{V \cdot L_{wl}}{v}$$

v = kinematic viscosity

$$= 1.18831 \times 10^6 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$1+k_1$ = form factor of bare hull

$$= 0.93 + 0.4871 \cdot c \cdot (B/L)^{1.0681} (T/L)^{0.4611} (L/L_R)^{0.1216} (L^3/V)^{0.3649} (1 - C_p)^{-0.6042}$$

[Principle of Naval Architecture Vol.II, hal 91]

Keterangan :

$$c = 1 + 0.011 C_{stern}$$

Choice No.	C _{stern}	Used For
1	-25	Pram with Gondola
2	-10	V - Shaped sections
3	0	Normal section shape
4	10	U - shaped section with Hogner stern

C_{stern} = 0 for normal section shape

$$L/L_R = 1 - C_P + 0.06 \cdot C_P \cdot LCB / (4 C_P - 1)$$

L_R = length of run

LCB = longitudinal center of buoyancy as percentage of L

L = length of water line (Lwl) and all of coefficient base on Lwl [m]

T = moulded draft [m]

B = moulded breadth [m]

2.2.2 Appendages Resistance

Dalam menghitung hambatan kapal yang diakibatkan oleh bentuk badan kapal yang tercelup dalam air, dibutuhkan luas permukaan basah kapal (S_{tot}) yang terdiri dari luas badan kapal WSA (S) dan luas tonjolan-tonjolan seperti kemudi, bulbous bow, dan bilge keel (S_{app}). Adapun rumus yang digunakan untuk menghitung appendages resistance yaitu :

$$R_v = \frac{1}{2} \rho V^2 C_{FO} S_{tot} (1+k)$$

dimana :

$$1+k = 1+k_1 + [1+k_2 - (1+k_1)] \frac{S_{app}}{S_{tot}}$$

S = wetted surface area

$$L(2T+B) \cdot C_M^{0.5} \cdot \left(0.4530 + 0.4425C_B - 0.2862C_M - 0.0346 \frac{B}{T} + 0.3696C_{WP} \right) + 2.38 \frac{A_{BT}}{C_B}$$

A_{BT} = cross sectional area of bulb in FP

$$= 10\% A_{midship}$$

$$= 10\% \times B \times T \times C_m \text{ (B-series)}$$

k_2 = effective form factor of appendages (lihat tabel dibawah)

S_{app} = total wetted surface of appendages

$$= S_{rudder} + S_{bilge\ keel}$$

S_{tot} = $S + S_{app}$

Type of Appendages	Value of $1 + k_2$
Rudder of single screw ship	1.3 to 1.5
Spade-type rudders of twin-screw ships	2.8
Skeg-rudders off twin-screw ships	1.5 to 2.0
Shaft brackets	3.0
Bossings	2.0
Bilge keel	1.4
Stabilizer fins	2.8
Shafts	2.0
Sonar dome	2.7

Tabel 2.1 : Effective form factor values (k_2), for different appendages

$$S_{rudder} = C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot C_4 \cdot 1,75 \cdot I_{pp} \cdot T / 100$$

C_1 = factor type kapal

C_2 = factor type kemudi

C_3 = factor type profil kemudi

C_4 = factor letak baling-baling

$C_1 = 1$, for general

$C_2 = 1$, for semi-spade rudder

$C_3 = 1$, for NACA profile and plate rudder

$C_4 = 0.9$, for rudder in the propeller jet

$S_{bilge\ keel}$ = panjang keel x tinggi keel

Panjang keel = $0.6 \cdot C_b \cdot L$

Tinggi keel = $0.18 / (C_b - 0.2)$

Jika harga k_2 lebih dari 1, maka dihitung menggunakan rumus ini :

$$(1 + k_2)_{\text{effective}} = \frac{\sum S_i (1 + k_2)_i}{\sum S_i}$$

Catatan : S_{rudder} harus dikali dengan 2

2.2.3 Wave Making Resistance

Untuk menghitung hambatan gelombang, dibutuhkan masukan data seperti berat displacement, sudut masuk, luasan bulbous bow dan transom. Adapun rumus diberikan sebagai berikut :

$$\frac{R_W}{W} = C_1 C_2 C_3 e^{\{m_1 Fn^d + m_2 \cos(\lambda Fn^{-2})\}}$$

dimana :

untuk kecepatan rendah ($Fn \leq 0.4$)

W = displacement weight
 $= \rho \cdot g \cdot \nabla$ [N]

$$C_1 = 2223105 C_4^{3.7861} (T/B)^{1.0796} (90 - i_E)^{-1.3757}$$

keterangan :

$C_4 = 0.2296 \cdot ((B/Lwl)^{0.3333})$ untuk ($B/Lwl < 0.11$)
 $C_4 = B/Lwl$ untuk ($0.11 \leq B/Lwl \leq 0.25$)
 $C_4 = 0.5 - 0.0625 \cdot (Lwl/B)$ untuk ($B/Lwl > 0.25$)
 $d = -0.9$
 i_E = half angle of entrance at the load waterline

$$= 125.67 \frac{B}{L} - 162.25 C_P^2 + 234.32 C_P^3 + 0.1551 \left(LCB + \frac{6.8(T_a - T_f)}{T} \right)^3$$

T_a = moulded draft at AP [m]

T_f = moulded draft at FP [m]

$T_a = T_f = T$

$$m_1 = 0.01404 L/T - 1.7525 \nabla^{1/3} / L - 4.7932 B/L - C_5$$

keterangan :

$$C_5 = 8.0798 \cdot C_P - 13.8673 \cdot C_P^2 - 6.9844 \cdot C_P^3 \quad [\text{untuk } C_P \leq 0.8]$$

$$C_5 = 1.7301 - 0.7067 \cdot C_P \quad [\text{untuk } C_P \geq 0.8]$$

$$m_2 = C_6 * 0.4e^{-0.034Fn^{3.29}}$$

keterangan :

$$C_6 = -1.69385 \quad [\text{untuk } Lwl^3 / \nabla \leq 512]$$

$$C_6 = -1.69385 + (Lwl / \nabla^{1/3} - 8) / 2.36$$

$$C_6 = 0$$

$$\lambda = 1.446C_P - 0.03L/B$$

$$\lambda = 1.446C_P - 0.36$$

$$C_2 = e^{-1.89 \frac{A_{BT} \gamma_B}{BT(\gamma_B + i)}}$$

$$C_2 = 1, \text{ tidak ada bulb}$$

keterangan :

γ_B = effective bulb radius

$$= 0.56A_{BT}^{0.5}$$

i = effective submergence of the bulb

$$= T_f - h_B - 0.4464\gamma_B$$

T_f = moulded draft at FP = T

h_B = height of the centroid of the area ABT above base line

$$= 85\% \frac{D}{2}$$

$$C_3 = 1 - 0.8A_T / (B \cdot T \cdot C_M)$$

keterangan :

A_T = immersed area of the transom at zero speed = 0

2.2.4 Model Ship Correlation Allowance

Untuk menghitung model ship correlation allowance diberikan rumus sebagai berikut :

$$C_A = 0.006(L_{WL} + 100)^{-0.16} - 0.00205 \quad [\text{untuk } T_f/L_{WL} > 0.04]$$

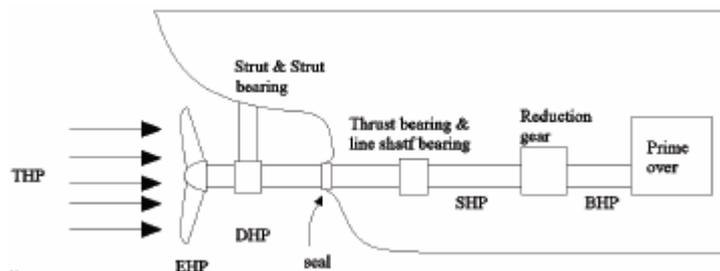
$$C_A = 0.006(L_{WL} + 100)^{-0.16} - 0.00205 + 0.003 \left(\frac{L_{WL}}{7.5} \right)^{0.5} \cdot C_b^{0.4} (0.04 - T_f)$$

[untuk $T_f/L_{WL} < 0.04$]

Setelah semua harga komponen hambatan total sudah didapatkan, maka selanjutnya hambatan total dengan kulit kapal dalam keadaan bersih dapat dihitung dengan rumus yang sudah diberikan sebelumnya di atas. Kemudian pada harga hambatan total tersebut ditambahkan sea margin sebesar 15 % (penambahan hambatan kapal ketika kapal beroperasi ; kekasaran pada lambung kapal).

2.3 KEBUTUHAN DAYA MESIN KAPAL

Untuk menggerakkan kapal dengan kecepatan yang diinginkan disebut daya mesin. Sedangkan daya mesin tersebut ada dua jenis yaitu daya kontinyu dan daya maksimum. Daya kontinyu untuk mencapai kecepatan servis dan daya maksimum untuk mencapai kecepatan maksimum atau kecepatan percobaan.



Gambar 2.2 : Gaya-gaya yang bekerja pada sistem Penggerak Kapal

Terdapat beberapa istilah horse power sebagai daya mesin dikenal di kapal yaitu IHP, BHP, SHP atau DHP atau PHP dan EHP. EHP ditentukan dari tekanan di dalam silinder atau diperhitungkan dari diagram mesin. BHP merupakan tenaga yang dibutuhkan untuk memutar poros dan nilainya lebih kecil dari IHP karena adanya kehilangan tenaga didalam silinder. SHP ditentukan dari torsi pada poros dan EHP merupakan tenaga yang dibutuhkan untuk menggerakkan kapal.

2.3.1 Perhitungan Daya Efektif (EHP)

Effective Horse Power (EHP) 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 .

$$EHP = R_{tdinas} \times V_s \dots\dots\dots(1)$$

2.3.2 Perhitungan Interaksi Lambung (HULL), Propeller dan Gaya Dorong Kapal

Interaksi antara hull atau badan kapal dengan propeller ini untuk menentukan gaya dorong atau trust yang diperlukan oleh sebuah kapal berdasarkan karakteristik dari propeller yang terpasang pada buritan kapal. Pada perencanaan kapal ini, menggunakan twin screw.

2.3.3 Perhitungan Wake Fractional (w)

Arus ikut tergantung dari beberapa faktor, salah satunya adalah terhadap C_b yang berkaitan dengan gemuk kurusnya kapal. Tetapi antara friksi arus ikut dengan C_b tidak berbanding lurus.

$$w = 0,5C_b \times 0,05 \text{ pada twin screw}$$

2.3.4 Perhitungan Thrust Deduction Factor (t)

Thrust deduction factor adalah salah satu faktor pada gaya dorong yang berkaitan dengan efisiensi lambung yang dapat diasumsikan :

$$t = k \times w$$

2.3.5 Perhitungan Efisiensi Lambung

Efisiensi lambung adalah suatu bentuk ukuran kesesuaian rancangan laambung. Efisiensi lambung yang mencakup keberadaan dari lambung di depan propeller yang dapat diasumsikan :

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

2.3.6 Perhitungan Efisiensi Propulsive

- Efisiensi Relatif Rotatif

Efisien relatif rotatif atau η_{rr} adalah perbandingan antara efisiensi baling-baling pada kondisi di belakang kapal dengan efisiensi baling-baling pada kondisi di air terbuka. Efisiensi rotative relatif tipe twin screw diasumsikan :

$$\eta_{rr} = 0,99$$

- Efisiensi Propeller

Efisiensi propeler atau η_p adalah rasio antara daya dorong dengan daya yang disalurkan. Efisiensi propeler atau η_p di sini merupakan harga efisiensi propeler yang terpasang di bagian buritan kapal. Melalui perencanaan propeler dan tabung poros propeler ini di asumsikan sebesar $\eta_p = 0,6$.

- Koefisien Propulsif (PC)

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

$$PC = \eta_{rr} \times \eta_p \times \eta_H$$

2.3.7 Perhitungan Deliver Horse Power (DHP)

Delivery Horse Power (DHP) adalah daya yang di serap oleh baling – baling kapal guna menghasilkan Daya Dorong, atau dengan kata lain DHP merupakan daya yang di salurkan oleh motor penggerak ke baling – baling kapal (propeller) yang kemudian dirubahnya menjadi gaya dorong kapal. Daya pada tabung poros baling - baling atau dhp dihitung dari perbandingan antara Daya Efektif atau EHP dengan Koefisien Propulsif (PC). $DHP = EHP/PC$

2.3.8 Perhitungan Daya Pada Poros Baling-Baling, Shaft Horse Power (SHP)

Shaft Horse Power (SHP) adalah daya yang terukur hingga daerah di depan bantalan tabung poros (stern tube) dari sistem perporosan penggerak kapal. Di sini kapal memiliki kamar mesin di bagian belakang, dengan loss (2-3)%, diambil 2%.

$$SHP = DHP/\eta_{snp}$$

2.3.9 Daya Penggerak Utama, Brake Horse Power (BHP)

Brake Horse Power (BHP) adalah daya rem (Brake Power) atau daya yang diterima oleh poros transmisi sistem penggerak kapal, yang selanjutnya dioperasikan secara kontinyu untuk menggerakkan kapal pada kecepatan servisnya (V_s). Besarnya daya motor penggerak utama atau PB yang diperlukan pada perencanaan baling - baling dan tabung poros baling – baling ini tidak terlepas oleh adanya harga efisiensi sistem roda gigi dan transmisi atau η_G ini karena direncanakan pada hubungan sistem transmisi daya antara motor induk dengan poros propeller terpasang sistem roda gigi reduksi.

Sistem roda gigi pada kapal ini direncanakan menggunakan gigi reduksi tunggal atau Single Reduction Gear dengan loss 2%. Untuk arah maju dan gigi pembalik atau Reversing Gear dengan loss 1%. Dari data sistem ini dapat diketahui harga efisiensi sistem roda gigi transmisi atau η_g dari setiap sistem adalah :

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

BHP (CSR) adalah daya output dari motor penggerak pada kondisi (Continues Servis Rating).

$$BHP_{scr} = SHP / \eta_g$$

Besarnya daya motor penggerak utama atau motor induk ini adalah daya keluaran pada pelayaran normal atau SCR, dimana besarnya adalah 80% - 85% dari daya keluaran pada kondisi maksimum atau MCR. Sedangkan daya keluaran pada kondisi MCR adalah:

$$BHP_{mcr} = BHP_{scr} / 0.85$$

BHP (MCR) inilah yang selanjutnya dapat digunakan sebagai patokan (acuan) dalam melaksanakan proses pemilihan motor penggerak (Engine Selection Process).

2.4 Engine propeller Matching

Matching point merupakan suatu titik operasi dari putaran motor penggerak kapal (*engine speed*) yang sedemikian hingga tepat (*match*) dengan karakter beban baling-baling, yaitu titik operasi putaran motor dimana *power* yang di-*absorb* oleh propeller sama dengan *power produced* oleh engine dan

menghasilkan kecepatan kapal yang mendekati (sama persis) dengan kecepatan servis kapal yang direncanakan.

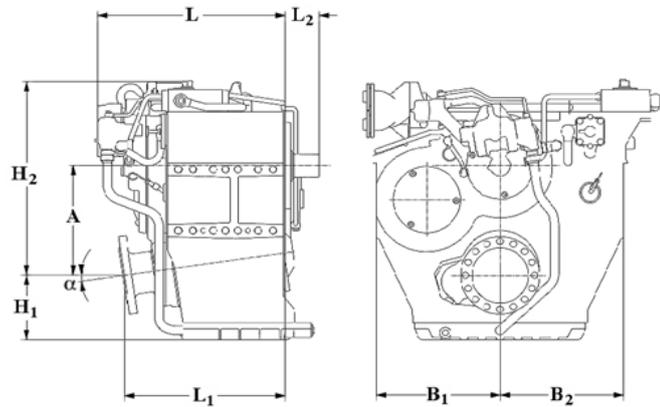
Secara umum kapal yang bergerak di media dengan kecepatan tertentu, maka akan mengalami gaya hambatan (resistance) yang berlawanan dengan arah gerak kapal tersebut besarnya gaya hambat yang terjadi harus mampu diatasi oleh gaya dorong kapal (thrust) yang dihasilkan dari kerja alat gerak kapal (propeller). Daya yang disalurkan (P_B) ke alat gerak kapal adalah berasal dari daya poros (P_s), sedangkan Daya poros sendiri berasal dari daya rem (P_R).

2.5 PEMILIHAN MESIN

Proses pemilihan sistem penggerak utama di kapal memiliki kesamaan dengan proses pemilihan pada umumnya, yakni menghubungkan sejumlah unit komponen untuk dapat bekerja secara harmonis dalam menghasilkan performance sistem yang diinginkan. Dalam proses desain ini ada sejumlah keputusan teknis dan ekonomis yang dibuat sebagai contoh apakah prime mover yang dipilih adalah motor diesel, turbin uap dengan bahan bakar minyak, turbin gas, ataukah kombinasi diantara tipe penggerak utama tersebut.



Gambar 2.3 : MTU Engine 12V 4000 M93L

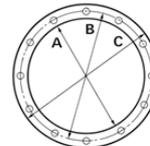


mm (inches)										
Angle	A	B ₁	B ₂	H ₁	H ₂	L	L ₁	L ₂	L ₃	Bell Hsg.
8.0	448 (17.6)	500 (19.7)	500 (19.7)	263 (10.4)	868 (34.2)	760 (29.9)	653 (25.7)	138 (5.41)	-	00
Weight kg (lb)						Oil Capacity Litre (US qt)				
1125 (2475)						75.0 (79.5)				

mm (inches)										
Angle	A	B ₁	B ₂	H ₁	H ₂	L	L ₁	L ₂	L ₃	Bell Hsg.
8.0	448 (17.6)	500 (19.7)	500 (19.7)	263 (10.4)	868 (34.2)	760 (29.9)	653 (25.7)	138 (5.41)	-	00
Weight kg (lb)						Oil Capacity Litre (US qt)				
1125 (2475)						75.0 (79.5)				

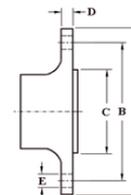
SAE Bell Housing Dimensions

SAE No.	A		B		C		Bolt Holes		
	mm	in	mm	in	mm	in	No.	Diameter	
00	787.4	31	850.9	33.5	882.65	34.75	16	13.49	17/32



Output Coupling Dimensions

A		B		C		D		Bolt Holes	
mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	No.	Diameter (E)
320	12.6	280	11.0	230	9.06	30.0	1.18	16	24.2 0.95



Gambar 2.4 : Dimensi dan Spesifikasi Gearbox ZF 7600

2.6 Penentuan Diameter Shaft

Shaft adalah elemen mesin yang digunakan untuk menyalurkan daya dari satu tempat ke tempat lainnya. Daya tersebut dihasilkan oleh gaya tangensial dan momen torsi yang hasil akhirnya adalah daya tersebut. Shaft akan mengalami beberapa puntir berulang lentur secara bergantian ataupun kedua-duanya yang akan disalurkan ke gear box dan propeller. Rumus untuk menentukan diameter shaft adalah $0.6-0.7T$.