

BAB II

PERHITUNGAN DAYA MESIN MOTOR INDUK DAN BALING-BALING KAPAL

Tujuan dari pemilihan motor penggerak utama kapal adalah menentukan jenis serta type dari motor penggerak utama kapal yang sesuai dengan kebutuhan kapal. Kebutuhan ini didasarkan dari besarnya tahanan kapal yang diakibatkan oleh beberapa faktor diantaranya dimensi utama kapal serta kecepatan dan rute kapal yang diinginkan. Langkah – langkah dalam pemilihan motor penggerak utama kapal antara lain :

1. Menghitung besarnya tahanan kapal.
2. Menghitung besarnya kebutuhan daya motor penggerak utama kapal.
3. Menentukan jenis dan type dari motor penggerak utama kapal.

2.1 Dasar Teori Hambatan

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 :

- Hambatan Gesek (*Frictional Resistance*) = R_F
- Hambatan Gelombang (*Wave Making Resistance*) = R_w
- Hambatan Bentuk (*Eddy Making Resistance*) = R_p
- Hambatan Udara (*Air Resistance*) = R_A
- Hambatan Tambahan (*Appendage Resistance*) = R_{AA}
- Hambatan *Bow Thruster* (*Bow Thruster Resistance*) = R_{BT}

a. 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.

b. Hambatan Gelombang (*Wave Making Resistance*) = R_w

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 kiridan kanan lambung kapal serta gelombang buritan.

c. Hambatan Bentuk (*Pressure Resistance / Eddy Making 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 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.

d. 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.

e. 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.

Dalam tugas merancang kapal ini, perhitungan hambatan yang digunakan adalah perhitungan yang terdapat dalam buku *Sv. Aa. Harvald terjemahan Sutomo Jusuf* (1992:95 - 134).

2.1.1. Diagram Gulddhammer dan Harvald

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

$$R = C_T \times (1/2 \times \rho \times V^2 \times S) \quad (\text{N})$$

$$P_E = R \times V_S \quad (\text{kW})$$

Dalam hal ini koefisien hambatan totalnya adalah :

$$C_T = C_R + C_F + C_A$$

Dimana :

C_R = Koefisien hambatan sisa untuk bentuk kapal standar, dapat diambil dari diagram $L/\nabla^{1/3}$

C_F = Koefisien hambatan gesek dan dapat dihitung dengan memakai ITTC 1957:

$$C_F = \frac{0,075}{(\log_{10} Rn - 2)^2}$$

Rumus ITTC 1957 untuk harga C_f tersebut sampai sekarang ini belum ada perubahan sehingga masih dipakai di tangki percobaan maupun perhitungan daya efektif yang dibutuhkan dalam perancangan kapal

- **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 masih agak meragukan dan semua kepustakaan yang ada menunjukkan pendapat yang berbeda-beda sehingga memberikan 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 Oleh Sv. Aa. Harvald Terjemahan Ir. Jusuf Sutomo, M.Sc(1992 Hal. 130)*.

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 :

$$10^3 C_R = 10^3 C_{R(standar)} + \frac{\partial 10^3 C_R}{\partial LCB} |\Delta LCB|$$

- **Koreksi B/T**

Karena diagram tersebut dibuat berdasarkan ratio lebar-sarat $B/T = 2,5$ maka harga C_R untuk kapal yang mempunyai ratio lebar-sarat lebih besar atau lebih kecil daripada harga tersebut harus dikoreksi.

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

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

Hasil koreksi ini dapat mempunyai harga yang negatif atau positif.

- **Koreksi Bentuk Penampang Melintang**

Sebagaimana disebutkan sebelumnya, kurva hambatan yang diperoleh berdasarkan diagram $L/V^{1/3}$ dan *ITTC-57* dalam buku *Tahanan dan Propulsi Kapal Oleh Sv. Aa. Harvald Terjemahan Ir. Jusuf Sutomo, M.Sc(1992 Hal. 120 - 129)* dianggap berlaku untuk kapal yang mempunyai bentuk "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 ekstrem maka untuk harga $10^3 C_R$ dapat dikoreksi sebagai mana berikut :

Badan depan	Ekstrem U	ekstrem V
	- 0,1	+ 0,1
Badan belakang	Ekstrem U	ekstrem V
	+ 0,1	- 0,1

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

- **Koreksi Hambatan Tambahan**

Pemberian koreksi pada C_A 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	$L \leq 100$ m,	$10^3 C_A = 0,40$
	$L = 150$ m	$10^3 C_A = 0,20$
	$L = 200$ m	$10^3 C_A = 0$
	$L = 250$ m	$10^3 C_A = -0,20$
	$L \geq 300$ m	$10^3 C_A = -0,30$

- **Koreksi Hambatan Udara dan Kemudi**

Koreksi hambatan udara	$= 10^3 C_{AA} = 0,07$
Koreksi hambatan kemudi	$= 10^3 C_{AS} = 0,04$

- **Koreksi Pelayaran Dinas (*Sea Margin*)**

Hambatan dan daya efektif yang dihitung dengan memakai diagram yang diberikan di sini 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 Atlantik Utara, ke Barat, untuk musim panas 20 % dan musim dingin 30 %.
- Jalur pelayaran Pasifik, 15 - 30 %.
- Jalur pelayaran Atlantik Selatan dan Australia, 12 - 18 %.
- Jalur pelayaran Asia Timur, 15 - 20 %.

Untuk kapal rancangan akan melewati jalur pelayaran Asia Timur.

2.2 Perhitungan Daya Mesin Motor Induk

Tahanan (resistance) kapal pada suatu kecepatan adalah gaya fluida yang bekerja pada kapal sedemikian rupa hingga melawan gerakan kapal tersebut. Tahanan tersebut sama dengan komponen gaya fluida yang bekerja sejajar dengan sumbu gerakan kapal.

Pada perhitungan tahanan, ditentukan terlebih dahulu koefisien masing-masing tahanan yang dapat diperoleh dari diagram-diagram dan tabel-tabel. Pada perhitungan digunakan pedoman pada buku *Tahanan dan Propulsi Kapal (Sv. Harvald)*. Data-data ukuran utama kapal diambil dari **Rencana Garis (Lines plan)** dan **Rencana Umum (General Arrangement)**.

Pada perhitungan untuk mencari tahanan kapal dipakai data-data ukuran utama kapal, rumus-rumus perhitungan, tabel, dan diagram. Metode perhitungan yang digunakan adalah metode Gulddhammer-Harvald.

2.2.1 Data-data Kapal Rancangan

1. Nama : KM. One There'z Wizard
2. Tipe : General Cargo
3. Dimensi :
 - a. *Length Over All* (LOA) = 62,50 m
 - b. *Length Water Line* (LWL) = 56,96 m
 - c. *Length Between Perpendicular* (LPP) = 55,40 m
 - d. *Breadth Moulded* (B mld) = 9,60 m
 - e. *Height Moulded* (H mld) = 4,90 m
 - f. *Draft Moulded* (T mld) = 3,44 m
 - g. *Coefficient Block* (Cb) = 0,72
 - h. *Coefficient Midship* (Cm) = 0,99
 - i. *Coefficient Waterline* (Cw) = 0,804
 - j. *Coefficient Prismatic* (Cp) = 0,73
 - k. *Speed* (Vs) = 11,00 Knots
 - l. *Wetted Surface Area* (WSA) = 731,3 m²
 - m. *Viscosity* (v) = 0,9425.10⁻⁶
 - n. *Density* (ρ) = 1.025 Kg/m³
4. Rute Pelayaran : Surabaya – P.Selayar – Makasar (595 mil)

2.2.2 Perhitungan Koefisien-koefisien Kapal

- Volume Displacement

$$\begin{aligned}\nabla &= Lwl \times B \times T \times Cb \\ &= 56,96 \times 9,60 \times 3,44 \times 0,72 \\ &= 1354,35 \text{ m}^3\end{aligned}$$

(Handout mata kuliah Teori Bangunan Kapal)

- Berat Displacement :

$$\begin{aligned}\Delta &= Lwl \times B \times T \times Cb \times \rho \\ &= 56,96 \times 9,60 \times 3,44 \times 0,72 \times 1,025 \\ &= 1388,2 \text{ ton}\end{aligned}$$

(Handout mata kuliah Teori Bangunan Kapal)

- Midship Area Coefisient (Cm)

Acc Sabit series 60 dalam harvald poehls 1979

$$\begin{aligned}Cm &= 0,93 + 0,08 \times Cb \\ &= 0,93 + 0,08 \times 0,72 \\ &= 0,99\end{aligned}$$

- Luasan Midship (Am)

$$\begin{aligned}Am &= B \times T \times Cm \\ &= 9,60 \times 3,44 \times 0,99 \\ &= 32,69 \text{ m}^2\end{aligned}$$

- Coefisient Prismatic (Cp)

$$\begin{aligned}Cp &= Cb / Cm \\ &= 0,72 / 0,99 \\ &= 0,73\end{aligned}$$

- Coefisient of Water Line (Cw)

$$\begin{aligned}Cw &= (0,70 \times Cb) + 0,30 \\ &= (0,70 \times 0,72) + 0,30 \\ &= 0,804\end{aligned}$$

- Luas garis air (Awl)

$$\begin{aligned}Awl &= Lwl \times B \times Cw \\ &= 56,96 \times 9,60 \times 0,804 \\ &= 439,64 \text{ m}^2\end{aligned}$$

- Rumus pendekatan menghitung luas permukaan basah ($WSA=S$)

Luas Permukaan Basah Lap (NSMB):

$$\begin{aligned} S &= (3,4\nabla^{1/3} + 0,5 LWL) \nabla^{1/3} \\ &= [(3,4 \times (1354,35)^{1/3}) + (0,5 \times 56,96)] \times (1354,35)^{1/3} \\ &= 731,3 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

(iMarE Hambatan Kapal dan Daya mesin penggerak, hal.64)

2.2.3. Perhitungan Hambatan Kapal Pada Kecepatan 11 Knots

1. Froude Number (F_n)

$$F_n = \frac{V_s}{\sqrt{g \times LWL}}$$

dimana :

$$\begin{aligned} V_s &= \text{Kecepatan kapal (m/dt)} \\ &= 11,00 \times 0,5144 = 5,658 \text{ m/dt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} g &= \text{Gaya gravitasi (m/dt}^2\text{)} \\ &= 9,81 \text{ m/dt}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} LWL &= \text{Panjang garis air kapal (m)} \\ &= 56,96 \text{ m} \end{aligned}$$

maka :

$$\begin{aligned} F_n &= \frac{5,658}{\sqrt{9,81 \times 56,96}} \\ &= 0,239 \end{aligned}$$

2. Koefisien Hambatan Sisa (C_R)

Untuk menentukan koefisien hambatan sisa kapal rancangan digunakan grafik pada buku *Sv. Aa. Harvald* halaman 120 s/d 128 atau buku *Teguh Sastrodiwongso* ImarE Hambatan kapal dan Daya Mesin Penggerak halaman 100 s/d 108 yang disesuaikan dengan koefisien prismatik (C_p), $L/\nabla^{1/3}$ dan juga F_n dari pada kapal rancangan. Sebelum menghitung hambatan sisa kita harus mencari nilai $L/\nabla^{1/3}$ dari kapal rancangan yaitu :

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

Dimana :

LWL = Panjang garis air kapal rancangan
= 56,96 m

∇ = Volume *displacement* kapal rancangan
= 1354,35 m

Maka :

$$L/\nabla^{1/3} = 5,148 = 5,15$$

Untuk menentukan $10^3 C_R$ pada $L/\nabla^{1/3} = 5,15$ digunakan cara interpolasi, yaitu dengan $L/\nabla^{1/3} = 5,00$ dan $L/\nabla^{1/3} = 5,50$.

$$L/\nabla^{1/3} = 5,00 \quad Fn = 0,239 \quad 10^3 C_R = 1,90 \quad (\text{Grafik 9.9.3 IMarE})$$

$$L/\nabla^{1/3} = 5,50 \quad Fn = 0,239 \quad 10^3 C_R = 1,60 \quad (\text{Grafik 9.9.4 IMarE})$$

$$L/\nabla^{1/3} = 5,15 \quad Fn = 0,239 \quad 10^3 C_R = \dots\dots\dots$$

$$10^3 C_R = 1,90 + \left[\frac{5,15 - 5,00}{5,50 - 5,00} \right] (1,60 - 1,90)$$
$$= 1,810$$

$$C_R = 1,810 \cdot 10^{-3}$$

3. Koreksi-koreksi

a. Koreksi B/T

Pada buku *Sv. Aa. Harvald* halaman 119 dinyatakan harga C_R untuk kapal yang mempunyai rasio lebar sarat kapal lebih besar atau lebih kecil $B/T = 2,50$ harus dikoreksi dengan rumus berikut :

$$10^3 C_R = 10^3 C_{R(B/T=2,5)} + \underbrace{0,16(B/T - 2,5)}_{\text{koreksi}}$$

Harga koreksi tersebut dapat positif dan negative.

$$B/T = 9,60/3,44$$
$$= 2,7907$$

Diketahui $B/T = 4,14$ dan hasilnya lebih besar dari 2,50 maka harga C_R harus dikoreksi dengan :

$$B/T > 2,50, \text{ maka koreksi;}$$
$$= 0,16 (B/T - 2,50)$$
$$= 0,16 (2,79 - 2,50)$$
$$= 0,0465 \cdot 10^{-3}$$

b. Koreksi LCB

Bilamana LCB kapal rancangan berbeda dengan harga $LCB_{standar}$, maka pertambahan besarnya hambatan kapal didapatkan dengan cara mengalikan harga deviasi LCB dari harga standarnya. Jadi, bagi kapal rancangan dengan lokasi LCB didepan $LCB_{standar}$ harga C_R dikoreksi menjadi :

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

Dimana :

$$\diamond \Delta LCB = LCB_{kapal\ rancangan} - LCB_{standar}$$

$$lcb = - 0,634 \text{ (dilihat dr hidrostatik)}$$

$$\begin{aligned} > LCB_{kapal\ rancangan} &= \frac{lcb \times 100\%}{LWL} \\ &= \frac{- 0,634 \times 100\%}{56,96} \\ &= (-) 1,113\% \end{aligned}$$

> $LCB_{standar}$ untuk $F_n = 0,261$ dilihat dari grafik standar LCB Guldhammer & Harvald pada buku IMarE Hambatan kapal dan Daya mesin penggerak hal.95 yaitu : $LCB_{standar} = (-) 1,2\%$

$$\begin{aligned} \diamond \text{ Maka : } \Delta LCB &= LCB_{kapal\ rancangan} - LCB_{standar} \\ &= (-)1,113\% - (-) 1,2\% \\ &= 0,087\% \end{aligned}$$

Jadi, Koreksi LCB :

$$\begin{aligned} 10^3 C_R &= \frac{\partial 10^3 C_R}{\partial LCB} |\Delta LCB| \rightarrow \frac{\partial 10^3 C_R}{\partial LCB} = 0,25 \text{ (Grafik 5.5.16)} \\ &= 0,25 \times |-0,087| \\ &= 0,022 \\ C_R &= 0,022 \cdot 10^{-3} \end{aligned}$$

c. Koreksi Penampang Bentuk Depan dan Belakang Kapal

Badan depan	: ekstrem U	ekstrem V
	- 0,1	+ 0,1
Badan belakang	: ekstrem U	ekstrem V
	+ 0,1	- 0,1

Karena kurva tahanan (dari Gambar 5.5.7 dan 5.5.8 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).

d. Koreksi Bentuk Haluan

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).

4. Koefisien Hambatan Sisa Total (C_{Rtotal})

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

No.	Komponen C_R	Hasil
1.	Koefisien hambatan sisa (C_R')	1,810
2.	Koreksi B/T	0,0465
3.	Koreksi LCB	0,022
4.	Koreksi penampang depan dan belakang kapal	0,00
5.	Koreksi bentuk haluan kapal	0,00
	$\Sigma 10^3 C_R =$	1,878
	$C_R =$	$1,878 \cdot 10^{-3}$

5. Reynold Number (Rn)

$$Rn = \frac{vs \times Lwl}{\nu_k}$$

(Edwar V. Lewis. *Principles of Naval Architecture*. Hal 58)

Dimana :

$$\begin{aligned} \diamond V_s &= \text{Kecepatan kapal rancangan} \\ &= 11,00 \text{ Knot} \times 0,5144 \\ &= 5,658 \text{ m/s.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \diamond LWL &= \text{Panjang garis air kapal rancangan} \\ &= 56,12 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\diamond \text{Air laut pada suhu } 25^\circ\text{C}$$

$$\nu_k = \text{Koefisien Viskositas kinematik} (= 0,9425 \text{ CST} = 0,9425 \text{ m}^2/\text{s})$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga : } Rn &= \frac{5,658 \times 56,96}{0,9425 \cdot 10^{-6}} \\ &= 341,941 \times 10^6 \end{aligned}$$

6. Tahanan Gesek (Cf) ITTC 1957

$$\begin{aligned} C_f &= \frac{0,075}{(\log Rn - 2)^2} \\ &= \frac{0,075}{(\log 341,941 \times 10^6 - 2)^2} \\ &= 1,757 \times 10^{-3} \end{aligned}$$

(Harvald 5.5.31, *Tahan dan Propulsi Kapal*, hal 118)

7. Koefisien Tambahan (ΔC_f)

Untuk koreksi adanya pengaruh skala dan kekasaran permukaan, menurut Guldhamer-Harvald perlu tambahan *Incremental Resistance Coefficient* yg didasarkan pada panjang kapal :

$$\begin{aligned} \text{Untuk } L \leq 100 \text{ m} \quad 10^3 C_A &= 10^3 \Delta C_f = 0,4 \\ C_A &= \Delta C_f = 0,4 \times 10^{-3} \end{aligned}$$

8. 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 :

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

9. 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 :

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

10. 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 :

No.	Komponen C_T	Hasil
1.	Koefisien hambatan sisa ($10^3 C_R$)	1,878
2.	Koefisien hambatan gesek ($10^3 C_F$)	1,757
3.	Koefisien hambatan Appendage ($10^3 C_A$)	0.400
4.	Koefisien hambatan udara ($10^3 C_{AA}$)	0.070
5.	Koefisien hambatan kemudi ($10^3 C_{AS}$)	0.040
	$\Sigma 10^{-3} C_T =$	4,145
	$C_T =$	$4,145 \cdot 10^{-3}$

11. Hambatan Total (R_T)

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

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

Dimana :

C_T = Koefisien hambatan total

$$= 4,145 \times 10^{-3}$$

ρ = Massa jenis air laut

$$= 104,49 \text{ Kg.s}^2/\text{m}^4$$

$$\begin{aligned} WSA(s) &= \text{Wetted surface area kapal rancangan} \\ &= 731,3 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_s &= \text{Kecepatan kapal rancangan} \\ &= 11,00 \text{ Knot} \times 0,5144 \\ &= 5,658 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$V_s^2 = 5,658^2 = 32,017 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

Maka :

$$\begin{aligned} R_T' &= C_T (1/2 \rho \cdot V_s^2 \cdot S) \\ &= 4,145 \cdot 10^{-3} (1/2 \times 104,49 \times 32,017 \times 731,3) \\ &= 5070,44 \text{ Kg} \end{aligned}$$

12. Efektif Horse Power (EHP)

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

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

Dimana :

EHP = Efektif horse power kapal rancangan

$$\begin{aligned} V_s &= \text{Kecepatan kapal rancangan} \\ &= 11,00 \text{ Knot} \times 0,5144 \\ &= 5,658 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_T &= \text{Hambatan total kapal rancangan} \\ &= 5070,44 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} EHP &= \frac{5,658 \times 5070,44}{75} \\ &= 382,5 \text{ HP} \end{aligned}$$

13. Shaft Horse Power (SHP)

Untuk menentukan Shaft Horse Power (SHP) kapal rancangan digunakan rumus yang terdapat dalam buku *Hambatan dan Tahanan Kapal* oleh Ir. Teguh Sastrodiwongso, MSE pada halaman 78, yaitu :

$$SHP = EHP \times (P.C)^{-1}$$

Dimana :

SHP = Shaft Horse Power kapal rancangan

P_c = Propulsive Coefficient

$$= \eta_H \times \eta_{rr} \times \eta_{po}$$

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

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

$$= -0,05 + (0,50 \times 0,72)$$

$$= 0,31$$

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

$$t = k \times w$$

$$= 0,7 \times 0,31$$

$$= 0,217$$

Efisiensi lambung kapal (η_H) :

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

$$= \frac{1-0,217}{1-0,31}$$

$$= 1,13$$

η_{rr} = Efisiensi Rotary relative = 1,00 ~ 1,07

$$= 1,02$$

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

$$= 0,55$$

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

$$= 1,13 \times 1,02 \times 0,55$$

$$= 0,634$$

Maka ;

$$SHP = EHP \times (P.C)^{-1}$$

$$= 382,5 \times (0,634)^{-1}$$

$$= 603,31 \text{ HP}$$

14. Brake Horse Power (BHP)

Merupakan daya yang diterima oleh poros transmisi sistem penggerak kapal (PS), yang selanjutnya dioperasikan secara kontinu untuk menggerakkan kapal pada kecepatan servisnya (VS).

Estimasi daya yang diperlukan oleh mesin induk biasanya diambil ketentuan kerugian daya karena adanya gesekan-gesekan poros dengan bantalan tergantung dari letak kamar mesin berada di belakang atau di tengah, kemudian kerugian daya karena adanya gigi reduksi (gear box), dan tambahan sea margin tergantung dari daerah pelayarannya.

Koreksi pemakaian Gear Box $\eta_r = 0\% \sim 3\% = 3\%$ (rasio gear yang tinggi)

Koreksi letak kamar mesin berada di belakang $\eta_{rm} = 3\%$

Kelonggaran dinas (sea margin) = $15\% \sim 20\% = 15\%$ (wilayah Indonesia)

$BHP = SHP + (\text{gear box} + \text{letak KM} + \text{sea margin})\% \times SHP$

$$= 603,31 + (3 + 3 + 15)\% \times 603,31 \text{ HP}$$

$$= 730,005 \text{ HP}$$

$$= 730,005 \times 0,736$$

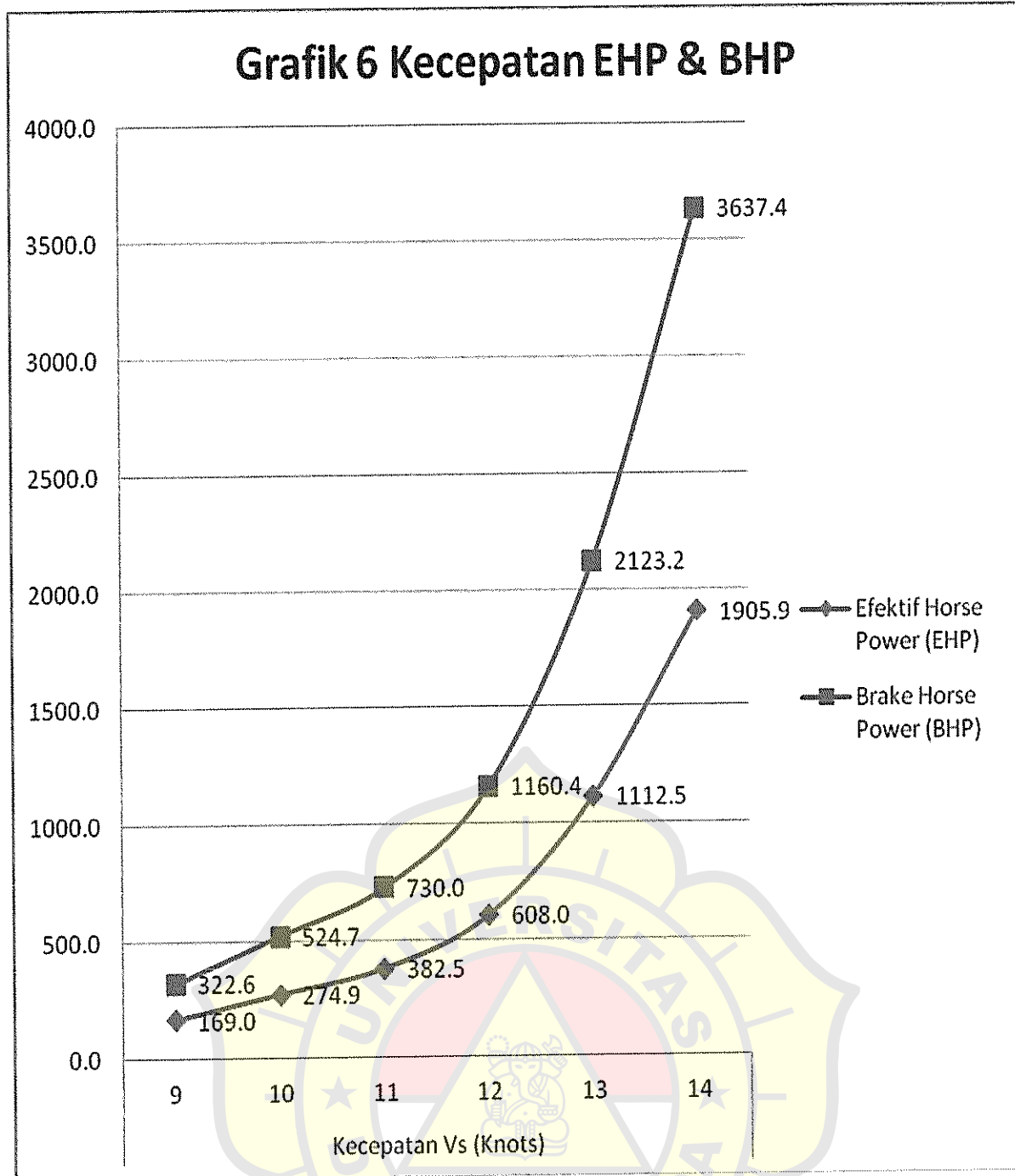
$$= 537,28 \text{ kW}$$



Tabel 2.1 Perbandingan Perhitungan 6 kecepatan

No.	Keterangan	Satuan	Kecepatan Kapal					
			9	10	11	12	13	14
1	Kecepatan (Vs)	knot	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0
2		m/s	4.630	5.144	5.658	6.173	6.687	7.202
3	V_s^2	m^2/s^2	21.433	26.461	32.017	38.103	44.719	51.863
4	$F_n = VV(g \times L)$		0.196	0.218	0.239	0.261	0.283	0.305
5	Diagram C_R	$L/V^{1/3}$	5.148	5.148	5.148	5.148	5.148	5.148
6		F_n	0.196	0.218	0.239	0.261	0.283	0.305
7		$10^3 C_R$	0.970	1.337	1.810	2.747	4.935	7.640
8	Koreksi B/T		0.0465	0.0465	0.0465	0.0465	0.0465	0.0465
9	Koreksi LCB		0.012	0.009	0.022	0.034	0.093	0.118
10	Garis penampang		0	0	0	0	0	0
11	Koreksi Haluan		0	0	0	0	0	0
12	Resultan $10^3 C_R$		1.029	1.676	1.878	2.827	5.075	7.805
13	$10^6 R_n$		279.790	310.878	341.941	373.0650	404.129	435.253
14	$10^3 C_f$ ITTC-57		1.805	1.779	1.757	1.737	1.718	1.702
15	$10^3 C_A$		0.400	0.400	0.400	0.400	0.400	0.400
16	$10^3 C_{AA}$		0.070	0.070	0.070	0.070	0.070	0.070
17	$10^3 C_{AS}$		0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040
18	$10^3 C_T$		3.344	3.965	4.145	5.074	7.303	10.017
19	$RT = CT \times (\frac{1}{2} \rho \cdot S \cdot V^2)$		2737.98	4008.387	5070.440	7387.452	12476.998	19848.406
20	$EHP = V \cdot RT / 75$		169.010	274.9	382.5	608.0	1112.5	1905.9
21	P.C		0.634	0.634	0.634	0.634	0.634	0.634
22	$SHP = EHP \times (P.C) - 1$		266.577	433.631	603.31	959.017	1754.704	3006.105
23	BHP = $SHP + (GB\% + LKM\% + SM) \times SHP$	HP	322.558	524.693	730.005	1160.411	2123.192	3637.387
24		kW	237.403	386.174	537.284	854.062	1562.669	2677.117

Grafik 2.1 Perbandingan 6 Kecepatan Efektif Horse Power (EHP) dan Brake Horse Power (BHP)



Dari perhitungan dan kurva diatas, maka dapat ditentukan besarnya daya motor induk yang digunakan untuk kapal rancangan. Adapun yang harus dipertimbangkan untuk pemilihan motor induk antara lain : SFC rendah sesuai dengan BHP, bobotnya lebih ringan, dimensinya lebih kecil sesuai dengan penempatan ruang mesin, suku cadangnya mudah didapat, biaya operasional serta biaya perawatannya ekonomis. Dari beberapa pertimbangan diatas maka motor induk yang dipilih dengan spesifikasi sebagai berikut :

-Merk	: YANMAR
- Type	: 6AYM - WET
- Jumlah silinder	: 6
- Bore & Stroke	: 155 x 180 (mm)
- Daya	: 755 HP (555 kW)
- Putaran Mesin	: 1840 Rpm
- Berat mesin	: 2365 Kg
- Konsumsi bahan bakar (Sfoc)	: 202 gr/kW.h
- Dimensi	: 1823 x 1305 x 1431 (mm)

Marine Gear specification

- Merk	: YANMAR
- Model	: YXH - 240L
- Reduction Ratio	: 1 : 6,95
- Berat Gear	: 1240 Kg

Dengan menggunakan mesin induk diatas maka kecepatan kapal yang dicapai adalah sebesar 11,06 Knots

2.3 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.

2.3.1 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 perencanaannya memakai $Bp-\delta$ diagram dari baling-baling tipe "B-4" hasil dari Open Water Test di Netherland Ship Model Basin (NSMB) (sekarang berganti nama Maritime Research Institute Netherland = MARIN). Langkah-langkah perencanaannya sebagai berikut :

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

Koefisien Baling-Baling

Untuk Menentukan koefisien baling-baling menggunakan rumus yang terdapat dalam buku principal naval architecture $Bp-\delta$ hal 412, yaitu :

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

Dimana :

N_K = Putaran baling-baling setelah dikoreksi (Nm)

SHP = Shaft Horse Power / P (HP-British)

V_a = Advance speed of propeller (knot)

a) Koreksi RPM Baling-baling (N_K)

Karena memakai Bp- δ diagram maka dilakukan koreksi Scale effect untuk N sebesar (2% *principal naval architecture* hal 421)

Rpm = Putaran mesin utama kapal rancangan
= 1840 rpm

Reduction gear yang dipilih 1 : 6,95

Maka ;

$$N_{\text{baling2}} = \frac{1840}{6,95}$$
$$= 264,75 \text{ rpm.}$$

$$N_K = 0,98 \times 264,75 \text{ rpm (koreksi scale effect 2\%)}$$
$$= 259,455 \text{ rpm.}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga N = 259,5 rpm

b) Shaft Horse Power (SHP)

Untuk menentukan Shaft Horse Power (SHP) digunakan beberapa koreksi berdasarkan buku propulsi kapal teguh sastrodiwongso, hal 92 – 93 , 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 :

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

$$= (755 - (6)\%) \times \frac{75}{76} \times \frac{1.000}{1.025}$$

$$= 683,28 \text{ HP.}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga SHP = 683,28 HP.

c) *Advance Speed of Propeller* (V_a)

Untuk menentukan *advance speed of propeller* dari kapal rancangan digunakan rumus menurut buku (propulsi kapal Teguh Sastrodiwongso M.S.E. hal 82):

$$V_a = V_s (1 - w)$$

Dimana :

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

w = *Wake Fraction*

$$= 0,31$$

V_s = Kecepatan kapal rancangan.

$$= 11,06 \text{ knot}$$

Maka :

$$V_a = 11,06 (1 - 0,31)$$

$$= 7,63 \text{ Knot.}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga $V_a = 7,63$ Knot.

Maka :

$$\begin{aligned} B_p &= \frac{N_k \times \sqrt{SHP}}{V_a^{2.5}} \\ &= \frac{259,5 \times \sqrt{683,28}}{7,63^{2.5}} \\ &= 42,18 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga $B_p = 42,2$

2. **Diameter Optimum (D_o)**

Untuk menentukan Diameter Optimum (D_o) digunakan rumus :

$$D_o = \frac{\delta_k \times V_a}{N_k}$$

(Propulsi kapal, Teguh sastrodiwongso M.S.E ,hal 94)

Dimana :

D_o = Diameter Optimum.

δ_k = Koreksi *Advance Coefficient*.

V_a = *Advance Speed* dari *propeller*.

$$= 7,63 \text{ knot.}$$

N_k = Koreksi Putaran baling-baling

$$= 259,5 \text{ rpm.}$$

- Maka Diameter Optimumnya (Do) adalah :

❖ Untuk B4-40

Untuk menentukan harga δ dari $B_p = 42,2$ maka dapat diperoleh dari B_p - δ diagram pada gbr. 115 (*principal of naval architecture* hal 414) :

$$\delta = 260$$

Koreksi dari Open Condition menjadi Behind Condition sebesar 2%

$$\delta = 254,8$$

Hasil dari B_p - δ diagram :

$$\eta_p \text{ (efisiensi propeller)} = 55 \%$$

$$Ho/D \text{ (Pitc ratio)} = 0,62$$

Maka :

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

$$Do = \frac{254,8 \times 7,63}{259,5} = 7,49 \text{ feet dijadikan } m = \times 0,3048$$

$$= 2,28 \text{ m}$$

❖ Untuk B4-55

Untuk menentukan harga δ dari $B_p = 42,2$ maka dapat diperoleh dari B_p - δ diagram pada gambar 116 (*principal of naval architecture* hal 414) :

$$\delta = 255$$

Koreksi dari Open Condition menjadi Behind Condition sebesar 2%

$$\delta = 249,9$$

Hasil dari B_p - δ diagram :

$$\eta_p \text{ (efisiensi propeller)} = 54,3 \%$$

$$Ho/D \text{ (Pitc ratio)} = 0,65$$

Maka :

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

$$Do = \frac{249,9 \times 7,63}{259,5} = 7,3 \text{ feet dijadikan } m = \times 0,3048$$

$$= 2,2 \text{ m}$$

- Untuk B4-70

Untuk menentukan harga δ dari $B_p = 42,2$ maka dapat diperoleh dari B_p - δ diagram pada gbr. 117 (*principal of naval architecture* 415) :

$$\delta = 242$$

Koreksi dari Open Condition menjadi Behind Condition sebesar 2%

$$\delta = 237,16$$

Hasil dari B_p - δ diagram :

$$\eta_p \text{ (efisiensi propeller)} = 51,5 \%$$

$$Ho/D \text{ (Pitch ratio)} = 0,72$$

Maka :

$$D_o = \frac{\delta_k \times V_a}{N_k}$$

$$D_o = \frac{237,16 \times 7,63}{259,5} = 6,97 \text{ feet dijadikan } m = \times 0,3048$$

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

- Untuk B4-85

Untuk menentukan harga δ dari $B_p = 42,2$ maka dapat diperoleh dari B_p - δ diagram pada gbr. 118 (*principal of naval architecture* hal 415) :

$$\delta = 235$$

Koreksi dari Open Condition menjadi Behind Condition sebesar 2%

$$\delta = 230,3$$

Hasil dari B_p - δ diagram :

$$\eta_p \text{ (efisiensi propeller)} = 51,2 \%$$

$$Ho/D \text{ (Pitch ratio)} = 0,77$$

Maka :

$$D_o = \frac{\delta_k \times V_a}{N_k}$$

$$D_o = \frac{230,3 \times 7,63}{259,5} = 6,77 \text{ feet dijadikan } m = \times 0,3048$$

$$= 2,06 \text{ m}$$

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 $Bp-\delta$ diagram itu didapatkan untuk harga $Bp = 50,69$ adalah sebagai berikut :

No	Item	D	H/D	η_p
1	B4-40	2,28	0,62	55%
2	B4-55	2,20	0,65	54,3%
3	B4-70	2,12	0,72	51,5%
4	B4-85	2,06	0,77	51,2%

2.3.2 Perhitungan Kavitas

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*).

❖ **Letak kavitasi dapat diterangkan sebagai berikut :**

a. Ujung daun

Contoh : Kavitasi ujung (*tip cavitation*), yaitu kavitasi permukaan (*surface cavitation*) yang terjadi di dekat ujung daun *propeller*; kavitasi pusaran (*vortex cavitation*) yang terjadi di dalam inti tekanan rendah pusaran ujung (*tip vortex*) *propeller*.

b. Pangkal daun

Contoh : Kavitasi pangkal daun (*root cavitation*), yaitu kavitasi di dalam daerah tekanan rendah di pangkal daun *propeller*.

c. Celah antara daun dan tabung propeller

d. Hub atau Konis

Contoh: Kavitas Hub atau Pusaran Hub (hub vortex cavitation), yaitu kavitasi di dalam pusaran yang ditimbulkan dari daun propeller pada hub. Jika propeller tersebut dianggap sebagai sayap, maka akan diketahui bahwa di sebelah dalam atau di ujung hub pasti juga timbul pusaran.

e. Tepi depan

f. Tepi ikut :

Dalam kaitan ini kavitasi pusaran ikut (trailing vortex cavitation) harus pula disebutkan. Kavitasi ini adalah kavitasi yang terus-menerus ada di dalam inti tekanan rendah pusaran ikut di dalam aliran yang meninggalkan propeller.

g. Alas sisi hisap (punggung)

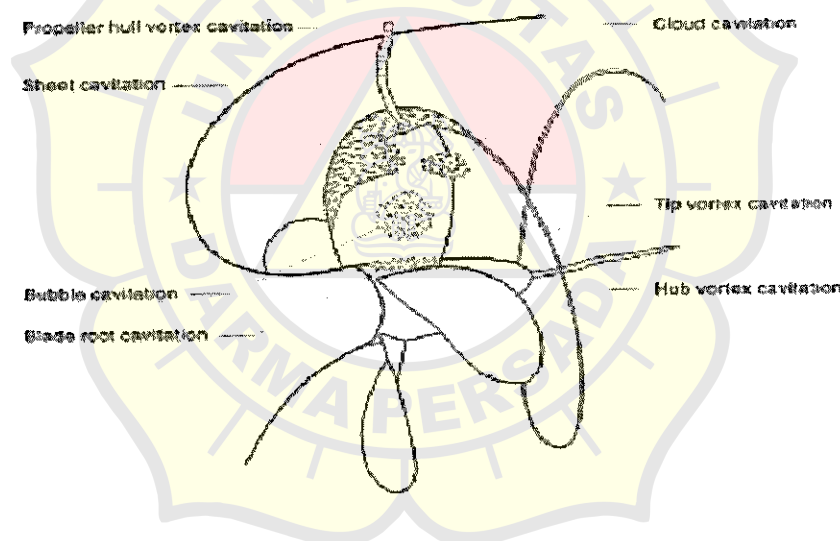
Contoh : Kavitasi punggung (back side cavitation) adalah kavitasi yang terjadi pada punggung (sisi hisap) daun propeller.

h. Sisi tekanan (muka)

Contoh: Kavitasi muka (face cavitation) adalah kavitasi pada sisi tekanan (muka) daun propeller. Kavitasi ini umumnya ditimbulkan akibat kerja propeller sedemikian rupa, sehingga sudut pukul lokal daun propeller itu sangat negatif.

i. Antara propeller dan badan kapal

Contoh : Kavitasi putaran antara propeller dan badan kapal (propeller hull vortex cavitation) diartikan sebagai kavitasi pusaran ujung daun propeller yang dalam interval tertentu merentang hingga mencapai permukaan badan kapal.



2.3.2.1 Konstanta Kavitas

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

$$\sigma_{0,7} = \frac{(P_o - e) - (0,7R \times \gamma)}{1/2 \cdot \rho \cdot \underbrace{(V_a^2 + (2\pi \cdot 0,7R \cdot n)^2)}_{v^2}} \text{ (propulsi kapal teguh sastrodiwongso, hal 101)}$$

Dimana :

- Po = Beda tekanan statik pada sumbu *propeller*.
- ρ = Kerapatan air laut.
= 104,49 Kg.det²/m⁴.
- Va = *Advance Speed* dari *propeller*.
= 7,63 Knot.
- n = Koreksi putaran baling-baling perdetik
= 4,325 Rps

Maka menurut (propulsi kapal, teguh sastrodiwongso, hal 100):

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

- a. Sarat air kapal (*Draft*) T = 3,44 m
- b. Tinggi sumbu poros baling2 thd garis dasar kapal $h_1 = 1,17 \text{ m} -$
= 2,27 m
- c. Tinggi Gelombang (3/4 % Lpp) $h_2 = 0,40 \text{ m} +$
Water head diatas garis/sumbu poros baling2 = 2,67 m
- d. Tekanan hydrostatik pada garis/sumbu poros baling2 di air laut (2,67 m x 1025 kg/m³) = 2736,75 kg/m²
- e. (tekanan atmosfer) - (*vapour pressure* = e) = 10100 kg/m² +
(Tekanan statis digaris sumbu poros baling2) - (e) = 12836,75 kg/m²
Dari perhitungan ditetapkan harga Po-e = 12836,75 kg/m²

Maka konstanta kavitasnya adalah :

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

- Untuk B4-40

$$\begin{aligned} \sigma_{0,7} &= \frac{12836,75 - (0,7 \times 1,14 \times 1025)}{0,5 \times 104,49 (7,63^2 + (2 \times 3,14 \times 0,7 \times 1,14 \times 4,325)^2)} \\ &= 0,435 \end{aligned}$$

- Untuk B4-55

$$\sigma_{0,7} = \frac{12836,75 - (0,7 \times 1,10 \times 1025)}{0,5 \times 104,49(7,63^2 + (2 \times 3,14 \times 0,7 \times 1,10 \times 4,325)^2)}$$
$$= 0,465$$

- Untuk B4-70

$$\sigma_{0,7} = \frac{12836,75 - (0,7 \times 1,06 \times 1025)}{0,5 \times 104,49(7,63^2 + (2 \times 3,14 \times 0,7 \times 1,06 \times 4,325)^2)}$$
$$= 0,497$$

- Untuk B4-85

$$\sigma_{0,7} = \frac{12836,75 - (0,7 \times 1,03 \times 1025)}{0,5 \times 104,49(7,63^2 + (2 \times 3,14 \times 0,7 \times 1,03 \times 4,325)^2)}$$
$$= 0,524$$

2.3.2.2 Koefisien Gaya Dorong (τ)

Untuk menentukan koefisien gaya dorong ini digunakan rumus menurut (propulsi kapal teguh sastrodiwongso, hal 101) sebagai berikut :

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

Dimana :

- **Penentuan Thrust (T)**

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

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

$$\eta_p = \frac{THP}{SHP} \rightarrow THP = \eta_p \cdot SHP$$

Maka menurut (propulsi kapal teguh sastrodiwongso, hal 101):

$$T = \frac{SHP \times \eta_p \times \eta_{rr} \times 75}{Va}$$

Dimana :

T = Thrust.

SHP = Shaft Horse Power = 683,28 HP.

η_p = Propulsive Efficiency.

Va = Advance speed of propeller. = 7,63 knot

Maka :

- Untuk B4-40 dan $\eta_P = 55\%$

$$T = \frac{683,28 \times 0,55 \times 1,02 \times 75}{7,63}$$
$$= 3767,89 \text{ kg}$$

- Untuk B4-55 dan $\eta_P = 54,3\%$

$$T = \frac{683,28 \times 0,543 \times 1,02 \times 75}{7,63}$$
$$= 3719,93 \text{ kg}$$

- Untuk B4-70 dan $\eta_P = 51,5\%$

$$T = \frac{683,28 \times 0,515 \times 1,02 \times 75}{7,63}$$
$$= 3528,1 \text{ kg}$$

- Untuk B4-85 dan $\eta_P = 51,2\%$

$$T = \frac{683,28 \times 0,512 \times 1,02 \times 75}{7,63}$$
$$= 3507,56 \text{ kg}$$

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

Untuk menentukan *project blade area* digunakan rumus yaitu menurut buku (Tahanan dan Propulsi kapal, Sv.Aa.harvald hal 199) :

$$F_p = (1,067 - 0,229 H_o/D) F_a$$

- Untuk B4-40

Expanded Blade Ratio

$$\frac{F_a}{F} = 0,40 \rightarrow F_a = 0,40 \cdot F$$

Disc Area of The Screw (F)

$$F = \frac{\pi}{4} \cdot D^2$$
$$= \frac{3,14}{4} \times (2,28)^2$$
$$= 4,08 \text{ m}^2$$

Expanded Blade Area (Fa)

$$Fa = 0,40 \times 4,08 = 1,63 \text{ m}^2$$

Jadi :

$$\begin{aligned} Fp &= (1,067 - (0,229 \times 0,62)) \times 1,63 \\ &= 1,5 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- Untuk B4-55

Expanded Blade Ratio

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

Disc Area of The Screw (F)

$$\begin{aligned} F &= \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \\ &= \frac{3,14}{4} \times (2,20)^2 \\ &= 3,799 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Expanded Blade Area (Fa)

$$Fa = 0,55 \times 3,799 = 2,08 \text{ m}^2$$

Jadi :

$$\begin{aligned} Fp &= (1,067 - (0,229 \times 0,65)) \times 2,08 \\ &= 1,9 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- Untuk B4-70

Expanded Blade Ratio

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

Disc Area of The Screw (F)

$$\begin{aligned} F &= \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \\ &= \frac{3,14}{4} \times (2,12)^2 \\ &= 3,528 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Expanded Blade Area (Fa)

$$Fa = 0,70 \times 3,528 = 2,469 \text{ m}^2$$

Jadi :

$$\begin{aligned} Fp &= (1,067 - (0,229 \times 0,72)) \times 2,469 \\ &= 2,227 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- Untuk B4-85

Expanded Blade Ratio

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

Disc Area of The Screw (F)

$$\begin{aligned} F &= \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \\ &= \frac{3,14}{4} \times (2,06)^2 \\ &= 3,33 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Expanded Blade Area (Fa)

$$Fa = 0,85 \times 3,33 = 2,83 \text{ m}^2$$

Jadi:

$$\begin{aligned} Fp &= (1,067 - (0,229 \times 0,77)) \times 2,83 \\ &= 2,52 \end{aligned}$$

Maka koefisien gaya dorongnya (τ_c) adalah :**- Untuk B4-40**

$$\tau_c = \frac{T}{1/2 \cdot \rho \cdot Fp \cdot V^2}$$

$$\begin{aligned} \tau_c &= \frac{3767,89}{(0,5 \times 104,49 \times 1,5 (2 \times 3,14 \times 0,7 \times 1,14 \times 4,325)^2)} \\ &= 0,102 \end{aligned}$$

- Untuk B4-55

$$\tau_c = \frac{T}{1/2 \cdot \rho \cdot Fp \cdot V^2}$$

$$\begin{aligned} \tau_c &= \frac{3719,93}{(0,5 \times 104,49 \times 1,9 (2 \times 3,14 \times 0,7 \times 1,10 \times 4,325)^2)} \\ &= 0,086 \end{aligned}$$

- Untuk B4-70

$$\tau_c = \frac{T}{1/2 \cdot \rho \cdot F_p \cdot V^2}$$

$$\tau_c = \frac{3528,1}{(0,5 \times 104,49 \times 2,227 (2 \times 3,14 \times 0,7 \times 1,06 \times 4,325)^2)}$$

$$= 0,07$$

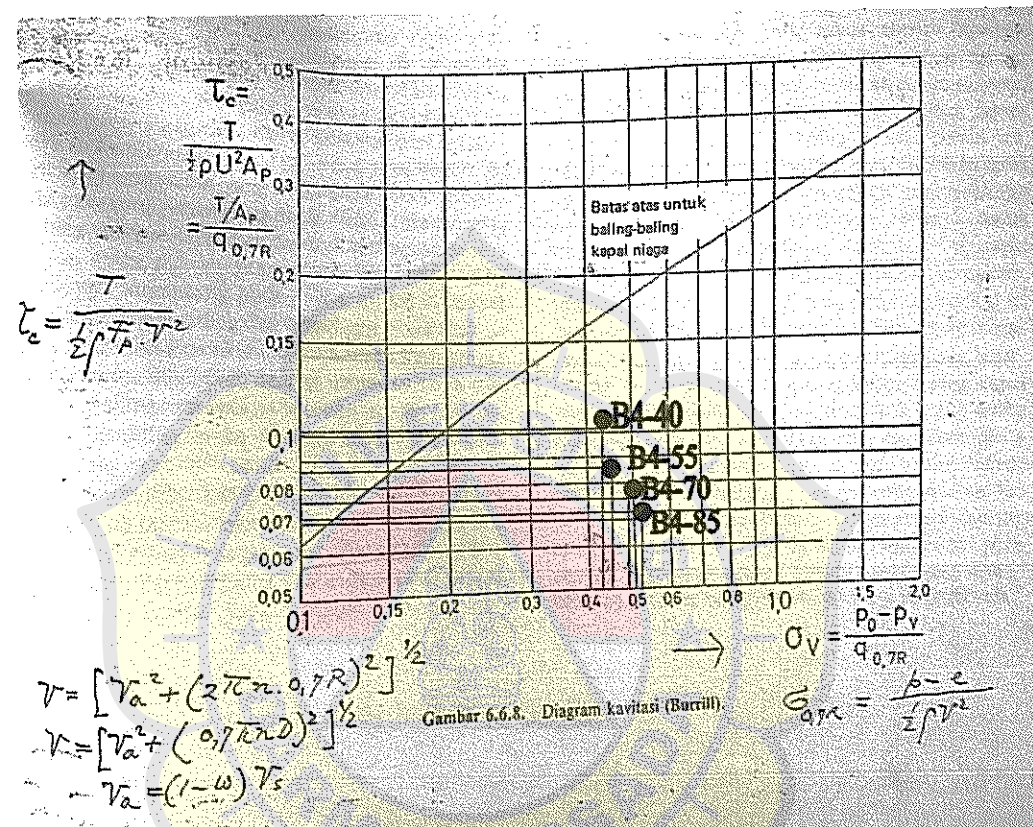
- Untuk B4-85

$$\tau_c = \frac{T}{1/2 \cdot \rho \cdot F_p \cdot V^2}$$

$$\tau_c = \frac{3507,56}{(0,5 \times 104,49 \times 2,52 (2 \times 3,14 \times 0,7 \times 1,03 \times 4,325)^2)}$$

$$= 0,069$$

2.3.2.3 Prediksi Resiko kavitas dengan Diagram Burrill



Dari hasil perhitungan kavitasi dan diagram Burrill di atas diketahui harga resiko kavitasi dari B4-40, B4-55, B4-70, dan B4-85. Berikut dibawah ini adalah tabel hasil perhitungan kavitasi.

Type	η_p	Do	$\sigma_{0,7}$	τ	Keterangan
B4-40	55%	2,28	0.435	0,102	Dibawah upper limit resiko kavitasi Diagram Burrill
B4-55	54,3%	2,20	0.465	0,086	
B4-70	51,5%	2,12	0.497	0.075	
B4-85	51,2%	2,06	0.524	0.069	

Dari Tabel diatas dapat direncanakan propeller yang akan digunakan pada rancangan kapal ini, Dengan demikian spesifikasi propeller yang diperlukan untuk penggerak kapal rancangan ini adalah sebagai berikut:

- Type propeller berada pada : B4- 40
- Diameter propeller (D) : 2,28 m
- Pitch Ratiopropeller (Ho/D) : 0,62
- Expanded blade ratio (Fa/F) : 0,40
- Effisiensi propeller (η_p) : 55 %
- Jumlah daun propeller (Z) : 4

Adapun pertimbangan dan alasan menggunakan type B4-40 adalah :

- Memiliki nilai efisiensi yang tinggi
- Dibawah upper limit resiko kavitasi Diagram Burrill (Tidak Kavitasi)
- Diameter Optimum Dibawah 0,7 draft



Data Pembuatan Propeller ;

Diameter propeller(m)	2.28	=	2280.000000	mm	Hasil skala	456	
Jari-jari (m)	1.14	=	1140.000000	mm	Hasil skala	228	
	0.228						
Panjang Blade elemen	0.4/0.4*0.2187						
untuk Fa/F : 0,40	0.4	0.498636	=	498.636000	mm	Hasil skala	99.7272
Ketebalan maksimum(St)	0.045xD						
	0.1026	=	102.600000	mm	Hasil skala	20.52	
Skala keseluruhan	1:5						

Center line ke Leading Edge

r/R	L 0,6 R (mm)	Konstanta	Ordinat (mm)	Skala 1:5
0.2	498.636	46.90%	233.860284	46.7720568
0.3	498.636	52.64%	262.4819904	52.49639808
0.4	498.636	56.32%	280.8317952	56.16635904
0.5	498.636	57.60%	287.214336	57.4428672
0.6	498.636	56.08%	279.6350688	55.92701376
0.7	498.636	51.40%	256.298904	51.2597808
0.8	498.636	41.65%	207.681894	41.5363788
0.9	498.636	25.35%	126.404226	25.2808452
1	498.636	0.00%	0	0

Center line ke Trailing Edge

r/R	L 0.6 R (mm)	Konstanta	Ordinat (mm)	Skala 1:5 (mm)
0.2	498.636	29.18%	145.5019848	29.10039696
0.3	498.636	33.32%	166.1455152	33.22910304
0.4	498.636	37.30%	185.991228	37.19824560
0.5	498.636	40.78%	203.3437608	40.66875216
0.6	498.636	43.92%	219.0009312	43.80018624
0.7	498.636	46.68%	232.7632848	46.55265696
0.8	498.636	48.35%	241.090506	48.2181012
0.9	498.636	47.00%	234.35892	46.871784
1	498.636	20.14%	100.4252904	20.08505808

Jarak ordinat Tebal maksimum dari Leading Edge

r/R	Konstanta (%D)	Ordinat(mm)	Skala 1:5
0.2	35.0%	132.776794	26.55535882
0.3	35.0%	150.019627	30.00392539
0.4	35.0%	163.388058	32.67761162
0.5	35.5%	174.148124	34.82962487
0.6	38.9%	193.969404	38.7938808
0.7	44.3%	216.65455	43.33090993
0.8	47.9%	214.96198	42.99239592
0.9	50.0%	180.381573	36.0763146

Ketebalan maksimum blade tiap elemen

r/R	Konstanta (%D)	Ordinat (mm)	Skala 1:5
0.2	3.66%	83.4480000	16.6896
0.3	3.24%	73.8720000	14.7744
0.4	2.82%	64.2960000	12.8592
0.5	2.40%	54.7200000	10.944
0.6	1.98%	45.1440000	9.0288
0.7	1.56%	35.5680000	7.1136
0.8	1.14%	25.9920000	5.1984
0.9	0.72%	16.4160000	3.2832
1	0.30%	6.8400000	1.368





General Cargo 700 DWT

Kurniasih (2008320008)

Gambar Setelah diskala :		Ordinat Back Leading edge										
r/R	20%	Ordinat (mm)	40%	Ordinat (mm)	60%	Ordinat (mm)	80%	Ordinat (mm)	90%	Ordinat (mm)	95%	Ordinat (mm)
0.2	98.60%	16.4559456	94.50%	15.771672	87.00%	14.519952	74.40%	12.4170624	64.35%	10.7397576	56.95%	9.5047272
0.3	98.40%	14.5380096	94.00%	13.887936	85.80%	12.6764352	72.50%	10.71144	62.65%	9.2561616	54.90%	8.1111456
0.4	98.20%	12.6277344	93.25%	11.991204	84.30%	10.8403056	70.40%	9.0528768	60.15%	7.7348088	52.20%	6.7125024
0.5	98.10%	10.736064	92.40%	10.112256	82.30%	9.006912	67.70%	7.409088	56.80%	6.216192	48.60%	5.318784
0.6	98.10%	8.8572528	91.25%	8.23878	79.35%	7.1643528	63.60%	5.7423168	52.20%	4.7130336	43.35%	3.9139848
0.7	97.60%	6.9428736	88.80%	6.3168768	74.90%	5.3280864	57.00%	4.054752	44.20%	3.1442112	35.00%	2.48976
0.8	97.00%	5.042448	85.30%	4.4342352	68.70%	3.5713008	48.25%	2.508228	34.55%	1.7960472	25.45%	1.3229928
0.9	97.00%	3.184704	87.00%	2.856384	70.00%	2.29824	45.15%	1.4823648	30.10%	0.9882432	22.00%	0.722304

Gambar setelah diskala :		Ordinat Back Trailing Edge						
r/R	20%	Ordinat(mm)	40%	Ordinat(mm)	60%	Ordinat(mm)	80%	Ordinat(mm)
0.2	96.45%	16.0971192	86.90%	14.5032624	72.65%	12.1249944	53.35%	8.9039016
0.3	96.80%	14.3016192	86.80%	12.8241792	71.60%	10.5784704	50.95%	7.5275568
0.4	97.00%	12.473424	86.55%	11.1296376	70.25%	9.033588	47.70%	6.1338384
0.5	96.95%	10.610208	86.10%	9.422784	68.40%	7.485696	43.40%	4.749696
0.6	96.80%	8.7398784	85.40%	7.7105952	67.15%	6.0628392	40.20%	3.6295776
0.7	96.65%	6.8752944	84.90%	6.0394464	66.90%	4.7589984	39.40%	2.8027584
0.8	96.70%	5.0268528	85.30%	4.4342352	67.80%	3.5245152	40.95%	2.1287448
0.9	97.00%	3.184704	87.00%	2.856384	70.00%	2.29824	45.15%	1.4823648



General Cargo 700 DWT

Kurniasih (2008320008)

Ordinat Face Leading Edge

r/R	Ordinat Face Leading Edge									
	20%	40%	60%	80%	90%	95%	100%	Ordinat(m)	Ordinat(m)	Ordinat(m)
0,2	0,45%	2,30%	5,90%	13,45%	20,30%	26,20%	40,00%	3,3879888	4,3726752	6,67584
0,3	0,05%	1,30%	4,60%	10,85%	16,55%	22,20%	37,55%	2,4451632	3,2799168	5,5477872
0,4	0,00%	0,30%	2,65%	7,80%	12,50%	17,90%	34,50%	1,6074	2,3017968	4,436424
0,5	0,00%	0,00%	0,70%	4,30%	8,45%	13,30%	30,40%	0,924768	1,455552	3,326976
0,6	0,00%	0,00%	0,00%	0,80%	4,45%	8,40%	24,50%	0,4017816	0,7584192	2,212056
0,7	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,40%	2,45%	16,05%	0,0284544	0,1742832	1,1417328
0,8	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	7,40%	0	0	0,3846816
0,9	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0	0	0

Ordinat face Trailing Edge

r/R	Ordinat face Trailing Edge									
	20%	40%	60%	80%	90%	95%	100%	Ordinat (mm)	Ordinat (mm)	Ordinat (mm)
0,2	1,55%	5,45%	10,90%	18,20%	23,35%	30,00%	50,0688	0,2586888	1,8191664	3,0375072
0,3	0,00%	1,70%	5,80%	12,20%	17,85%	23,35%	34,498224	0	0,8569152	1,8024768
0,4	0,00%	0,00%	1,50%	6,20%	10,75%	17,85%	22,953672	0	0,192888	0,7972704
0,5	0,00%	0,00%	0,00%	1,75%	8,95%	10,61568	0,4604688	0	0	0,19152
0,6	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0	0	0	0	0
0,7	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0	0	0	0	0
0,8	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0	0	0	0	0
0,9	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0	0	0	0	0



Distribusi Pitch

r/R	Konstanta (%D)	Ordinat (mm)	Skala
0.2	82.20%	204.426688	40.88533758
0.3	88.70%	220.591815	44.11836306
0.4	95.00%	236.259554	47.25191083
0.5	99.20%	246.704713	49.34094268
0.6	100.00%	248.694268	49.7388535
0.7	100.00%	248.694268	49.7388535
0.8	100.00%	248.694268	49.7388535
0.9	100.00%	248.694268	49.7388535

