BAB II

FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI KECEPATAN KAPAL

II.1 Hambatan Kapal

Kapal yang berlayar diibaratkan seperti sebuah benda yang bergerak melalui media air dan udara, ini berarti bahwa benda itu akan mengalami gaya hambat (*resistance force*) dari media yang dilaluinya. Hambatan-hambatan yang dialami sebuah kapal yang bergerak melalui air dan udara itu dapat diuraikan dibawah ini :

a. Hambatan Gesek (*Frictional Resistance*) = R_F
b. Hambatan Gelombang (*Wave Making Resistance*) = Rw
c. Hambatan Bentuk (*Eddy Making Resistance*) = Rp
d. Hambatan Udara (*Air Resistance*) = R_A
e. Hambatan Tambahan (*Appendage Resistance*) = R_{AA}

1.1. Hambatan Gesek (*Frictional Resistance*) = R_F

Hambatan gesek ini terjadi karena adanya suatu lapisan atau volume air yang melekat pada bagian kapal yang terbentuk pada permukaan bidang basah kapal yang sedang bergerak dan biasa disebut lapisan atas (*boundary layer*). Di dalam 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 lapisan batas tersebut. Perubahan atau variasi kecepatan partikel-partikel zat cair inilah yang mencerminkan adanya

pengaruh insentif gaya-gaya viskositas pada lapisan batas yang menyebabkan timbulnya tahanan gesek pada kapal tersebut.

1.2. Hambatan 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.*

1.3. Hambatan Bentuk (*Pressure Resistance / Eddy Making 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 tahanan bentuk yang dialami oleh kapal yang bergerak maju.

1.4. Hambatan Udara (*Air Resistance*) = R_A

Kapal yang berlayar, bagian atasnya (sebagian lambung dan 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 hambatan-hambatan kapal tersebut, dapat dipergunakan berbagai cara misalnya dengan

percobaan memakai model di *towing tank* atau dengan cara pendekatan. Yang dimaksud dengan cara pendekatan adalah cara perhitungan dengan menggunakan rumus pendekatan.

1.5.Hambatan *Appendage* (*Appendage Resistance*) = R_{AA}

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

1.6.Data-Data Kapal

Dimensi ukuran utama Kapal keruk "Raja Jeumpa I" adalah :

Length Over All	(*LOA*)	= 24,50 m
Length Water Line	(*LWL*)	= 24,05 m
Length Between Perpendicular	(*LPP*)	= 23,00 m
Breadth Moulded	(*B mld*)	= 7,65 m
Height Moulded	(*H mld*)	= 2,53 m
Draft Moulded	(*T mld*)	= 1,80 m
Coefficient Block	(*Cb*)	= 0,789
Coefficient Midship	(*Cm*)	= 1,00
Coefficient Waterline	(*Cw*)	= 0,942
Coefficient Prismatic	(*Cp*)	= 0,789

Displacement	(Δ)	= 268 Ton
Volume Displacement	(∇)	= 249,88 m^3
Speed	(*Vs*)	= 8,00 Knots
Wetted Surface Area	(*WSA*)	= 245,117 m^2
Longitudinal Center of Buoyancy	(*LCB*)	= 0,14 = 0,60 %
Viscocity	(ν)	= 1,139.10^{-6}
Density	(ρ)	= 1000 Kg/m^2
		= 101,93 $Kg.s^2/m^4$

1.7.Perhitungan Hambatan Kapal Pada Kecepatan 8,00 Knots

1. ***Froude Number (Fn)***

$$Fn = \frac{Vs}{\sqrt{g \times L}}$$

dimana :

Vs = Kecepatan kapal (m/dt)

= 8,00 x 0,5144 = 4,115 m/dt

g = Gaya gravitasi (m/dt^2)

= 9,81 m/dt^2

LWL = Panjang garis air kapal (m)

= 24,05 m

maka :

$$Fn = \frac{4{,}115}{\sqrt{9{,}81x24{,}05}}$$

$$= 0{,}268$$

2. Koefisien Hambatan Sisa (C_R)

Untuk menentukan koefisien hambatan sisa kapal rancangan digunakan grafik disesuaikan dengan koefisien prismatik (Cp), $L/\nabla^{1/3}$ [1] dan juga *Fn* dari pada kapal rancangan.

Sebelum menghitung hambatan sisa kita harus mencari nilai $L/\nabla^{1/3}$ dari kapal rancangan :

$$L/\nabla^{1/3} = \frac{LWL}{(\nabla)^{1/3}}$$

Dimana :

LWL = Panjang garis air kapal rancangan

= 24,05 m

∇ = Volume *displacement* kapal rancangan

= 249,88 m^3

Maka :

$$L/\nabla^{1/3} = \frac{24{,}05}{(249{,}88)^{1/3}}$$

[1] *Sv. Aa. Harvald,* halaman 120 s/d 128

$= 3{,}825$

Untuk menentukan $10^3 C_R$ pada $L/\nabla^{1/3} = 3{,}825$ digunakan cara ekstrapolasi, yaitu dengan $L/\nabla^{1/3} = 4{,}00$, $L/\nabla^{1/3} = 4{,}50$ dan, $L/\nabla^{1/3} = 5{,}0$

$L/\nabla^{1/3} = 4{,}00$ $\quad Fn = 0{,}268$ $\quad 10^3 C_R = 7{,}20$ [2]

$L/\nabla^{1/3} = 4{,}50$ $\quad Fn = 0{,}268$ $\quad 10^3 C_R = 5{,}65$ [3]

$L/\nabla^{1/3} = 5{,}00$ $\quad Fn = 0{,}268$ $\quad 10^3 C_R = 5{,}10$ [4]

$L/\nabla^{1/3} = 3{,}825$ $\quad Fn = 0{,}268$ $\quad 10^3 C_R = 8{,}20$

3. Koreksi *B/T*

Standar untuk kurva C_R adalah untuk ratio perbandingan $B/T = 2{,}50$ [5]

$B/T = 7{,}65 / 1{,}80$

$= 4{,}25 > 2{,}5$

Diketahui $B/T = 4{,}25$ dan hasilnya lebih besar dari 2,50 maka harga C_R harus dikoreksi dengan :

$B/T > 2{,}50$, maka koreksi;

$= 0{,}16\ (B/T - 2{,}50)$

---

[2] *Sv. Aa. Harvald,* (Gambar 5.5.6) (hal 120)
[3] *Sv. Aa. Harvald,* (Gambar 5.5.7) (hal 121)

[4] *Sv. Aa. Harvald,* (Gambar 5.5.8) (hal 122)

[5] *Sv. Aa. Harvald,* halaman 119

$= 0{,}16\ (4{,}25 - 2{,}50)$

$= 0{,}28 \cdot 10^{-3}$

4. Koreksi *LCB*

Untuk menentukan koreksi *LCB* dari kapal rancangan digunakan rumus pada buku, yaitu :

$LCB_{standar} = -2{,}500\ \%$

$\Delta\ LCB = LCB - LCB_{standar}$ [6] (*LCB* dalam %)

$= 0{,}600\ \% - 2{,}500\ \%$

$\Delta\ LCB = 3{,}109\ \%$

maka koreksi *LCB* :

$$= \frac{\gamma 10^3 C_R}{\gamma \cdot LCB} |\Delta LCB|$$

$= 0{,}550 \times 3{,}109$

$= -1{,}710.10^{-3}$

5. Koreksi Penampang Bentuk Depan dan Belakang Kapal

Badan depan : ekstrem U ekstrem V

- 0,1 + 0,1

Badan belakang : ekstrem U ekstrem V

[6] *Sv. Aa Harvald,* halaman 130

+ 0,1 - 0,1

Karena kurva tahanan (yang diperoleh dari Gambar 5.5.5 dan 5.5.6 hal. 120 dan 121 dalam buku *Tahanan dan Propulsi Kapal Oleh Sv. Aa. Harvald Terjemahan Ir. Jusuf Sutomo, M.Sc* 1992) dianggap berlaku untuk yang mempunyai bentuk "standar", yaitu penampangnya bukan yang benar-benar berbentuk U ataupun V, maka dalam menghitung daya efektif untuk perancangan ini tidak diperlukan koreksi untuk bentuk penampang badan kapal (koreksi = 0).

6. Koreksi Bentuk Haluan Kapal

Menurut *Sv. Aa. Harvald* pada halaman 131 koreksi bentuk haluan ini harus dipandang sebagai bentuk haluan kuno tanpa gelembung. Untuk kapal rancangan ini tidak menggunakan gelembung (*bulbous bow*) sehingga tidak perlu diadakan koreksi. Koreksi bentuk haluan kapal = 0 (nol).

7. Koreksi Anggota Badan Kapal

Menurut *Sv. Aa. Harvald* pada halaman 132 koreksi yang dilakukan untuk bentuk anggota badan kapal terdiri dari :

- *Boss* baling-baling = 0 % (tidak ada koreksi)
- *Shaft Bracket* = 0 % (tidak ada koreksi)
- Lunas Bilga = 0 % (tidak ada koreksi)
- Daun kemudi = 0 % (tidak ada koreksi)

8. Koefisien Hambatan Sisa Total

Menurut *Sv. Aa. Harvald* dalam buku *Tahanan dan Propulsi Kapal* setelah dilakukannya pengkoreksian terhadap 10^3C_R, maka selanjutnya dilakukan penjumlahan terhadap seluruh komponen 10^3C_R.

Tabel 2.1 Koefisien Hambatan Sisa Total

No.	Komponen C_R	Hasil
1.	Koefisien hambatan sisa (C_R')	8,200
2.	Koreksi B/T	0,280
3.	Koreksi *LCB*	-1,710
4.	Koreksi penampang depan dan belakang kapal	0,000
5.	Koreksi bentuk haluan kapal	0,000
6.	Koreksi anggota badan kapal	0,000
	$\Sigma 10^3C_R$ =	6,770

9. Menentukan *Reynold Number* (*Rn*)

Untuk menentukan *Reynold Number* (*Rn*) dari kapal rancangan digunakan rumus *Reynold* halaman 118, yaitu :

$$10^{-6}Rn = \frac{10^{-6}(VsxLWL)}{\nu}$$

Dimana :

$10^{-6}Rn$ = *Reynold number* kapal rancangan

Vs = Kecepatan kapal rancangan

= 8,00 Knot x 0,5144

$= 4{,}115$ m/s.

LWL = Panjang garis air kapal rancangan

$= 24{,}05$ m

v = Viskositas air tawar

$= 1{,}139.10^{6}$

Maka :

$$10^{-6}Rn = \frac{10^{-6}(4{,}115x24{,}05)}{1{,}139.10^{6}}$$

$= 86{,}893$

10. Koefisen Hambatan Gesek (C_F')

Untuk menentukan C_F didapat dari grafik 5.5.14 buku *Sv. Aa. Harvald* pada halaman 129 yang merupakan grafik *ITTC-57*, grafik tersebut didasarkan pada panjang kapal dan kecepatan kapal rancangan.

$L = 24{,}05$ m $V = 4{,}000$ m/dt^2 $10^3C_F = 2{,}150$

$L = 24{,}05$ m $V = 5{,}000$ m/dt^2 $10^3C_F = 2{,}120$

$L = 24{,}05$ m $V = 4{,}115$ m/dt^2 $10^3C_F =$ .....

$$10^3C_F = 2{,}150 + \left[\frac{4{,}115 - 4{,}000}{5{,}000 - 4{,}000}\right](2{,}120 - 2{,}150)$$

$= 2{,}147$

11. Koreksi Anggota Badan Kapal (C_F)

Koreksi pada anggota badan kapal, digunakan rumus yang terdapat dalam buku *Tahanan dan Propulsi Kapal* oleh *Sv. Aa. Harvald*, yaitu :

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

Dimana :

C_F' = Koefisien hambatan gesek sesungguhnya

C_F = Koefisien hambatan gesek

= 2,147

S = Luas Permukaan bidang basah badan kapal

= 245,117 m^2

S' = Luas permukaan bidang basah kapal dan anggota badan kapal

= 218,734 m^2

maka :

$$C_F' = 2{,}147 \times \frac{245{,}117}{218{,}734}$$

= 2,404

12. Koefisien Tambahan (C_A)

Untuk menentukan ΔC_F diambil dari tabel 5.5.23 pada buku *Sv. Aa. Harvald* halaman 132 yang didasarkan pada panjang kapal

Untuk $L \leq 100$ m $\quad 10^3 C_A = 0{,}4$

$C_A = 0{,}4 \times 10^{-3}$

13. Koefisien Hambatan Udara (C_{AA})

Menurut *Sv. Aa. Harvald* dalam buku *Tahanan dan Propulsi Kapal* halaman 132 (5.5.26) jika data mengenai angin tidak diketahui dalam perancangan maka koefisien hambatan udaranya adalah :

$10^3 C_{AA} = 0{,}07$ (untuk hambatan udara)

14. Koefisien Hambatan Kemudi (C_{AS})

Menurut *Sv. Aa. Harvald* dalam buku *Tahanan dan Propulsi Kapal* halaman 132 (5.5.27) koreksi yang digunakan untuk hambatan kemudi, yaitu :

$10^3 C_{AS} = 0{,}04$ (untuk hambatan kemudi)

15. Koefisien Hambatan Total (C_T')

Menurut *Sv. Aa. Harvald* dalam buku *Tahanan dan Propulsi Kapal* koefisien hambatan total adalah penjumlahan dari koefisien-koefisien yang berpengaruh pada kapal.

Koefisien-koefisien yang mempengaruhi dari koefisien hambatan total tersebut adalah :

Tabel 2.2 Koefisien Hambatan Total

No.	Komponen C_R	Hasil

1.	Koefisien hambatan sisa (10^3C_R)	6,770
2.	Koefisien hambatan gesek (10^3C_F)	2,147
3.	Koefisien hambatan Appendage (10^3C_A)	0,400
4.	Koefisien hambatan udara (10^3C_{AA})	0,070
5.	Koefisen hambatan kemudi (10^3C_{AS})	0,040
	$\Sigma 10^{-3}C_T$ =	9,427

16. Hambatan Total (R_T')

Dalam buku *Sv. Aa. Harvald Tahanan dan Propulsi Kapal* halaman 133 (5.5.29) bahwa hambatan total adalah :

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

Dimana :

R_T' = Hambatan total kapal rancangan

C_T' = Koefisien hambatan total

= $9{,}427.10^{-3}$

ρ = Massa jenis air tawar

= 101,93 $Kg.s^2/m^4$

WSA = *Wetted surface area* kapal rancangan

= 245,117 m^2

Vs = Kecepatan kapal rancangan

= 8,00 Knot x 0,5144

= 4,115 m/s

Maka :

R_T' = $9{,}427.10^{-3}$ (1/2 x101,93 x $4{,}115^2$ x 245,117)

= 2048,546 Kg

= 20089,476 N

17. Efektif Horse Power (EHP)

Untuk menentukan E*fektif Horse Power* (*EHP*) kapal rancangan digunakan rumus yang terdapat dalam buku *Propulsi Kapal* (*Ship Propulsion*) oleh *Ir. Teguh Sastrodiwongso, MSE* pada halaman 25, yaitu :

$$EHP = \frac{Vs \times R_T}{75}$$

Dimana :

EHP = *Efektif horse power* kapal rancangan

Vs = Kecepatan kapal rancangan

= 8,00 Knot x 0,5144

= 4,115 m/s

R_T = Hambatan total kapal rancangan

= 2048,546 Kg

Maka :

$$EHP = \frac{4{,}115 \times 2048{,}546}{75}$$

$$= 112{,}402\ HP$$

18. Shaft Horse Power (*SHP*)

Untuk menentukan *Shaft Horse Power* (*SHP*) kapal rancangan digunakan rumus seperti di bawah ini, yaitu :

$$SHP = \frac{1}{PC} \times EHP$$

Dimana :

SHP = *Shaft Horse Power* kapal rancangan

PC = *Propulsive Coefficient*

$= \eta_H \, x \, \eta_{po}$

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

W = -0,05 + (0,50 x *Cb*)

= -0,05 + (0,50 x 0,789)

= 0,345

Faktor pengisapan (t) menurut *Schoenherr* untuk kapal berbaling-baling tunggal (*single screw*) :

t = k x w dimana k = 0,70 ~ 0,90

= 0,70 x 0,345

= 0,241

Efisiensi lambung kapal (η_H) :

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

$$= \frac{1-0,241}{1-0,345}$$

= 1,158

η_H = Efisiensi lambung kapal

= 1,158

ηp = Efisiensi baling-baling dari percobaan model = 0,50 ~ 0,65

= 0,54

$PC = \eta_H x\ \eta_p$

= 1,158 x 0,54

= 0,625

$$SHP = \frac{1}{0,625} \times 112,402$$

$$= 179,804\ HP$$

19. Brake Horse Power (BHP)

Koreksi pemakaian *Gear Box* η_r = 3 %

Koreksi letak kamar mesin η_{rm} = 3 %

Kelonggaran dinas (*sea margin*) = 15% ~ 20%

NCR = (100 + 15 + 3 + 3) % x SHP

= (100 + 15 + 3 + 3) % x 179,804 HP

= 217,562 HP

= 160,126 kW

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 = Cummins Engine
- Tipe = Diamond Engines Bseries 4B-250
- Daya = 250 HP / 179 KW
- Cycle = 4
- Cylinder = 4
- Bore x Stroke = 102 mm x 120 mm
- Speed = 3000 Rpm

- SPOC = 49,3 L/HP/jam
- P x L x T = 773,6 mm x 829 mm x 773,4 mm

Dengan menggunakan mesin induk diatas maka kecepatan kapal yang dicapai adalah sebesar 8,65 *knot*

II.2 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 :

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

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*)

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

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

Karena memakai *Bp-δ* diagram maka dilakukan koreksi *Scale effect* untuk *N* sebesar 2%

Rpm = Putaran mesin utama kapal rancangan

= 3000 rpm

Reduction gear yang dipilih 1 : 6,95

Nbaling-baling$= \frac{3000}{6,95}$

= 431 *rpm*

N_K = 0,98 x 431 (koreksi *scale effect* 2 %)

= 422,3 *rpm.*

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga N = 422,3 *rpm.*

2. *Shaft Horse Power (SHP)*

Untuk menentukan *Shaft Horse Power* (*SHP*) digunakan beberapa koreksi, yaitu:

- Koreksi 3% untuk *gear box*

- Koreksi 3 % untuk letak kamar mesin dibelakang

- Koreksi *HP* Metric ke *HPBritish* $= \frac{75}{76}$

- Koreksi *density* dari air tawar ke air laut $= \frac{1.000}{1.025}$

Maka :

$$SHP = (250 - (3 + 3 + 15)\%) \times \frac{75}{76} \times \frac{1.000}{1.025}$$

$$= (250 - (21)\%) \times \frac{75}{76} \times \frac{1.000}{1.025}$$

$= 50{,}54\ HP.$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga SHP = 50,54 *HP*.

3. *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*

= 0,345

Vs = Kecepatan kapal rancangan.

= 8,65 *knot*

Maka :

Va = 8,65 (1 – 0,345)

= 5,66 *Knot*.

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga *Va* = 5,66 *Knot*

Maka :

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

$$= \frac{422,3 \times \sqrt{50,54}}{5,66^{2.5}}$$

$$= 39,39$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga *Bp* = 39,39

4. Diameter Optimum (Do)

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.*

= 5,66 knot.

N_K = Koreksi Putaran baling-baling

= 422,3 *rpm.*

Maka *Diameter Optimumnya* (*Do*) adalah :

- **Untuk *B4-40***

Untuk menentukan harga δ dari $Bp = 39{,}39$ maka dapat diperoleh dari *Bp-δ* diagram pada buku *Principles of Naval Architecture* halaman 414-415 :

δ = 220,95

Koreksi dari Open Condition menjadi Behind Condition sebesar 5%

δ = 209,90

Hasil dari diagram Bp-δ diagram :

ηp (efisiensi *propeller*) = 61,40%

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

Maka :

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

$$Do = \frac{209{,}90 \times 5{,}66}{422{,}3} = 2{,}81 \text{ } \textit{feet} \text{ dijadikan m} = \text{x } 0{,}3048$$

= 0,85 m

- **Untuk *B4-55***

Untuk menentukan harga δ dari $Bp = 39{,}39$ maka dapat diperoleh dari *Bp-δ* diagram pada buku *Principles of Naval Architecture* halaman 414-415 :

δ = 216

Koreksi dari Open Condition menjadi Behind Condition sebesar 5%

δ = 205,2

Hasil dari diagram Bp-δ diagram :

ηp (efisiensi propeller) = 59,80 %

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

Maka :

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

$$Do = \frac{205,2 \times 5,66}{422,3} = 2,75 \text{ } feet \text{ dijadikan m} = \text{x } 0,3048$$

= 0,83 m

- **Untuk *B4-70***

Untuk menentukan harga δ dari Bp = 39,39 maka dapat diperoleh dari *Bp-δ* diagram pada buku *Principles of Naval Architecture* halaman 414-415 :

δ = 209

Koreksi dari Open Condition menjadi Behind Condition sebesar 5%

δ = 198,55

Hasil dari diagramBp-δ diagram :

ηp (efisiensi *propeller*) = 57,6 %

Ho/D (*Pitch ratio*) = 0,82

Maka :

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

$$Do = \frac{198,55 \times 5,66}{422,3} = 2,66 \text{ } feet \text{ dijadikan m = x } 0,3048$$

= 0,81 m

- **Untuk *B4-85***

Untuk menentukan harga δ dari Bp = 39,39 maka dapat diperoleh dari *Bp-δ* diagram pada buku *Principles of Naval Architecture* halaman 414-415 :

δ = 208

Koreksi dari Open Condition menjadi Behind Condition sebesar 5%

δ = 197,6

Hasil dari diagramBp-δ diagram :

ηp (efisiensi *propeller*) = 57,2 %

Ho/D (*Pitch ratio*) = 0,82

Maka :

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

$$Do = \frac{197,6 \times 5,66}{422,3} = 2,64 \text{ } feet \text{ dijadikan m} = \text{x } 0,3048$$

$$= 0,80 \text{ m}$$

Untuk perencanaan baling-baling ini menggunakan perbandingan dari beberapa jenis *propeller* tipe B, yaitu B4-40, B4-55, B4-70 dan B4-85. Dari grafik Bp-δ diagram itu didapatkan untuk harga Bp = 39,39 adalah sebagai berikut :

Tabel 2.3, Data baling-baling

No	*Item*	*D*	*H/D*	η_p
1	*B4-40*	0,85	0,72	61,40%
2	*B4-55*	0,83	0,74	59,80%
3	*B4-70*	0,81	0,82	57,60%
4	*B4-85*	0,80	0,82	57,20%

2.2. 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*).

2.3. Konstanta Kavitasi

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

$$\sigma_{0,7} = \frac{(Po - e) - (0{,}7R \times \gamma)}{1/2.\rho \cdot \underbrace{(Va^2 + (2\pi.0{,}7R.n)^2}_{V^2}}$$

Dimana :

Po = Beda tekanan statik pada sumbu *propeller*.

ρ = Kerapatan air tawar.

= 101,9 Kg.det^2/m^4.

Va = *Advance Speed* dari *propeller*.

= 5,66 Knot.

n = Koreksi putaran baling-baling perdetik

= 7,03 *Rps*.

Maka :

Beda Tekanan statik pada sumbu poros baling-baling (Po) adalah :

a. Sarat air kapal (*Draft*) T = 1,80 m

b. Tinggi sumbu poros baling-baling garis dasar kapal h_1 = 0,50 m –

= 1,30 m

c. Tinggi Gelombang (3/4 % *Lpp*) h_2 = 0,17 m +

Water head diatas garis/sumbu poros baling-baling = 1,47 m

d. Tekanan hydrostatis pada garis/sumbu poros

baling-baling di air tawar (1,47 m x 1000 kg/m^3) = 1470 kg/m^2

e. (tekanan atmosfer) – (*vapour pressure* = *e*) = 10100 kg/m^2 +

(Tekanan statis digaris sumbu poros baling-baling) – (*e*) = 11570 kg/m^2

Dari perhitungan ditetapkan harga $Po\text{-}e$ = 11570 kg/m^2.

Maka konstanta kavitasinya adalah :

- **Untuk *B4-40***

$$\sigma_{0,7} = \frac{11570 - (0,7 \times 0,425 \times 1000)}{0,5 \times 101,9\left(5,66^2 + (2 \times 3,14 \times 0,7 \times 0,425 \times 7,03)^2\right)}$$

$$= 1,08$$

- **Untuk *B4-55***

$$\sigma_{0,7} = \frac{11570 - (0,7 \times 0,415 \times 1000)}{0,5 \times 101,9\left(5,66^2 + (2 \times 3,14 \times 0,7 \times 0,415 \times 7,03)^2\right)}$$

$$= 0,88$$

- **Untuk *B4-70***

$$\sigma_{0,7} = \frac{11570 - (0,7 \times 0,405 \times 1000)}{0,5 \times 101,9\left(5,66^2 + (2 \times 3,14 \times 0,7 \times 0,405 \times 7,03)^2\right)}$$

$$= 1,17$$

- **Untuk *B4-85***

$$\sigma_{0,7} = \frac{11570 - (0,7 \times 0,40 \times 1000)}{0,5 \times 101,9\left(5,66^2 + (2 \times 3,14 \times 0,7 \times 0,40 \times 7,03)^2\right)}$$

$$= 1,19$$

2.4. Koefisien Gaya Dorong (τ)

Untuk menentukan koefisien gaya dorong ini digunakan rumus sebagai berikut :

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

Dimana :

a. 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* = 50,54 *HP.*

η_P = *Propulsive Efficiency.*

Va = *Advance speed of propeller.*= 5,66 *knot*

Maka :

- **Untuk *B4-40* dan η_P = 61,40%**

$$T = \frac{50,54 \times 0,614 \times 75}{5,66}$$

$$= 411,19 \text{ kg}$$

- **Untuk *B4-55* dan η_P = 59,80%**

$$T = \frac{50,54 \times 0,598 \times 75}{5,66}$$

$$= 400,48 \text{ kg}$$

- **Untuk *B4-70* dan η_P = 57,60%**

$$T = \frac{50,54 \times 0,576 \times 75}{5,66}$$

$$= 385,74 \text{ kg}$$

- **Untuk *B4-85* dan $\eta_P = 57{,}20\%$**

$$T = \frac{50{,}54 \times 0{,}572 \times 75}{5{,}66}$$

$$= 383{,}06 \text{ kg}$$

b. 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*)

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

$$= \frac{3{,}14}{4} \text{ x } (0{,}85)^2$$

$$= 0{,}56 \text{ m}^2$$

Expanded Blade Area (*Fa*)

$$Fa = 0{,}40 \text{ x } 0{,}56 = 0{,}22 \text{ m}^2$$

Jadi :

Fp $= (1{,}067 - (\ 0{,}229 \times 0{,}82\ )) \times 0{,}22$

$= 0{,}19\ m^2$

- **Untuk *B4-55***

Expanded Blade Ratio

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

Disc Area of The Screw (F)

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

$$= \frac{3{,}14}{4} \times (0{,}83)^2$$

$$= 0{,}54\ m^2$$

Expanded Blade Area (Fa)

Fa $= 0{,}55 \times 0{,}54 = 0{,}29\ m^2$

Jadi :

Fp $= (1{,}067 - (\ 0{,}229 \times 0{,}74)) \times 0{,}29$

$= 0{,}26\ m^2$

- **Untuk *B4-70***

Expanded Blade Ratio

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

Disc Area of The Screw (F)

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

$$= \frac{3,14}{4} \text{ x } (0,81)^2$$

$$= 0,51 \text{ m}^2$$

Expanded Blade Area (Fa)

$$Fa = 0,70 \text{ x } 0,51 = 0,35 \text{ m}^2$$

Jadi :

$$Fp = (1,067 - (\, 0,229 \text{ x } 0,82)) \text{ x } 0,35$$

$$= 0,30 \text{ m}^2$$

- **Untuk *B4-85***

Expanded Blade Ratio

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

Disc Area of The Screw (F)

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

$$= \frac{3,14}{4} \text{ x } (0,80)^2$$

$$= 0,50 \text{ m}^2$$

Expanded Blade Area (Fa)

$$Fa \quad = 0,85 \text{ x } 0,50 = 0,42 \text{ m}^2$$

Jadi:

$$Fp \quad = (1,067 - (0,229 \text{ x } 0,82)) \text{ x } 0,42$$

$$= 0,36 \text{ m}^2$$

Maka koefisien gaya dorongnya (τ) adalah :

- **Untuk *B4-40***

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

$$\tau = \frac{411,19}{0,5 \times 101,39 \times 0,19(2 \times 3,14 \times 0,7 \times 0,425 \times 7,03)^2)}$$

$$= 0,24$$

- **Untuk *B4-55***

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

$$\tau = \frac{400,48}{0,5 \times 101,39 \times 0,26(2 \times 3,14 \times 0,7 \times 0,415 \times 7,03)^2)}$$

$$= 0,18$$

- **Untuk *B4-70***

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

$$\tau = \frac{385{,}74}{0{,}5 \times 101{,}39 \times 0{,}30(2 \times 3{,}14 \times 0{,}7 \times 0{,}40 \times 7{,}03)^2)}$$

$$= 0{,}16$$

- **Untuk *B4-85***

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

$$\tau = \frac{383{,}06}{0{,}5 \times 101{,}39 \times 0{,}36(2 \times 3{,}14 \times 0{,}7 \times 0{,}40 \times 7{,}03)^2)}$$

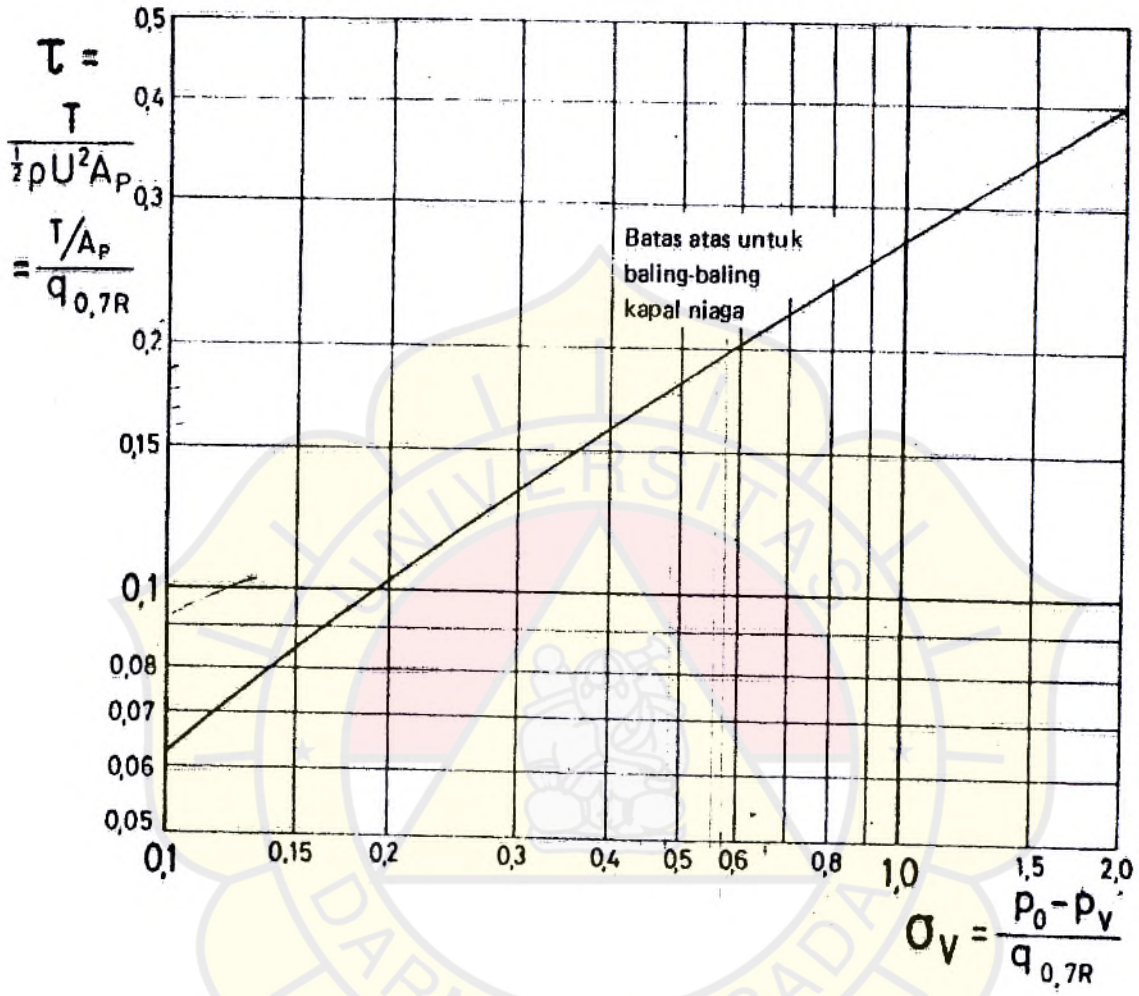
$$= 0{,}13$$

2.5. 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 2.4 Perhitungan Kavitasi

	$\sigma_{0,7}$	τ	F_p/F_a	F_a/F	F	F_a	Fp
B4-40	1,08	0,24	0,86	0,40	0,56	0,22	0,19
B4-55	0,88	0,18	0,89	0,55	0,54	0,29	0,26
B4-70	1,17	0,16	0,85	0,70	0,51	0,35	0,30
B4-85	1,19	0,13	0,85	0,85	0,50	0,42	0,36



Gambar 2.1 Prediksi Resiko kavitasi dengan Diagram Burrill

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:

- *Type propeller* berada pada : *B4-55*
- *Diameter propeller* (*D*) : 0,83 m
- *Pitch Ratio propeller* (*Ho/D*) : 0,74

- *Expanded blade ratio* (*Fa/F*) : 0,55

- *Efisiensi propeller* (η_p) : 59,80%

- Jumlah daun *propeller* (*Z*) : 4