BAB II
PERENCANAAN PERHITUNGAN MOTOR INDUK DAN BALING-BALING KAPAL

2. 1 Tahanan Kapal

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

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

- Tahanan Gesek (*Frictional Resistance / Rf*)
- Tahanan Gelombang (*Wave Making Resistance / Rw*)
- Tahanan Tekanan (*Preassure Resistance* / R_P)
- Tahanan Udara (*Air Resistance* / R_A)
- Tahanan Tambahan (*Appendage Resistance* / R_{AA})

Secara teori dapat diuraikan menjadi beberapa komponen tahanan dan biasanya dipilih menjadi 4 komponen tahanan sebagai berikut :

2.1.1 Tahanan Gesek (*Frictional Resistance* / R_f)

Tahanan gesek ini terjadi karena adanya suatu lapisan atau volume air yang melekat pada bagian kapal yang berbentuk pada permukaan bidang basah kapal yang terbentuk pada permukaan bidang basah kapal yang sedang bergerak dan biasa disebut lapisan batas (*Boundary Layer*). Di dalam daerah lapisan batas tersebut kecepatan gerak dari partikel-partikel zat cair dalam hal ini larut, 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.

2.1.2 Tahanan Gelombang *(Wave Making Resistance / R_W)*

Kapal yang bergerak dalam air akan mengalami tahanan 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.

2.1.3 Tahanan Tekanan (*Pressure Resistance* / R_P)

Partikel-partikel air yang bergerak melintasi lambung kapal akan terpecah dan membentuk volume air tertentu dimana partikel-partikel air tadi bergerak dalam suatu pusaran. Karena terjadinya pusaran ini, maka tekanan air pada buritan kapal akan berkurang dan timbulah satu gaya yang melawan arah gerak maju dari kapal. Gaya tahanan inilah yang merupakan tahanan tekanan yang di alami oleh gerak maju kapal.

2.1.4 Tahanan Udara (*Air Resistance* / R_A)

Kapal yang sedang berlayar, pada bagian atasnya (sebagian lambung dan bangunan atasnya) akan mengalami gaya tahanan dari udara. Tahanan hambatan udara ini juga terdiri dari komponen-komponen gesek dan komponen bentuk. Tekanan udara yang di alami 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 rumus pendekatan.

2.1.5 Tahanan Tambahan (*Appendege Resistance* / R_{AA})

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

Dalam tugas merancang mesin kapal ini, perhitungan tahanan yang digunakan adalah perhitungan yang terdapat dalam buku

2.2 Diagram *Guldhammer* dan *Harvald*

Tahanan (R) dan daya efektif (P_E) untuk kapal dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$R = C_T \times (\frac{1}{2} \times \rho \times V^2 \times S)$ (N) *(Referensi :6hal.99)*

$P_E = R \times Vs$ (kW) *(Referensi :6hal.99)*

Dalam hal ini koefisien tahanan totalnya adalah :

$C_T = C_R + C_F + C_A$ *(Referensi :6hal.99)*

Dimana :

C_R = Koefisien tahanan sisa untuk bentuk badan kapal standar, dapat di ambil dari diagram $L/\nabla^{1/3}$

C_F = Koefisien hambatan gesek

$C_F = \frac{0{,}075}{(\log Re - 2)^2}$ *(Referensi :6hal.109)*

Atau dapat diambil dari diagram menurut ITTC 1957 dalam buku *Tahanan dan Propulsi Kapal* oleh *Sv.Aa.Harvald* terjemahan Ir.Jusuf Sutomo,M.Sc (1992 Hal.118), dimana koefisien tahanan gesek C_F sebagai fungsi panjang kapal L dan kecepatan V.

Penambahan hambatan tersebut harus dicari dengan mengalikan penyimpangan LCB dari harga $LCB_{STANDAR}$ yaitu :

$\Delta LCB = LCB - LCB_{standar}$ (dalam % L). *(Referensi :6hal.95)*

Dengan factor $\partial\ 10^3\ C_R / \partial LCB$, dari grafik koreksi koefisien hambatan sisa dalam buku Tahanan dan Propulsi Kapal oleh *Sv. Aa. Harvald* terjemahan *Ir.Jusuf Sutomo,M.sc* (1992 hal.130) dan ini hanya berlaku untuk LCB yang berada di depan $LCB_{standar.}$ .Mengenai LCB yang berada di belakang $LCB_{standar,}$ semua sumber yang ada memounyai pendapat yang saling bertentangan, namun demikian karena kecenderungannya kecil maka pengabaian koreksi dalam hal ini tidak akan memberi kesalahan yang berarti. Karena kapal pada umumnya berbeda dengan standar yang ada dengan perbedaan tertentu, lebih besar maupun lebih kecil maka harus dilakukan koreksi, apapun koreksi tersebut adalah sebagai berikut :

2.2.1 Koreksi LCB

Semua kurva C_R tersebut dimaksudkan untuk kapal yang letak titik benam memanjangnya dekat dengan letak yang saat ini dipandang sebagai letak yang

terbaik dan memungkinkan. Letak LCB yang optimum merupakan kuantitas yang meragukan dan semua kepustakaan yang ada menunjukan pendapat yang berbeda sehingga menberikan gambaran yang membingungkan, namun demikian ketergantungan hambatan kapal pada LCB nampak jelas pada kecepatan tinggi.

Sebagai upaya untuk mengatasi kerancuan tersebut maka semua informasi yang ada dikumpulkan dan diringkas dalam diagram $LCB_{standar}$ dalam buku *Tahanan dan Propulsi Kapal.* Sebagaimana disebutkan sebelumnya, karena letak $LCB_{standar}$ dianggap merupakan letak yang memberikan hambatan yang paling kecil maka letak yang lain pada prinsipnya akan memberikan hambatan yang lebih besar. Adapun nilai koreksi tersebut adalah :

$$10^3C_R = 10^3C_{R(standar)} + \frac{\partial 10^3 C_R}{\partial LCB}|\Delta LCB| \quad (Referensi : 6hal.95)$$

2.2.2 Koreksi B/T

Karena diagram tersebut berdasarkan ratio dan lebar / sarat (B/T) = 2.5 maka harga C_R untuk kapal yang menpunyai ratio B/T lebih besar atau lebih kecil dari harga tersebut maka harus dikoreksi.

Berdasarkan hasil pemeriksaan materi pengujian yang ada saat ini disarankan memakai rumus koreksi berikut ini

$$10^3 C_R = 10^3 C_R (B/T = 2{,}5) + 0{,}16 (B/T - 2{,}5) \quad (Referensi : 6hal.95)$$

Hasil koreksi ini dapat mempunyai harga yang negatif atau positif.

2.2.3 Koreksi Bentuk Penampang Melintang

Sebagaimana disebutkan sebelumnya, kurva hambatan yang diperoleh berdasarkan diagram $L/\nabla^{1/3}$ dan ITTC – 57 dalam buku Tahanan dan Propulsi Kapal (hal. 120-129) dianggap berlaku untuk mempunyai kapal yang berbentuk "standar", yaitu penampangnya bukan benar-benar berbentuk [U] ataupun [V]. Karenanya dalam menghitung daya efektif untuk perancangan awal umumnya tidak diperlukan koreksi untuk bentuk penampang badan kapal.

Jika penampang tersebut merupakan penampang [U] atau [V] yang ekstrim maka untuk harga $10^3 C_R$ dapat dikoreksi sebagai berikut :

Tabel 2.1 Koreksi Bentuk Penampang Melintang

Bentuk Kapal	Nilai U	Nilai V
Haluan	**Ekstrim U**	**Ekstrim V**
	-0,1	**+ 0,1**
Buritan	**Ekstrim U**	**Ekstrim V**
	-0,1	**+ 0,1**

Koreksi ini berlaku untuk kecepatan V / $\sqrt{g.L}$ dalam rentang 0,20 ~ 0,25. Selain itu, bentuk standar harus dipandang sebagai bentuk yang mempunyai garis yang dirancang dengan baik, jika garis perancangan tersebut diubah untuk menyesuaikan kebutuhan operasional kapal atau besarnya daya harus diberikan kelonggaran, maka disarankankan agar C_R dinaikan sebesar 10% dan untuk garis perancangan yang tidak optimal diberikan 20 %.

(Referensi :6hal.96)

2.2.4 Koreksi Anggota Badan Kapal

Daun Kemudi : Tidak ada koreksi, karena bentuk standar sudah mencangkup daun kemudi

Lunas Bilga : Tidak ada koreksi

Boos Propeler : Untuk bentuk kapal penuh, C_R = 3% ~ 5 %

Bracket & poros Propp : Untuk bentuk kapal ramping C_R = 5% ~ 8 %

(Referensi :6hal.97)

2.2.5 Koreksi Tahanan Tambahan

Pemberian koreksi pada C_{Fs} untuk kapal merupakan cara yang umum dilakukan dalam praktek dan sudah bertahun-tahun lamanya diterapkan untuk memperhitungkan pengaruh kekasaran permukaan kapal mengingat bahwa permukaan kapal tidak akan pernah semulus permukaan model. Untuk kapal dengan ukuran

$$L \leq 100\ m \rightarrow 10^3\, C_A = 0{,}40$$
$$L = 150\ m \rightarrow 10^3\, C_A = 0{,}20$$
$$L = 200\ m \rightarrow 10^3\, C_A = 0$$
$$L = 250\ m \rightarrow 10^3\, C_A = -0{,}20$$

$$L \geq 300\ m \rightarrow 10^3\ C_A = -0{,}30$$

(Referensi :6hal.98)

2.2.6 Koreksi Hambatan Udara dan Kemudi

Koreksi hambatan udara $= 10^3\ C_{AA} = 0{,}07$

Koreksi hambatan kemudi $= 10^3\ C_{AS} = 0{,}04$

(Referensi :6hal.98)

2.2.7 Koreksi Pelayaran Dinas (*Sea Margin*)

Hambatan dan daya efektif yang dihitung dengan memakai diagram yang diberikan disini berlaku untuk kapal dalam kondisi pelayaran percobaan, yaitu untuk kondisi ideal dari segi angin, gelombang, kedalaman air dan kemulusan badan kapal. Untuk kondisi rata-rata pelayaran dinas harus diberikan kelonggaran tambahan pada hambatan dan daya efektif yang disebabkan oleh angin, laut, korosi dan *fouling* pada badan kapal.

Tambahan kelonggaran ini sangat tergantung pada jalur pelayaran, kelonggaran rata-rata untuk pelayaran dinas (kadang-kadang disebut *margin* atau *service margin*) untuk hambatan atau daya efektif adalah sebagai berikut :

- Jalur pelayaran Atlantik Utara, ke Timur, untuk musim panas 15% dan musim dingin 20 %
- Jalur pelayaran Atlantiuk Utara, ke Barat, untuk musim panas 20% dan musim dingin 30%
- Jalur pelayaran pasifik, 15% ~ 30 %
- Jalur pelaran Atlantik Selatan dan Australia, 12% ~ 18%
- Jalur pelayaran Asia Timur, 15%~ 20 %

(Referensi :6hal.98)

2.3 Data-data Kapal

- Dimensi ukuran utama kapal Tanker 5500 DWT adalah :
- Panjang keseluruhan kapal LOA = 105 m
- Panjang antara garis tegak kapal Lpp = 96 m
- Panjang antara garis air Lwl = 98 m
- Lebar kapal B = 21,3 m
- Tinggi kapal H = 8,5 m
- Sarat air kapal T = 6,3 m
- Kecepatan Vs = 13 knot
- Displasemen Δ = 9 .401,45 ton
- Volume displasemen ∇ = 9.172,15 m^3
- Koefisien blok Cb = 0,712
- Koefisien penampang tengah Cm = 0,98
- Koefisien prismatic Cp = 0,722
- Koefisien garis air Cw = 0,80
- Biro Klasifikasi
- Kapal ini di design menggunakan peraturan Biro Klasifikasi Indonesia (BKI), dan Tanda klass pada kapal tanker ini adalah dengan tanda :
- (SM), artinya instalasi mesin seluruhnya memenuhi peraturan BKI.
- Bendera kebangsaan Kapal
- Kapal ini dalam pengoprasiannya, berbendera kebangsaan "Indonesia".

2.4 Perhitungan Koefisien-koefisien Kapal

a. Displasement (Δ)

$\Delta = L_{pp} \times B \times T \times Cb \times \Upsilon$

$= 96 \times 21,3 \times 6,3 \times 0,712 \times 1,025$

$= 9.401,45$ ton *(Referensi :6hal.6)*

b. Midship Section Area Coefficient (Cm)

$Cm = 0,93 + 0,08 \times Cb$

$= 0,93 + 0,08 \times 0,712$

$= 0,986$

c. Midship Section Area (Am)

Am = B x T x Cm

= 21,3 x 6,3 x 0,98

= 131,51 m^3 *(Referensi :6hal.77)*

d. Prismatik Coefficient (Cp)

$Cp = \frac{Cb}{Cm}$

$= \frac{0,712}{0,986}$

= 0,722 *(Referensi :6hal.77)*

e. Water-plane Area Coefficient (Cw)

$Cw = 0,18 + (0,86 \times C_p)$

= 0,18 + (0,86 x 0,722)

= 0,80

f. Water-plane Area (Aw)

Aw = Lpp x B x Cw

= 96 x 21,3 x 0,80

= 1.635,84 m^2 *(Referensi :6hal.5)*

g. Luas Permukaan Basah Kapal (S)

S = 1,025 x Lpp (*LCB* x B + 1,7 x T)

(Referensi:1hal.64)

Dimana :

$\delta pp = \frac{Cb \times LOA}{Lwl}$

$= \frac{0,712 \times 105}{98}$

= 0,7628

S = 1,025 x 96 (0,75 x 21,3 + 1,7 x 6,3)

S = 2.625,804 m^2

h. Luas Permukaan Basah Sepanjang Aw (S')

S' = 1,025 x Lwl (δpp x B + 1,7 x T)

= 1,025 x 98 (0,7628 x 21,3 + 1,7 x 6,3)

= 2.707,894 m^2

i. Ratio S/S'

$$\frac{S}{S'} = \frac{2625,804}{2.707,894}$$

$$= 0,969$$

j. Volume Displacement (∇ *Displ*)

∇ *Displ* = Lpp x B x T x Cb

= 96 x 21,3 x 6,3 x 0,712

= 9.172,15 m^3

(Referensi:1hal.5)

k. Perbandingan lebar dan sarat kapal (B/T)

$$B/T = \frac{21,3}{6,3}$$

$$= 3,4$$

(Referensi:1hal.95)

2.5 Perhitungan Tahanan Kapal Pada Kecepatan 13 Knot

1. Foude Number (Fn)

$$Fn = \frac{Vs}{\sqrt{g.lwl}}$$ *(Referensi :6hal.82)*

Vs = Kecepatan kapal (m/dtk)

= 13 knot x 0,5144

= 6,6782 m / dtk

g = Gaya Gravitasi

= 9,81 m / dtk^2

$$Fn = \frac{6,6782}{\sqrt{9,81.97,15}}$$

$$= 0,216$$

2. Vs = 13 knot
3. Vs = 6,6872 m / dtk
4. $Vs^2 = 44,719$ (m / dtk)^2
5. Tahanan Total

$R_T = C_T.½.\rho.S.Vs^2$

Dimana :

ρ = massa jenis (kg.det^2/m^4)

= 104,49 kg.det^2/m^4

S = Luas permukaan basah kapal

$= 2.620,564 \ m^2$

6. *Residual Coefficient* ($10^{-3} C_R$)

Residual Coefficient atau tahanan sisa (C_R) dapat diperoleh dari grafik yang merupakan fungsi dari perbandingan panjang volume ($L/\nabla^{1/3}$) dan bilangan Froude (F_n).

Diketahui :

Lwl : 98 m

∇ : 9.172,15 m^3

$L/\nabla^{1/3}$: 4,824

Nilai C_R untuk kapal standar didapat dari gambar 9.9.2 dan 9.9.3

$L/\nabla^{1/3} = 4,5$ Fn = 0,216 $10^3 C_R = 1,45$

$L/\nabla^{1/3} = 5,0$ Fn = 0,216 $10^3 C_R = 1,250$

$L/\nabla^{1/3} = 4,824$ Fn = 0,216 $10^3 C_R = 1,408$

$$10^{-3} C_R = \left(\frac{4,824-4,5}{5,0-4,5}\right) \times (1,30-1,45) + 1,45$$

$= 1,365 \times 10^3$

(Referensi :6hal.101-102)

7. Koreksi B/T

Grafik harga C_R untuk kapal yang mempunyai rasio lebar sarat kapal lebih besar atau lebih kecil B/T = 2,5 harus dikoreksi dengan rumus berikut :

$10^{-3} C_R = 10^{-3} C_R \ (B/T = 2,5) + 0,16 \ (B/T - 2,5)$

(Referensi :6hal.95)

Harga koreksi tersebut dapat positif dan *negative*.

Beam draft ratio kapal B/T = 6 maka koreksi sebagai berikut :

$10^{-3} C_R = 0,16 \ (B/T - 2,5)$

$10^{-3} C_R = 0,16 \ (3,4 - 2,5)$

$= 0,144 \times 10^3$

8. Koreksi LCB

Koreksi lain untuk tahanan sisa adalah :

Δ LCB = LCB –$LCB_{standar}$ (LCB dalam % Lpp) *(Referensi :6hal.95)*

Dimana :

$LCB_{STANDARD}$ = 0,291

$LCB_{Kapal\ rancangan} = \frac{LCB \times Lpp}{100}$

$= \frac{1{,}291x\ 96}{100}$

$= 1{,}239$

$LCB_{AKTUAL} = 0{,}291\ \%$

$\Delta LCB = 1{,}239\ \% - 0{,}291\ \%$

$= 0{,}948\ \%$

Faktor ($\delta\ 10^3\ C_R / \delta\ LCB$) untuk tiap 1% LCB didapat dari :

Koreksi terhadap $10^3\ C_R = \frac{\delta 10^3 C_R}{\delta LCB} \times \Delta$ LCB *(Referensi :6hal.96)*

$= 0{,}23 \times 0{,}948$

$= 0{,}218.\ 10^3$

9. Koreksi Bentuk Penampang Depan dan Belakang

   Koreksi $C_R = 0$ (bentuk standar) *(Referensi :6hal.96)*

10. Koreksi Bentuk Haluan

    Koreksi $C_R = 0$ *(Referensi :6hal.96)*

11. Koreksi Anggota Badan Kapal

    a. Daun kemudi = Tidak ada koreksi , karena kapal standar telah memasukan terpasang daun kemudi. *(Referensi :6hal.97)*

    b. Lunas bilga = Tidak ada koreksi *(Referensi :6hal.97)*

    c. *Boss* baling – baling = Harga C_R dinaikan 3%~5%

       $= 1{,}352 \times 5\%$

       $= 0{,}068$ *(Referensi :6hal.97)*

    d. *Shaft Propeller* = Harga C_R dinaikan 5% ~ 8%

       $= 1{,}352 \times 8\%$

       $= 0{,}109$ *(Referens :1hal.97)*

    Jadi koreksi anggota badan kapal

    $10^3\ C_R = (0)+(0)+(0{,}0676)+(0{,}108)$

    $= 0{,}177\ 10^3$

12. Resultan $10^3\ C_R$

    $10^3\ C_R$ = No.6 + No.7 + No.8 + No.9 + No.10 + No.11

    $= 1{,}365 + 0{,}144 + 0{,}218 + 0 + 0 + 0{,}177$

    $= 1{,}901$

13. Raynolds Number (*Rn*)

10^{-6} Rn $= 10^{-6} \frac{Vs \times Lwl}{U}$ *(Referensi :6hal.12)*

$= 10^{-6} \frac{6{,}678 \times 98}{1{,}188 \times 10^{-6}}$

$= 551{,}637 \times 10^{-6}$

14. Koefisien tahanan gesek (C_F)

Untuk menentukan C_F didapat dari grafik 5.5.14 buku Tahanan dan Propulsi Kapal pada halaman 129 yang merupakan grafik *ITTC-57*, grafik tersebut didasarkan pada panjang kapal dan kecepatan kapal rancangan

$C_F = \frac{0{,}075}{(log10.R_n - 2)^2}$ *(Referensi :6hal.76)*

$C_F = 0.00165$

15. Koreksi C_F

Koreksi pada anggota badan kapal, digunakan rumus yang terdapat dalam yaitu:

$C_F' = C_F \times \frac{S_1}{S}$

$C_F' = 0{,}00165 \times \frac{2625{,}804}{2.707{,}894}$

$= 1{,}60 \times 10^{-3}$

(Referensi :2 hal.132)

16. Tahanan Tambahan (C_A)

Untuk kapal $L \leq 100$m

$10^3 C_A = 0{,}4$ *(Referensi :6hal.98)*

17. Tahanan Udara (C_{AA})

$10^3 C_{AA} = 0{,}07$ *(Referensi :6hal.98)*

18. Tahanan Kemudi (C_{AS})

$10^3 C_{AS} = 0{,}04$ *(Referensi :6hal.98)*

19. Koefisien Tahanan Total (C_T)

$10^3 C_T = C_R + C_A + C_{AA} + C_{AS} + C_{F\ koreksi}$

$= (1{,}901 + 0{,}4 + 0{,}070 + 0{,}040) : 1.000 + 0{,}0160$

$= 0.00401$

20. Tahanan Total (R_T)

$R_T = C_T (1/2.\rho.S.Vs^2)$ *(Referensi :6hal.99)*

= 0.00401 x 6.134732,968 kg

R_T = 24.600,272 Kg x $[\frac{9,81}{1.000}]$

= 241,328 kN

2.6 Perhitungan Daya-daya Mesin dan Pemilihan Penggerak Kapal

a. Effective Horse Power (EHP)

Besarnya *EHP* dari motor induk sesuai tahanan spesifik, pada *trial condition* adalah :

$EHP = \frac{V_S x R_T}{75}$ *(Referensi :6hal.52)*

$= \frac{6,6782X\ 24602,244}{75}$

= 2.190,649 Hp

b. Brake Horse Power (SHP)

P.C = η_H X η_{rr} x η_0

Dimana :

η_0 = Efisiensi baling-baling dari percobaan model (0,55-0,65)

η_{rr} = Efisiensi *rotasi relative*(*single screw* <1,00 = ± 1,02)

η_H = Efisiensi lambung kapal

$\eta_H = \frac{(1-t)}{(1-w)}$

Dimana :

- Faktor arus ikut menurut *Taylor* untuk kapal berbaling-baling tunggal (*single screw*)

w = -0,05 + (0,50 x Cb)

= -0,05 + (0,50 x 0,712)

= 0,306

- Faktor pengisapan (t), menurut *Taylor* untuk kapal berbaling-baling tunggal

Koefisien = 0,70~ 0,90, diambil 0,80

t = k x w

= 0,8 x 0,306 = 0,2448

Efisiensi lambung kapal (η_H)

$\eta_H = \frac{(1-t)}{(1-w)}$

$$\eta_H = \frac{(1-0{,}2448)}{(1-0{,}306)}$$

$$= 1{,}088$$

Maka :

$$P.C = \eta_H \times \eta_{rr} \times \eta_0$$ *(Referensi :6hal.79)*

$$= 1{,}088 \times 1{,}02 \times 0{,}60$$

$$= 0{,}66 = 66{,}585\ \%$$

Jadi, *Shaft Horse Power (SHP)* *(Referensi :6hal.78)*

$$SHP = \frac{1}{P.C} \times EHP$$

$$= \frac{1}{0{,}66} \times 2190{,}649$$

$$= 3.319{,}1651\ HP$$

c. *Brake Horse Power (BHP)*

Daya yang diperlukan mesin induk yang digunakan sebagai tenaga penggerak kapal, biasanya diambil ketentuan kerugian daya karena ada gesekan-gesekan pada :

2% kerugian adanya *gear box*

3% letak kamar mesin di belakang

10% penambahan *sea margin*

$$BHP_{mcr} = SHP + (\text{gear box} + \text{letak kamar mesin} + \textit{sea margin})\ SHP$$

$$= 3319{,}165\ (2+3+10)\% + 3319{,}165$$

$$= 3.817{,}039\ HP \times 0{,}7356$$

$$= 2.807{,}814\ Kw$$

(Referensi :6hal.98)

Mesin yang digunakan menggunakan MAN B&W S26MC6

Berdasarkan dari kurva, maka dapat ditentukan besarnya daya mesin yang digunakan untuk kapal rancangan. Dimana besarnya daya mesin dan dimensi mesin yang dipilih adalah sebagai berikut :

- *Merk* : *Man B&W*
- Tipe : S26 MC6
- Daya : 3.200 kW / 4.350 HP
- *Cylinders* : *8L*
- *Stroke* : 980 mm
- *Speed* : 250 *Rpm*
- *SFOC* : 179 gr/*kW*/jam
- Merek *GearBox* : Nico MGN 12042Z
- Rasio *GearBox* : 1 : 2,76 2,86 2,76

Dengan menggunakan mesin induk diatas maka kecepatan kapal yang dicapai adalah sebesar 13,23 *knot.*

2.7 Penentuan Ukuran Utama Baling-Baling Kapal

Baling-baling adalah suatu alat penggerak kapal yang dapat menghasilkan daya dorong yang melebihi hambatan total kapal, sehingga kapal dapat bergerak dengan kecepatan yang direncanakan. Sebagai alat penggerak kapal, kondisi kerja baling-baling dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti : hubungan kerjanya dengan lambung kapal, pengaruh kavitasi, bentuk dan ukuran geometris baling-baling tersebut.

Kapal yang sedang berlayar merupakan suatu benda yang bergerak di air dan udara. Pada saat kapal bergerak maka dengan sendirinya kapal tersebut akan mengalami gaya lawan (*Resisting Force*) dari media yang dilaluinya. Gaya yang menahan tersebut harus diatasi dengan gaya dorong ke depan yang diberikan oleh suatu mekanisme penghasil gaya dorong. Mekanisme demikian adalah baling-baling. Baling-baling ini menghasilkan gaya dorong searah dengan gerakan kapal. Gaya dorong ini ditimbulkan dari gaya angkat (*lift*) yang timbul pada semua bagian yang bergerak.

Sistim propulsi yang terdiri dari propulsi (baling-baling kapal), mesin penggerak dan badan kapal (*hull*) harus dirancang yang paling efisien. Yaitu, jumlah energi yang diperlukan untuk gaya dorong kapal harus sekecil mungkin. Dengan kata lain, semua

elemen dalam dari sistim propulsi harus saling secocok mungkin. Sementara itu, kapal harus mempunyai kemampuan olah gerak dan menghasilkan kerja yang baik.

Adapun beberapa hal yang berpengaruh terhadap perencanaan baling-baling kapal adalah antara lain :

- Diameter baling-baling optimum.
- *Thrust Horse Power.*
- Putaran baling-baling.
- Jumlah daun baling-baling.
- Efek kavitasi terhadap baling-baling.
- Kekuatan baling-baling.

Dalam tugas merancang kapal ini, perhitungan hambatan yang digunakan adalah perhitungan yang terdapat dalam buku *Sv. Aa. Harvald terjemahan Sutomo Jusuf* dan *Diktat Propulsi Kapal, Teguh Sastrodiwongso, MSE.*

2.8 BALING-BALING KAPAL

2.8.1 Perencanaan Baling-Baling Kapal

Perencanaan penentuan dimensi baling-baling akan sangat menentukan terhadap hasil kinerja kapal rancangan. Adapun perencanaan baling-baling yang dipilih adalah memakai baling-baling type "B" Wageningen sedangkan perencanannya memakai Bp-δ diagram dari baling-baling tipe"B-4" hasil dari *Open Water Test* di *Netherland Ship Model Basin* (SMB) (sekarang berganti nama *Maritime Research Institute Netherland* = MARIN). Langkah-langkah perencanaannya sebagai berikut :

a. Faktor arus ikut (*w*)

Menurut Taylor, faktor arus ikut (*w*) untuk kapal berbaling-baling tunggal (*single screw*)

$w = -0,05 + (0,50 \times Cb)$

$= -0,05 + (0,50 \times 0,712)$

$= 0,306$ *(Referensi :6hal.99)*

b. Penentuan Angka dorong (*Thrust*)

$T = R_T / (1-t)$

$= 24602,244 / (1 - 0,2448)$

= 32.577,123 kg *(Referensi :6hal.88)*

c. *Advance Speed of Propeller (Va)*

Untuk menentukan *advance speed of propeller* dari kapal rancangan digunakan rumus :

$$Va = Vs\ (1 - w)$$

Dimana :

Va = *Advance speed of propeller* (*Knot*).

W = *Wake Fraction*

= 0,306

Vs = Kecepatan kapal rancangan.

= 13,23 *knot*

Maka :

Va = 13,23 (1 – 0,306)

= 9,181 *Knot.*

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga *Va* = 9,181 *Knot.*

(Referensi :6hal.82)

2.8.2. *Diameter Optimum, Pitch Ratio* dan *Propeller Efficiency*

1. Koefisien Baling-Baling

Untuk Menentukan koefisien baling-baling menggunakan rumus, yaitu :

$$Bp = \frac{N_K \times \sqrt{SHP}}{Va^{2.5}}$$

Dimana :

N_K = Putaran baling-baling setelah dikoreksi (Nm)

SHP = Shaft Horse Power (*HP- British*)np

Va = *Advance speed of propeller* (*knot*)

2. Koreksi *RPM* Baling-baling (N_K)

Rpm = Putaran mesin utama kapal rancangan

= 250 rpm

Reduction Gear = 1 : 1,276

Putaran baling-baling = 90,580 rpm

Akibat adanya *wake fraction, thrust deduction*, gesekan pada bantalan poros dan penempatan dari mesin induk, akan mengurangi putaran mesin yang sampai ke baling-baling. Untuk itu dilakukan koreksi *Scale Effect* sebesar 2% (untuk kapal berbaling-baling tunggal / *single screw*) dari putaran baling-baling

N baling-baling = 90,580 x 0,97

= 179,62 rpm

n = 2,993 rps

3. Penentuan Jumlah Daun Baling-Baling (Z)

- Bila harga koefisien K'd ≤ 2 atau K'n ≥ 1 ; maka disarankan memilih jumlah daun Z = 3
- Bila harga koefisien K'd ≤ 2 atau K'n ≤ 1 ; maka disarankan memilih jumlah daun Z = 4

Untuk kapal rancangan ini adalah :

$$K'd = D \times Ve \times \sqrt{\frac{\rho}{T}}$$

Dimana :

D = diameter *propeller* = 4,41 m

Ve = *Advance Speed of propeller* = 9,181 knot x 0,5144 = 4,727 m/s

T = Gaya dorong (*Thrust*) = 32.577,123 Kg

ρ = *Density* air laut = 104,5 Kg.s^2/m^4

Maka :

$$K'd = 4,41 \times 4,727 \times \sqrt{\frac{104,5}{32.577,123}} = 1,180$$

Sedangkan untuk nilai K'n untuk kapal rancangan ini adalah :

Dimana :

n = koreksi putaran baling-baling per detik

= 2,718 Rps

Maka :

$$K'n = \frac{Ve}{\sqrt{n}} \times \sqrt{\frac{\rho}{T}}$$

$$= \frac{4,727}{\sqrt{2,718}} \times \sqrt{\frac{104,5}{32.577,123}}$$

= 0,297

Karena K'd ≤ 2 dan K'n ≤ 1, maka dipilih baling – baling berdaun 4 untuk kapal rancangan.

4. **Diameter Baling-baling *Tentative* (D)**

D = 0,7 x T

= 0,7 x 6,3

= 4,41

5. **Penentuan harga *Delivery Horse Power (DHP)***

a. Letak kamar mesin

Letak kamar mesin di belakang, koreksi = -3 %

b. Koreksi daya pada *Reduction gear*

Reduction gear = -2 %

c. Koreksi daya ke metric

Koreksi HP ke metric = $\frac{75}{76}$ (*British*)

d. Koreksi air tawar ke air laut

Sebesar = $\frac{1,000}{1,025}$

DHP = BHP – harga koreksi

Dimana : BHP = 4.350 HP

DHP = (4.350 HP – 5%) x $\frac{75}{76}$ x $\frac{1,000}{1,025}$

= 4.188,013 HP

6. **Diameter Optimum, *Pitch Ratio dan Propeller Efficiency***

a. Koefisien Baling – baling

$$Bp = \frac{N \, x \, P^{0,5}}{Va^{2,5}}$$

Dimana ;

N = Putaran baling-baling = 192,913 rpm

Va = 9,181 *Knot*

P = Tenaga ditempat baling-baling melekat (DHP)

= 4.188,013HP

$$Bp = \frac{192,913 \, x \, 4.188,013^{0,5}}{(9,181)^{2,5}}$$

= 48,873 = 49

7. ***Diameter Optimum (Do) B4-40***

Untuk menentukan *Diameter Optimum* (*Do*) digunakan rumus :

$$Do = \frac{\delta_k \times Va}{N_K}$$

Dimana :

Do = *Diameter Optimum.*

δ_K = Koreksi *Advance Coefficient.*

Va = *Advance Speed* dari *propeller.*

= 9,181knot.

N_K = Koreksi Putaran baling-baling

= 192,913 *rpm.*

- Maka *Diameter Optimumnya* (*Do*) adalah :
  - **Untuk *B4-40***

    Untuk menentukan harga δ dari *Bp* = 45,5 maka dapat diperoleh dari *Bp-δ* diagram pada buku *Principles of Naval Architecture* halaman 414-415 :

    δ = 280

    Koreksi dari *Open Condition* menjadi *Behind Condition* sebesar 3%

    δ = 271,6

    Hasil dari diagram Bp-δ diagram :

    ηp (efisiensi *propeller*) = 53,4 %

    Ho/D (*Pitc ratio*) = 0,62

    Maka :

    $$Do = \frac{\delta_k \times Va}{N_K}$$

    $$Do = \frac{271,6 \times 9,181}{192.913} = 12,94 \text{ } feet \text{ dijadikan m} = \text{x } 0,3048$$

    = 3,944 m

  - **Untuk *B4-55***

    Untuk menentukan harga δ dari *Bp* = 45,5 maka dapat diperoleh dari *Bp-δ* diagram pada buku *Principles of Naval Architecture* halaman 414-415 :

    δ = 270

Koreksi dari *Open Condition* menjadi *Behind Condition* sebesar 3%

δ = 261,9

Hasil dari diagramBp-δ diagram :

ηp (*efisiensi propeller*) = 52,2

Ho/D (*Pitc ratio*) = 0,64

Maka :

$$Do = \frac{\delta_k \times Va}{N_K}$$

$$Do = \frac{270 \times 9{,}181}{192{,}913} = 12{,}93 \text{ } feet \text{ dijadikan m} = \text{x } 0{,}3048$$

= 3,79 m

- **Untuk *B4-70***

Untuk menentukan harga δ dari Bp = 45,5 maka dapat diperoleh dari *Bp-δ* diagram pada buku *Principles of Naval Architecture* halaman 414-415 :

δ = 257

Koreksi dari *Open Condition* menjadi *Behind Condition* sebesar 3%

δ = 249,29

Hasil dari diagramBp-δ diagram :

ηp (efisiensi *propeller*) = 49,2%

Ho/D (*Pitc ratio*) = 0,74

Maka :

$$Do = \frac{\delta_k \times Va}{N_K}$$

$$Do = \frac{257 \times 9{,}181}{192{,}913} = 11{,}86 \text{ } feet \text{ dijadikan m} = \text{x } 0{,}3048$$

= 3,616 m

- **Untuk *B4-85***

Untuk menentukan harga δ dari Bp = 45,5 maka dapat diperoleh dari *Bp-δ* diagram pada buku *Principles of Naval Architecture* halaman 414-415 :

δ = 249

Koreksi dari *Open Condition* menjadi *Behind Condition* sebesar 3%

δ = 241,53

Hasil dari diagramBp-δ diagram :

ηp (efisiensi *propeller*) = 48,5%

Ho/D (*Pitc ratio*) = 0,72

Maka :

$$Do = \frac{\delta_k \times Va}{N_K}$$

$$Do = \frac{249 \times 9{,}181}{192{,}913} = 11{,}50 \text{ } feet \text{ dijadikan m} = \text{x } 0{,}3048$$

= 3,506 m

Tabel 2.2 Pemilihan Daun Baling-Baling

No	*Item*	*D*	*H/D*	η_p
1	*B4-40*	3,940	0,62	53,4%
2	*B4-55*	3,799	0,64	52,2 %
3	*B4-70*	3,616	0,74	49,2%
4	*B4-85*	3,504	0,72	48,5%

2.8.3. Perhitungan Kavitasi

Untuk mengatasi atau mengurangi resiko kerusakan pada baling-baling akibat kavitasi, maka perlu dirancang bentuk dan dimensi baling-baling yang sesuai atau baling-baling bebas kavitasi.

Oleh sebab itu untuk menentukan diameter baling-baling yang optimal, bebas kavitasi, serta mempunyai efisiensi yang cukup baik, maka harus diadakan perhitungan-perhitungan untuk penentuan diameter baling-baling.

Kavitasi sendiri terjadi karena gejala menguapnya zat cair yang sedang mengalir, karena berkurangnya suatu tekanan sampai di bawah tekanan uap jenuhnya dimana ini berlangsung saat zat cair mengalir di daerah baling-baling kapal. Bila baling-baling ini mengalami kavitasi maka akan menimbulkan suara berisik dan

getaran pada baling-baling yang mengurangi unjuk kerjanya secara optimum. Pemilihan ukuran baling-baling dengan resiko kavitasi terkecil dengan memakai diagram kavitasi (*Burrill*).

4. Konstanta Kavitasi

Untuk menentukan kavitasi pada *propeller* pada posisi $\sigma_{0,7}$ digunakan rumus:

$$\sigma_{0,7} = \frac{(P-Pv)-(0,7x(\frac{D}{2}x\,y)}{0.5x\rho(Va^2+(0,7x\,\pi\,x\,D\,x\,n)^2)}$$

Dimana :

P-Pv = Beda tekanan statik pada sumbu *propeller*.

ρ = Kerapatan air laut.
= 104,5 Kg.det^2/m^4.

Do = Diameter Optimum

Va = *Advance Speed* dari *propeller*.
= 9,181Knot.

n = Koreksi putaran baling-baling perdetik
= 2,993 *Rps.*

Beda tekanan static pada sumbu baling-baling (P-Pv)

Beda Tekanan statik pada sumbu poros baling-baling digunakan cara yang terdapat dalam buku *Propulsi Kapal oleh Ir.Teguh Sastrodiwongso M.SE halaman 125,* yaitu :

a.*Draft*	*T*	=	6,300	m
b. Tinggi poros baling2	h_1	=	1,724	m
c. Tinggi Gelombang (0,75%Lpp)	h_2	=	0,72	m
Tinggi tekanan (h= h_1-h_2)	h	=	4,575	m
d. Tekanan air (h x 1.025)		=	4,3225	kg/m^2
e. Tekanan hidrostatis pada sumbu poros		=	5427,990	kg/m^2
e. Tekanan Udara		=	10.100	kg/m^2
Tekanan statistic		=	15.527,9900	kg/m^2

Dari perhitungan ditetapkan harga ***P - Pv***= 15.527,9900 **kg/m^2.**

Maka konstanta kavitasinya adalah :

- **Untuk *B4-40***

$$\sigma_{0,7} = \frac{15.527,9900 - (0,7x\frac{3,944}{2}x\ 1.025)}{0.5\ x\ 104,5x\ (9,181^2+(0,7x3,14\ x3,944\ x\ 2,993)^2)}$$

$$= 0,314$$

- **Untuk *B4-55***

$$\sigma_{0,7} = \frac{15.527,9900 - (0,7x\frac{3,929}{2}x\ 1.025)}{0.5\ x\ 104,5x\ (9,181^2+(0,7x3,14\ x3,929\ x\ 2,993)^2)}$$

$$= 0,337$$

- **Untuk *B4-70***

$$\sigma_{0,7} = \frac{15.527,9900 - (0,7x\frac{3,793}{2}x\ 1.025)}{0.5\ x\ 104,5x\ (9,181^2+(0,7x3,14\ x3,793\ x\ 2,993)^2)}$$

$$= 0,369$$

- **Untuk *B4-85***

$$\sigma_{0,7} = \frac{15.527,9900 - (0,7x\frac{3,506}{2}x\ 1.025)}{0.5\ x\ 104,5x\ (9,181^2+(0,7x3,14\ x3,506x\ 2,993)^2)}$$

$$= 0,392$$

5. **Koefisien Gaya Dorong (τ)**

Untuk menentukan koefisien gaya dorong ini digunakan rumus sebagai berikut :

$$\tau = \frac{T}{1/2.\rho.Fp.V^2}$$

Dimana :

- **Penentuan *Thrust* (*T*)**

Untuk menentukan *thrust* digunakan rumus-rumus sebagai berikut :

$$THP = \frac{T.Va}{75} \rightarrow T = \frac{THP.75}{Va}$$

$$\eta_p = \frac{THP}{SHP} \rightarrow THP = \eta p.SHP$$

Maka :

$$T = \frac{SHP \times \eta_P \times 75}{Va}$$

Dimana :

T = *Thrust.*

SHP = *Shaft Horse Power* = 4.188,013 *HP.*

η_P = *Propulsie Efficiency.*

Va = *Advance speed of propeller.*= 9,181*knot*

Maka :

- **Untuk *B4-40* dan η_P = 53,4 %**

$$T = \frac{4.188,013 \times 0,54 \times 75}{9,181}$$

$$= 18.268.009 \text{ kg}$$

- **Untuk *B4-55* dan η_P = 52,2 %**

$$T = \frac{4.188,013 \times 0,522 \times 75}{9,181}$$

$$= 17.857.492 \text{ kg}$$

- **Untuk *B4-70* dan η_P = 49,2 %**

$$T = \frac{4.188,013 \times 0,492 \times 75}{9,181}$$

$$= 16.831.200 \text{ kg}$$

• **Penentuan *Project Area of The Blade* (*Fp*)**

Untuk menentukan *project blade area* digunakan rumus yaitu :

$$Fp = (1,067 - 0,229\ Ho/D)\ Fa$$

- **Untuk *B4-40***

Expanded Blade Ratio

$$\frac{Fa}{F} = 0,40 \rightarrow Fa = 0,40 \,.\, F$$

Disc Area of The Screw (F)

$$F = \frac{\pi}{4} \,.\, D^2$$

$$= \frac{3,14}{4} \text{ x } (3,944)^2$$

$$= 12,186 \text{ m}^2$$

Expanded Blade Area (Fa)

Fa $= 0,40 \text{ x } 12,186 = 4,875 \text{ m}^2$

Jadi :

Fp $= (1,067 - (0,229 \text{ x } 0,59)) \text{ x } 4,875$

$= 4.552 \text{ m}^2$

- **Untuk *B4-55***

Expanded Blade Ratio

$$\frac{Fa}{F} = 0,55 \rightarrow \text{Fa} = 0,55 \text{ . F}$$

Disc Area of The Screw (F)

$$F = \frac{\pi}{4} \text{ . } D^2$$

$$= \frac{3,14}{4} \text{ x } (3,799)^2$$

$$= 11.331 \text{ m}^2$$

Expanded Blade Area (Fa)

Fa $= 0,55 \text{ x } 11,331 = 6.232 \text{ m}^2$

Jadi :

Fp $= (1,067 - (0,229 \text{ x } 0,65)) \text{ x } 6,232$

$= 5,736 \text{ m}^2$

- **Untuk *B4-70***

Expanded Blade Ratio

$$\frac{Fa}{F} = 0,70 \rightarrow Fa = 0,70 \text{ . } F$$

Disc Area of The Screw (F)

$$F = \frac{\pi}{4} \text{ . } D^2$$

$$= \frac{3,14}{4} \text{ x } (3,616)^2$$

$$= 10.267 \text{ m}^2$$

Expanded Blade Area (*Fa*)

Fa = 0,70 x 10,267 = 7,187 m^2

Jadi :

Fp = (1,067 – (0,229 x 0,72)) x 7,187

= 6,450 m^2

- **Untuk *B4-85***

Expanded Blade Ratio

$$\frac{Fa}{F} = 0,85 \rightarrow Fa = 0,85 \ . \ F$$

Disc Area of The Screw (*F*)

$$F = \frac{\pi}{4} \ . \ D^2$$

$$= \frac{3,14}{4} \text{ x } (3,504)^2$$

$$= 9,637 \text{ m}^2$$

Expanded Blade Area (*Fa*)

Fa = 0,85 x 9,637 = 8,192 m^2

Jadi :

Fp = (1,067 – (0,229 x 0,72)) x 8,192

= 7,390 m^2

Maka koefisien gaya dorongnya (τ) adalah :

- **Untuk *B4-40***

$$\tau c = \frac{T}{Fp \ X \ 0,5 \ X \ \rho[Va^2+(0,7 \ X \ \pi \ X \ Do \ x \ n)^2}$$

$$\tau c = \frac{18.746,946}{4,552 \ X \ 0,5 \ X \ 104,49[(9,181)^2+(0,7 \ X \ 3,14 \ X \ 3,944 \ x \ 2,993)^2}$$

= 0,117

- **Untuk *B4-55***

$$\tau c = \frac{T}{Fp \ X \ 0,5 \ X \ \rho[Va^2+(0,7 \ X \ \pi \ X \ Do \ x \ n)^2}$$

$$\tau c = \frac{18.302,219}{6,120\ X\ 0,5\ X\ 104,49\ [(9,181)^2+(0,7\ X\ 3,14\ X\ 3,929\ x\ 2,993)^2}$$

$$= 0,086$$

Untuk *B4-70*

- $$\tau c = \frac{T}{F^p\ X\ 0,5\ X\ \rho[Va^2+(0,7\ X\ \pi\ X\ Do\ x\ n)^2}$$

$$\tau c = \frac{17.378,556}{7,132X\ 0,5\ X\ 104,49\ [(9,181)^2+(0,7\ X\ 3,14\ X\ 3,793\ x\ 2,993)^2}$$

$$= 0,075$$

Untuk *B4-85*

- $$\tau c = \frac{T}{F^p\ X\ 0,5\ X\ \rho[Va^2+(0,7\ X\ \pi\ X\ Do\ x\ n)^2}$$

$$\tau c = \frac{18.644,317}{7,287X\ 0,5\ X\ 104,49\ [(9,181)^2+(0,7\ X\ 3,14\ X\ 3,506\ x\ 2,993)^2}$$

$$= 0,092$$

Tabel Perhitungan Kavitasi

Setelah didapat dilakukan perhitungan kavitasi diatas, langkah selanjutnya adalah untuk melakukan penggambaran grafik rancangan baling-baling. Berikut dibawah ini adalah tabel hasil perhitungan kavitasi

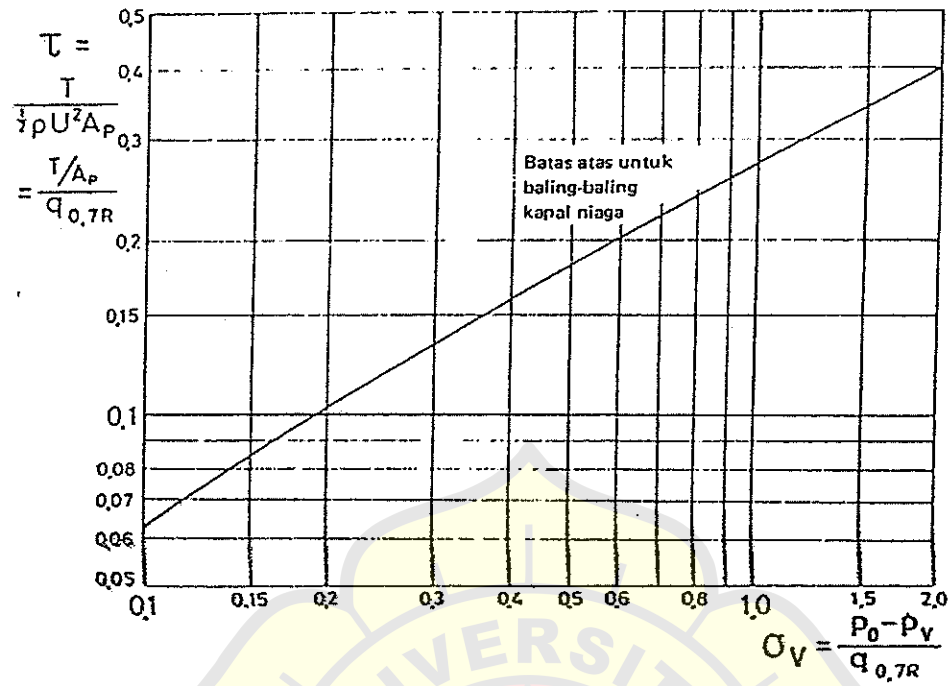
Tabel 2.3 Perhitungan Kavitasi

	Tipe *propeller*				Satuan
	B4-40	B4-55	B4-70	B4-85	
Fa/F	0,44	0,55	0,7	0,85	
Konstanta Kavitasi :	0,314	0,337	0,369	0,392	
Gaya Dorong :	18.268,009	17.857,492	16831,2	16691,731	Kg
Disc Area of The Screw (F) :	12,186	11,331	10,267	9,637	
Expanded Blade Area (Fa) :	4,875	6,232	7,187	8,192	
Projected Area (Fp) :	4,509	5,736	6,450	7,390	
Fp/Fa :	0,925	0,92	0,898	0,902	
Koefisien Gaya Dorong :	0,100	0,083	0,076	0,070	

Tabel 2.4 Pemilihan Jenis Baling-Baling

Tipe *Propeller*					Satuan
	B4-40	B4-55	B4-70	B4-85	
Δk	280	270	257	249	
koreksi δk	271.6	261,9	249,29	241,53	
Efisiensi *Propeller* (ηp)	53,4	52,2	49,2	48,5	%
Pitch Ratio (Ho/D)	0,62	0,64	0,74	0,72	
Diameter Optimum	12,93	12,47	11,86	11,50	Feet
	3,944	3,799	3,616	3,501	M
Jari-jari Optimum	1,970	1,900	1,808	1,752	M

Dari diagram Burrill diketahui harga resiko kavitasi dari B4-40, B4-55, B4-70, dan B4-85. Dengan demikian spesifikasi *propeller* yang diperlukan untuk penggerak kapal rancangan ini adalah sebagai berikut:



Gambar 2.1 Diagram Burril

Type propeller berada pada : *B4-40*

- *Diameter propeller* (*D*) : 3,944 m
- *Pitch Ratiopropeller*(*Ho/D*) : 0,62
- *Expanded blade ratio*(*Fa/F*) : 0,4
- *Effisiensi propeller* (η_p) : 53,4%
- Jumlah daun *propeller* (*Z*) : 4

2.8.3 Perencanaan Diameter Poros Baling-Baling

Perencanaan poros *propeller* menurut buku Elemenen Mesin SOELARSO adalah sebagai berikut,

$$Ds = \left[\left(\frac{5,1}{\tau c} \text{ x Kt x Cb x T}\right)\right], \text{ mm}$$

Langkah perhitungan :

- Daya perencanaan (Pd)

  Pd = fc x P

  Dimana fc = faktor koreksi daya yang direncanakan besarnya = 1

  a.fc = 1,2 – 2,0 (Daya Makasimum)

  b. fc = 0,8 – 1,2 (Daya rata-rata)

c. fc = 1,0 – 1,5 (Daya normal)

P = daya motor dalam kw dalam perencanaan ini daya motor adalah sebesar = 3.200 Kw

Pd = 1 x 3.200

= 3.200 Kw

- Torsi (T)

  $T = 9{,}74 \times 10^5 \times (Pd/N)$

  Dimana N adalah putaran poros baling-baling, dalam perencanaan ini putaran poros *propeller* sebesar = 179,629 rpm

  $T = 9{,}74.10^5.(3.200/179{,}629) = 1{,}735 \times 10^7$

- Tegangan yang diijinkan (τa)

$$\tau a = \frac{\sigma b}{(sf_1 x sf_2)}$$

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

Sf1 = 6 (untuk material baja karbon)

Sf2 = 1,3 – 3 , dalam perhitungan ini diambil 1,3

Sehingga :

$$\tau a = \frac{58}{(6\,x1{,}3)} = 7{,}436 \text{ kg/mm}^2$$

K_T = untuk beban kejutan / tumbukan, nilainya antara 1,5 – 3, diambil nilai $K_T = 2$

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

- Diameter poros (Ds)

Ds $= [(5{,}1 x \tau a) x\ Kt\ x\ Cb\ x\ T]^{1/3}$ mm

$= [(5{,}1 x 7{,}436) x\ 1{,}3\ x\ 2{,}3\ x\ 12.234.676{,}384]^{1/3}$ mm

= 292,752 mm

2.8.4 Perencanaan Diameter Poros Baling-Baling

- Diameter boss baling-baling

  Db = 0,167 x Dprop
  = 0,167 x 3.457
  = 577,313 mm

- **Diameter boss baling-baling terkecil (Dba)**

  Dba /Db = 0,85 ≈0,9
  = 0,9

  Dba = 0,9 x 577,313
  = 519,581 mm

- **Diameter boss baling-baling terbesar (Dbf)**

  Dbf /Db = 1,05 ≈ 1,1
  = 0,9

  Dba = 1,1 x 577,313
  = 635,044 mm

- **Panjang boss baling-baling (Lb)**

  Lb/Ds = 1,8 ≈ 2,4
  = 2

  Lb = 2 x Ds
  = 2 x 292,752
  = 585,504 mm

- **Panjang lubang dalam boss baling-baling (Ln)**

  Ln / Lb = 0,3

  Ln = 0,3 x 585,504
  = 175,651 mm

  tb/tr = 0,75 mm

  tb = 0,75 x 155,563
  = 116,672 mm

  rf/tr = 0,75

  rf = 0,75 x 155,563
  = 116,672 mm

  rb/tr = 1

rb = 1 x tr

= 155,63 mm

- **Tebal *Sleeve***

Sleeve atau selubung poros dipakai sebagai perlindungan terhadap adanya korosi

$s \geq 0{,}03\ Ds + 7{,}5$

$\geq (0{,}03 \times 292{,}752) + 7{,}5$

$\geq 16{,}282$

2.8.5 Perencanaan Diameter Poros Baling-baling

- **Kemiringan Konis**

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

Diambil sebesar

1/15 = x / Lb

x = 1/15 x Lb

= 1/15 x 585,504

= 39,034 mm

- **Diameter Terkecil Ujung Konis**

Da = Ds – 2.x

= 292,752 – (2 x 39,034)

= 214,685 mm

- **Diameter Luar Pengikat Boss**

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

dn = 60% x Ds

= 60% x 292,752

= 175,651 mm