



BAB II

PERENCANAAN PERHITUNGAN MOTOR INDUK DAN PROPELLER KAPAL

II.I. PERHITUNGAN DAYA MESIN MOTOR INDUK

1.1. Tahanan Kapal

- Kapal yang berlayar di ibaratkan seperti sebuah benda yang bergerak melalui media air dan udara. Ini berarti bahwa benda itu mengalami gaya hambat (*Resistance Forced* dari media yang dilaluinya)

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

- Tahanan Gesek (*Frictional Resistance*)
- Tahanan Gelombang (*Wave Making Resistance*)
- Tahanan Tekanan (*Pressure Resistance*)
- Tahanan Udara (*Air Resistance*)
- Tahanan Tambahan (*Appendage Resistance*)

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

a. Tahanan Gesek (*Frictional Resistance*)

Tahanan 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 biasanya disebut lapisan batas (*Boundary Layer*). Didalam daerah lapisan batas tersebut kecepatan gerak dari partikel-partikel zat cair dalam hal ini air laut, bervariasi dari 0 (*nol*) pada permukaan kulit kapal menjadi maksimum sama dengan besarnya kecepatan gerak aliran zat cair pada tepi dan lintasan batas tersebut. Perubahan atau variasi kecepatan partikel-partikel zat cair inilah yang mencerminkan adanya pengaruh intensif gaya-gaya viskositas pada lapisan batas yang menyebabkan timbulnya Tahanan gesek pada kapal tersebut.



b. Tahanan Gelombang (*Wave Making Resistance*)

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.

c. Tahanan Tekanan (*Pressure Resistance*)

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 Tahanan inilah yang merupakan Tahanan tekanan yang di alami oleh gerak maju kapal

d. Tahanan Udara (*Air Resistance*)

Kapal yang sedang berlayar, pada bagian atasnya (sebagian lambung dan bangunan atasnya) akan mengalami gaya tahanan dari udara. tahanan udara ini juga terdiri dari komponen-komponen gesek dan komponen bentuk. Tekanan udara yang dialami kapal berkisar antara 2 sd 4 % dari Tahanan total yang di alaminya. Untuk menghitung besarnya Tahanan kapal tersebut, dapat dipergunakan berbagai cara misalnya dengan percobaan memakai model *Towing Tank* atau dengan cara pendekatan lainnya.

Dalam tugas merancang mesin kapal ini, perhitungan Tahanan yang digunakan adalah perhitungan yang terdapat dalam *Sv. Aa. Harvald* terjemahan Ir Jusuf Sutomo .M.Sc (1992:95-134).

1.2. Diagram *Guldhammer* dan *Harvald*

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

$$R = C_T \times \left(\frac{1}{2} \times \rho \times V^2 \times S \right) \quad (\text{N}) \quad (\text{Ref. 9, hal 18})$$

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

Dalam hal ini koefisien Tahanan totalnya adalah :

$$C_T = C_R + C_F + C_A \quad (\text{Ref. 9, hal 18})$$

Dimana :

C_R = Koefisien Tahanan sisa untuk bentuk badan kapal standar, dapat di ambil dari diagram L/V '

C_f = Koefisien Tahanan gesek

$$C_F = \frac{0.075}{(\log_{10} R_n - 2)^2} \quad (\text{Ref.9, hal 19})$$

Atau dapat di ambil dari diagram menurut ITTC 1957 dalam buku *Tahanan dan Propulsi Kapal* oleh Sv. Aa. *Harvald* terjemahan Ir. Jusuf Sutomo. M.Sc (1992 Hal. 192). dimana koefisien Tahanan gesek C_f sebagai fungsi panjang kapal L dan kecepatan V.

Penambahan Tahanan tersebut harus dicari dengan mengalikan penyimpangan LCD dari harga LCB_{standar}, yaitu :

$$\Delta \text{LCD} = \text{LCB} - \text{LCB}_{\text{standar}} \quad (\text{dalam \% L}) \quad (\text{Ref.9, hal 19})$$

dengan factor $10^3 C_g / \text{LCB}$, dari grafik koreksi koefisien Tahanan 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 didepan LCB_{standar}. Mengenai LCB yang berada dibelakang LCB_{standar}, semua sumber yang ada mempunyai 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, adapun koreksi tersebut adalah sebagai berikut:

- **Koreksi LCB**

Semua kurva C_g tersebut dimaksudkan untuk kapal yang letak titik berat 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 sehingga memberikan gambaran yang membingungkan, namun demikian ketergantungan Tahanan 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 Tahanan yang paling kecil maka letak yang lain pada prinsipnya akan memberikan Tahanan yang lebih besar. Adapun nilai koreksi tersebut adalah :

$$10^3 C_R - 10^3 C_{R(\text{standar})} + \frac{10^3 C_R}{LCB} \Delta LCB \quad (\text{Ref.9, hal 20})$$

- **Koreksi B/T**

Karena diagram tersebut dibuat berdasarkan ratio lebar/sarat (BT) = 2,5 maka harga C_R untuk kapal yang mempunyai ratio B/T lebih besar atau lebih kecil dari pada harga tersebut harus dikoreksi.

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

$$10^3 C_R = 10^3 C_R (B/T = 2,5) + 0,16 (BT - 2,5) \quad (\text{Ref.9, hal 20})$$

Hasil koreksi ini dapat mempunyai harga yang negatif atau positif

- **Koreksi Bentuk Penampang Melintang**

Sebagaimana disebutkan sebelumnya. kurva Tahanan yang diperoleh berdasarkan diagram L/V dan ITTC - 57 dalam buku Tahanan dan Propulsi Kapal (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 ekstrim maka untuk harga $10^3 C_R$ dapat dikoreksi sebagai berikut :



Tabel 1. Nilai Penampang Badan Kapal

Haluan	Ekstrim U -0.1	Ekstrim V +0.1
Buritan	Ekstrim U + 0.1	Ekstrim V -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 harus di ubah unmk menyesuaikan kebutuhan operasional kapal atau besarnya daya harus diberikan kelonggaran, maka disarankan agar C_R di naikkan sebesar 10% dan untuk garis perancangan yang tidak optimal diberikan 20%.

- **Koreksi Anggota Badan Kapal**

Daun kemudi : Tidak ada koreksi. karena bentuk standar sudah mencakup daun kemudi.

Lunas Bilga : Tidak ada koreksi.

Boss Propeller : Untuk kapal penuh, $C_R = 3\% - 5\%$

Bracket & poros Prop. : Untuk bentuk kapal ramping, $C_R = 5\% \sim 8\%$

- **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

$$L < 100 \text{ m} \rightarrow 10^3 C_A = 0,40$$

$$L = 150 \text{ m} \rightarrow 10^3 C_A = 0,20$$

$$L = 200 \text{ m} \rightarrow 10^3 C_A = 0$$

$$L = 250 \text{ m} \rightarrow 10^3 C_A = -0,20$$

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

(Ref. 9, hal 22)



Koreksi Anggota Badan

Kapal Koreksi pada anggota badan kapal, digunakan rumus sebagai berikut:

$$C_A = C \frac{S_1}{S} \quad (\text{Ref. 9, hal 20})$$

Dimana : S = Luas permukaan basah badan kapal

S_1 = Permukaan basah badan dan anggota badan kapal.

- **Koreksi Tahanan Udara dan Kemudi**

$$\text{Koreksi Tahanan udara} = 10^3 C_{AA} = 0.13$$

$$\text{Koreksi Tahanan kemudi} = 10^3 C_{AS} = 0.04$$

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

Tahanan 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 tahanan 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 Tahanan 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%.



1.3. Data-data Kapal

- Dimensi ukuran utama kapal *Tanker* 6000 DWT adalah :

Panjang keseluruhan kapal	L_{OA}	=	103.00 m
Panjang antara garis tegak kapal	L_{pp}	=	96.00 m
Panjang antara garis air	L_{wl}	=	98.00 m
Lebar kapal	B	=	20.00 m
Tinggi kapal	H	=	9.00 m
Sarat air kapal	T	=	6.00 m
Kecepatan	V_s	=	13.00 knot
Displasemen	N	=	9163,008 Ton
Volume displasemen	V	=	8939,52 m ³
Koefisien blok	C_h	=	0.776
Koefisien penampang tengah	C_m	=	0.992
Koefisien prismatic	C_p	=	0.782
Koefisien garis air	C_w	=	0.852
Bendera		=	Indonesia
Rute Pelayaran		=	Jakarta – Singapura
ABK		=	22 orang

- Biro klasifikasi

Kapal ini di design dengan rnenggunakan peraturan Biro Klasifikasi Indonesia (BKI)

- Tanda klas klasifikasi instalasi mesin

Tanda klas pada kapal tanker ini adalah dengan tanda :

(SM), artinya instalasi mesin seluruhnya memenuhi peraturan BKI.

- Bendera kebangsaan kapal

Kapal ini dalam pengoperasiannya, berbendera kebangsaan "Indonesia".



1.4. Perhitungan Koefisien-koefisien Kapal

Displacemen (Δ)

$$\begin{aligned}\Delta &= L_{pp} \times B \times T \times C_b \times y && \text{(Ref. 9, hal 77)} \\ &= 96,00 \times 20,00 \times 6,00 \times 0,776 \times 1,025 \\ \Delta &= 9163,008 \text{ ton}\end{aligned}$$

Midship Section Area Coefficient (C_m)

$$\begin{aligned}C_m &= 0,9 + 0,08 C_b \\ &= 0,93 + 0,08 \times 0,776 \\ C_m &= 0,992\end{aligned}$$

Midship Section Area (A_m)

$$\begin{aligned}A_m &= B \times T \times C_m && \text{(Ref.9, hal 7)} \\ &= 20,00 \times 6 \times 0,992 \\ A_m &= 119,040 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Prismatic Coefficient (C_p)

$$\begin{aligned}C_p &= \frac{C_b}{C_m} && \text{(Ref.9, hal 77)} \\ &= \frac{0,776}{0,992} \\ C_p &= 0,782\end{aligned}$$

Water-plane Area Coefficient (C_w)

$$\begin{aligned}C_w &= 0,18 + (0,86 \times C_p) \\ &= 0,18 + (0,86 \times 0,782) \\ C_w &= 0,852\end{aligned}$$

Water-plane Area (A_w)

$$\begin{aligned}A_w &= L_{pp} \times B \times C_w && \text{(Ref. 9, hal 5)} \\ &= 96,00 \times 20,00 \times 0,852 \\ A_w &= 1635,840 \text{ m}^2\end{aligned}$$



Luas Permukaan Basah Kapal (S)

$$S = 1,025 \times L_{pp} (S_{pp} \times B + 1,7 \times T) \quad (\text{Ref. 3, hal 133})$$

Dimana :

$$\begin{aligned} S_{pp} &= \frac{C_b \times L_{OA}}{L_{wl}} \\ &= \frac{0,776 \times 103,00}{98,00} \end{aligned}$$

$$S_{pp} = 0,815$$

$$S = 1,025 \times 96,00 (0,815 \times 20,00 + 1,7 \times 6)$$

$$S = 2607,600 \text{ m}^2$$

Luas Permukaan Basah sepanjang Aw (S')

$$S' = 1,025 \times L_{wl} (S_{pp} \times B + 1,7 \times T) \quad (\text{Ref. 3, hal 133})$$

$$= 1,025 \times 98,00 (0,815 \times 20,00 + 1,7 \times 6)$$

$$S' = 2661,925 \text{ m}^2$$

Rasio S/S'

$$\frac{S}{S'} = \frac{2607,600}{2661,925}$$

$$= 0,980$$

Volume Displacement (V_{Displ})

$$V_{Displ} = L_{pp} \times B \times T \times C_b \quad (\text{Ref. 9, hal 5})$$

$$= 96,00 \times 20,00 \times 6 \times 0,776$$

$$= 8939,520 \text{ m}^3$$

Perbandingan lebar dan sarat kapal (B/T)

$$\frac{B}{T} = \frac{20,00}{6} \quad (\text{Ref. 9, hal 5})$$

$$= 3,3$$

1.5. Perhitungan Tahanan Kapal Pada Kecepatan 13 Knot

1. Froude Number (F_n)

$$F_n = \frac{V_s}{\sqrt{g \times L_{wl}}} \quad (\text{Ref. 3, Hal 118})$$

Dimana :

$$\begin{aligned} V_s &= \text{Kecepatan kapal dalam m/det} \\ &= 13 \times 0,5144 \text{ m/det} \\ &= 6,687 \text{ m/det} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} g &= \text{Gaya gravitasi} \\ &= 9.81 \text{ m/det}^2 \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} F_n &= \frac{6.173}{\sqrt{(981 \times 104,04)}} \\ &= 0.193 \end{aligned}$$

2. $V_s = 13 \text{ knot}$

3. $V_s = 13 \times 0,5144 \text{ m/det}$
 $= 6,687 \text{ m/det}$

4. $V_s^2 = 44,716 \text{ m}^2/\text{det}^2$

5. $1/2 \cdot p \cdot S \cdot V_s^2$ (Ref. 3, hal 119)

Dimana:

$$\begin{aligned} p &= \text{Massa jenis (kg.det}^2/\text{m}^4) \\ &= 104,49 \text{ kg.det}^2/\text{m}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S &= \text{Luas permukaan basah kapal} \\ &= 2607,600 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} 1/2 \cdot p \cdot S \cdot V_s^2 &= 0.5 \times 104,49 \times 2607,600 \times 44,716 \\ &= 6091842,321 \text{ N} \end{aligned}$$

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 ($L/V^{1/3}$) dan bilangan Froude (F_n).

Diketahui:

$$L_{wl} = 98,00 \text{ m}$$

$$V = 8939,52 \text{ m}^3$$

$$L/V^{1/3} = 4,721$$

Nilai C_R untuk kapal standar didapat dari gambar 5.5.7 dan 5.5.8 (Ref. 3, hal 122-123)

$$L/V^{1/3} = 4,00 \quad F_r = 0,193 \quad 10^3 C_R = 1$$

$$L/V^{1/3} = 4,50 \quad F_r = 0,193 \quad 10^3 C_R = 0,9$$

$$L/V^{1/3} = 4,721 \quad F_r = 0,193 \quad 10^3 C_R = \dots$$

$$10^3 C_R = 1 + \left[\frac{(4,721 - 4)}{(4,5 - 4)} \right] \times (0,9 - 1)$$

$$10^3 C_R = 1,144$$

7. Koreksi B/T

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

$$10^3 C_R = 10^3 C_{R B/T=2,5} - 0,16 (B/T - 2,5) \quad (\text{Ref. 3, hal 119})$$

Harga koreksi tersebut dapat positif dan negatife.

Beam draft rasio kapal $B/T = 6$, maka koreksi sebagai berikut :

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

$$10^3 C_R = 0,16 (3,3 - 2,5)$$

$$= 0,128$$

8. Koreksi LCB

Koreksi lain untuk Tahanan sisa adalah :

$$\Delta LCB = LCB - LCB_{\text{standar}} \quad (\text{LCB dalam } \%L_{pp}) \quad (\text{Ref. 3, hal 130})$$



Dimana :

$$LCB_{\text{standar}} = 0,98 \% \text{ (Berdasarkan gbr 5.5.15)} \quad (\text{Ref. 3, hal. 130})$$

$$\begin{aligned} LCB &= \frac{LCB \times L_{pp}}{100} \\ &= \frac{0,98 \times 96,00}{100} \end{aligned}$$

$$LCB = 0,94 \%$$

$$\begin{aligned} LCB &= 0,98 \% - 0,94 \% \\ &= 0,04 \end{aligned}$$

Faktor ($d10^3 C_R/dLCB$) untuk tiap 1 % LCB didapat dari :

$$\frac{d10^3 C_R}{d} = 0,05 \text{ (Berdasarkan gbr 5.5.16)}$$

d

$$\begin{aligned} \text{Koreksi terhadap } 10^3 C_R &= \frac{d10^3 C_R}{d LCB} \times \Delta LCB \\ &= 0,05 \times 0,04 \\ &= 0,002 \end{aligned}$$

9. Koreksi Bentuk Penampang Depan dan Belakang

$$\text{Koreksi } C_R = 0 \text{ (Bentuk standar)} \quad (\text{Ref. 3, hal. 131})$$

10. Koreksi Bentuk Haluan

$$\text{Koreksi } C_R = 0$$

11. Koreksi anggota badan kapal (Ref. 3, hal. 132)

- a. Daun Kemudi = Tidak ada koreksi, karena kapal standart telah memasukkan terpasangnya daun kemudi
- b. Lunas bilga = Tidak ada koreksi
- c. *Boss propeller* = Harga C_g dinaikkan 3% - 5%
 $= 1,144 \times 5\%$
 $= 0,057$
- d. *Shaft Propeller* = Harga C_R dinaikkan 5% - 8%
 $= 1,144 \times 8\%$
Shaft Propeller = 0,091



Jadi, koreksi anggota badan kapal

$$10^3 C_g = (0) + (0) + (0,057) + (0,091) = 0,148$$

12. Resultan $10^3 C_R$

$$\begin{aligned} 10^3 C_R &= \text{No. 6} + \text{no. 7} + \text{No. 8} + \text{No. 9} + \text{No. 10} + \text{No. 11} && (\text{Ref. 3, hal 125}) \\ &= 1,144 + 0,128 + 0,002 + 0 - 0 + 0,148 \\ &= 1,422 \end{aligned}$$

13. Reynolds Number (R_n)

(Ref. 3, hal 125)

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{V_s \times L_{wl}}{\dot{\nu}} \\ &= \frac{6,687 \times 104,04}{1,1883 \times 10^{-6}} \\ &= 551,481 \times 10^6 \end{aligned}$$

14. Koefisien Tahanan gesek (C_f)

Dapat diperoleh dari gambar 5.5.14 (Ref.. 3, Hal. 129) yang merupakan fungsi dari panjang kapal (L_{pp}) dan Kecepatan (V_s).

$$\begin{array}{lll} L_{wl} = 98,00 \text{ m} & V_s = 5,00 \text{ m/dt} & 10^3 C_F = 1,64 \\ L_{wl} = 98,00 \text{ m} & V_s = 7,00 \text{ m/dt} & 10^3 C_F = 1,58 \\ L_{wl} = 98,00 \text{ m} & V_s = 6,687 \text{ m/dt} & 10^3 C_F = \dots\dots \end{array}$$

$$10^3 C_F = 1,64 \times \frac{(6,687 - 5,00)}{(7,00 - 5,00)} \times (1,58 - 1,64)$$

$$10^3 C_F = 1,589$$

15. Koreksi C_F

$$10^3 C_F = \frac{s'}{s} \times 10^3 C_F \quad (\text{Ref. 3, hal. 132})$$

$$= \frac{2661,925}{2607,600} \times 1,589$$

$$10^3 C_F = 1,622$$

**16. Tahanan Tambahan (C_A)**Untuk kapal $L \geq 150$ m (Ref. 3, hal. 132)

$$10^3 C_A = 0,2$$

17. Tahanan Udara

$$10^3 C_{AA} = 0,07 \quad (\text{Ref. 3, hal. 132})$$

18. Tahanan Kemudi

$$10^3 C_{AS} = 0,04 \quad (\text{Ref. 3, hal. 132})$$

19. Koefisien Tahanan Total

(Ref. 3, hal. 132)

$$\begin{aligned} 10^3 C_T &= C_R + C_F + C_A + C_{AA} + C_{AS} \\ &= 1,422 + 1,589 + 0,2 + 0,07 + 0,04 = 3,321 \end{aligned}$$

20. Tahanan total

(Ref. 3, hal. 133)

$$\begin{aligned} R_T &= C_T \left(\frac{1}{2} \rho \cdot S \cdot V_s^2 \right) \\ &= 3,321 \times 10^3 \times 6091842,32 \text{ kg} \\ R_T &= 20231,008 \text{ N} \end{aligned}$$

1.6 Perhitungan Daya-Daya Mesin dan Pemilihan Penggerak Kapal**1. Effective Horse Power**

(Ref. 8, hal. 52)

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

$$\begin{aligned} \text{EHP} &= \frac{V_s \times R_t}{75} \\ &= \frac{6,687 \times 20231,008}{75} \\ &= 1803,80 \text{ HP} \end{aligned}$$

2. Shaft Horse Power (SHP)

$$\text{SHP} = \frac{1}{P.C} \times \text{EHP} \quad (\text{Ref. 8, hal. 78})$$

$$P.C = \eta_0 \times \eta_H \times \eta_H \quad (\text{Ref. 8, hal. 79})$$



Dimana :

$$\begin{aligned}\eta_0 &= \text{Efisiensi propeller dari percobaan model (0,50-0,65)} \\ &= 0,6\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\eta_H &= \text{Efisiensi rotary relative (single screw) } < 1,00 \sim \pm 1,02 \\ &= 1,07\end{aligned}$$

$$\eta_H = \text{Efisiensi Lambung Kapal}$$

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

Dimana :

- Faktor arus ikut (w) menurut Taylor untuk kapal *propeller* tunggal (*single screw*)

$$\begin{aligned}w &= -0,05 + (0,05 \times C_b) \\ &= -0,05 + (0,05 \times 0,776) \\ &= 0,376\end{aligned}$$

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

$$t = k w$$

koefisien = 0,05 – 0,070, diambil 0,70

$$t = 0,70 \times 0,376 = 0,263$$

$$\begin{aligned}\eta_H &= \frac{(1-t)}{(1-w)} \\ &= \frac{(1 - 0,263)}{(1 - 0,376)} \\ &= 1,181\end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned}P.C &= \eta_H \times \eta_{rr} \times \eta_0 \\ &= 1,181 \times 1,07 \times 0,6 \\ &= 0,758 = 781 \%\end{aligned}$$

Jadi, *Shaft Horse Power* (SHP)

$$\begin{aligned} \text{SHP} &= \frac{1}{p.c} \times \text{EHP} && (\text{Ref. 8, hal. 78}) \\ &= (1/0,758) \times 1803,80 \text{ HP} \\ &= 2379,683 \text{ HP} \end{aligned}$$

3. *Brake Horse Power* (BHP)

(Ref. 8, hal. 79)

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

3% kerugian daya di gear box

3% letak kamar mesin di belakang

15% penambahan *sea margin*

$$\begin{aligned} \text{BHP} &= \text{SHP} + (\text{gear box} + \text{letak kamar mesin} + \text{sea margin}) \text{SHP} \\ &= 2379,683 + (3+3+15)\% \times 2379,683 \text{ HP} \\ &= 2879,416 \text{ HP} \times 0,736 \\ &= 2119,250 \text{ KW} \end{aligned}$$

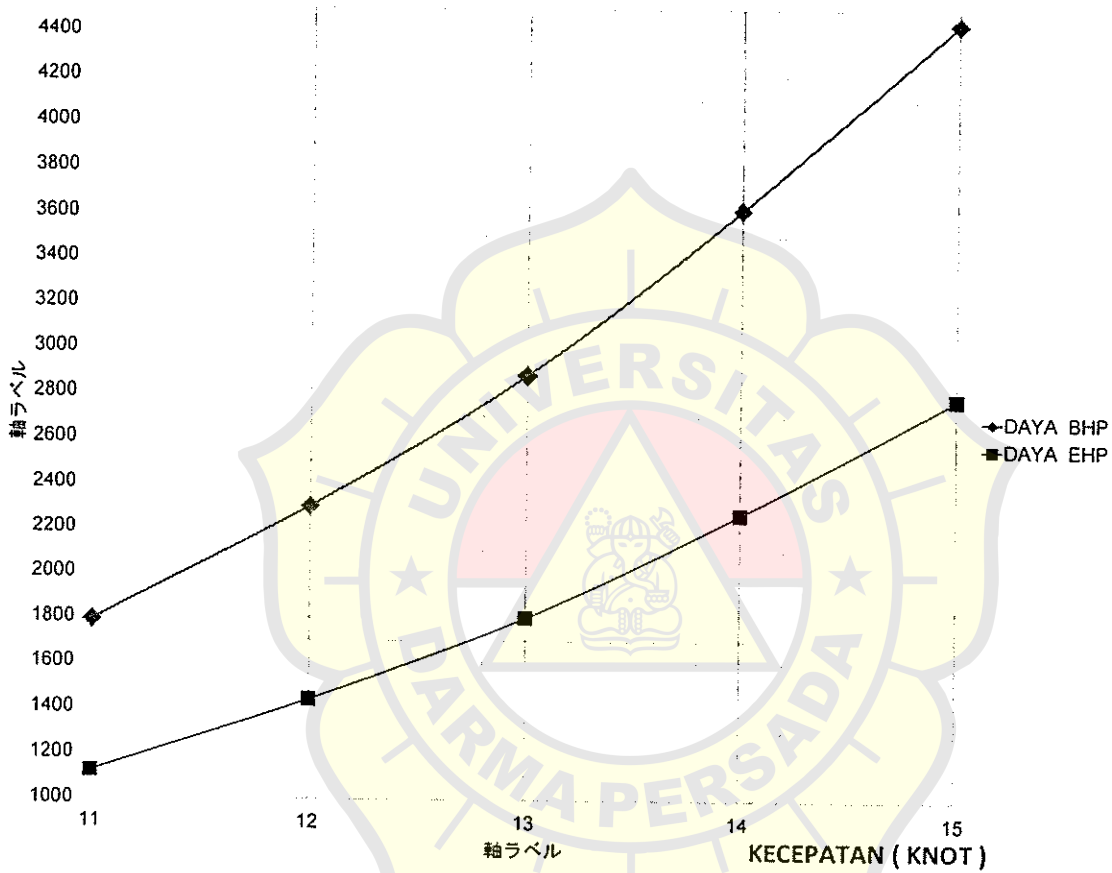
Dari kurva diatas, maka dapat ditentukan besarnya daya mesin yang digunakan untuk kapal rancangan. Dimana besarnya daya mesin dan dimensi mesin yang dipilih adalah sebagai berikut:

- Merk	: MAN DIESEL
- Type	: L28/32A
- Jumlah silinder	: 9
- <i>Bore & Stroke</i>	: 280 x 320 (mm)
- Daya	: 2205 KW atau 2996 HP
- Putaran Mcsin	: 775 Rpm
- Konsumsi bahan bakar (<i>SFOC</i>)	: 188 g/kwh
- Dimensi	: 6770 x 1844 x 3242 (mm)

Dengan menggunakan mesin induk diatas maka kecepatan kapal yang dicapai adalah sebesar 13 knot

KECEPATAN (KNOT)	DAYA	
	BHP	EHP
0	0	0
11	1787.628	1119.854
12	2297.838	1439.473
13	2879.416	1803.800
14	3615.196	2264.727
15	4434.306	2777.855

KURVA DAYA DAN KECEPATAN



TABEL PERHITUNGAN DAYA MESIN KAPAL PADA 5 KECEPATAN

No.	RUMUS	Satuan / Sumber Rumus	Kecepatan (KNOT)					
			11	12	13	14	15	
1	V_s	Knot						
2	V_s	m/dt	5.6584	6.1728	6.6872	7.2016	7.716	
3	V_{s2}	m ² /dt ²	32.017	38.103	44.719	51.863	59.537	
4	$F_n = V / \sqrt{g.l}$		0,182	0,190	0,193	0,232	0,248	
5	$5. l/2.p.S.Vs^2$	Kg	4360852.352	5191198.933	6,091,842	7064281.051	8110831.115	
6	$10^3 CR L/V1/3$	gambar 5.5.7 dan 5.5.8	1,144	1,144	1,144	1,144	1,144	
7	Koreksi B/T	gambar 5.5.17	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	
8	Koreksi LCB	gambar 5.5.15 ~ 20	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	
9	Koreksi Garis Penampang	5.5.20	0	0	0	0	0	
10	Koreksi Bentuk Haluan	5.5.21	0	0	0	0	0	
11	Koreksi Anggota Badan	5.5.22	0,148	0,148	0,148	0,148	0,148	
12	Resultan $10^3 C_R$	6+7+8+9+10+11	1,258	1,258	1,258	1,258	1,258	
13	$10^6 R_n$	V.L/3	466.619	509.091	551.481	593.871	636.344	
14	$10^3 CR ITTC 1957$	gambar 5.5.14	1,638	1,604	1,589	1,575	1,565	
15	$10^3 CF$	S1/SX103Cf	1,672	1,637	1,622	1,607	1,597	
16	$10^3 C_A$	5.5.23	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	
17	$10^3 C_{Aa}$	5.5.26	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	
18	$10^3 C_{As}$	5.5.27	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	
19	$103 CT = CR + CF + CA + CAA + CAS$	12+15+16+17+18	3,404	3,369	3,321	3,339	3,329	
20	$RT = CT (\frac{1}{2} p . S . Vs^2)$	Kg	14844.341	17489.149	20231.008	23587.634	27000.956	
21	$EHP = V . RT / 75$	HP	1119.854	1439.473	1803.80	2264.727	2777.855	
22	PC		0,758	0,758	0,758	0,758	0,758	
23	$SHP = EHP / PC$	HP	1477.378	1899.040	2379.683	2987.766	3664.716	
24	BHP	HP	1787.628	2297.838	2879.416	3615.196	4434.306	

Dengan menggunakan *Gearbox* sebagai berikut :

- Merk : MAN B&W
- Tipe : 56VO28
- Seri : AMG 28
- Rasio : 1 : 5,5
- Dimensi : 1693 X 1500 X 1480 (mm)

11.2. Penentuan Ukuran Utama *Propeller* Kapal

Propeller adalah suatu alat penggerak kapal yang dapat menghasilkan daya dorong yang melebihi Tahanan total kapal sehingga kapal dapat bergerak dengan kecepatan yang direncanakan. Sebagai alat penggerak kapal, kondisi kerja *propeller* dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti; hubungan kerjanya dengan lambung kapal, pengaruh kavitasi, bentuk dan ukuran geometris *propeller* tersebut.

Kapal yang sedang berlayar merupakan snam henda 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 *Propeller* 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 (*propeller* 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 ujuk kerja yang baik.

Adapun beberapa hal yang berpengaruh terhadap perencanaan *propeller* kapal adalah antara lain :

- Diameter *propeller* optimum.
- *Thrust Horse Power*.
- Putaran *propeller*.
- Jumlah daun *propeller*.

- Efek kavitasi terhadap *propeller*.
- Kekuatan *propeller*.

2.1 Perencanaan *Propeller* Kapal

Perencanaan penentuan dimensi *propeller* akan sangat menentukan terhadap hasil kinerja kapal rancangan. Adapun *propeller* yang dipilih adalah *propeller* yang memakai tipe "B" Wageningan sedangkan perencanaannya memakai Bp-8 diagram dan *propeller* tipe "B-4" hasil dari Open Water Test di Nederland Ship model Basim (NSMB) sekarang berganti nama Maritime Research Institute Of (MARIN). perencanaannya sebagai berikut :

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

Koefisien *Propeller*

Untuk menentukan koefisien *propeller* menggunakan rumus yaitu :

$$B_p = \frac{N_k \times \sqrt{SHP}}{V_a^{2.5}} \quad (\text{Ref. 7, hal. 94})$$

Dimana :

N_k = Putaran *propeller* setelah dikoreksi (Nm)

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

V_a = *Advance speed of propeller* (knot)

1.1 Koreksi RPM *Propeller* (N_k)

Karena memakai Bp-8 diagram maka dilakukan koreksi *Scale* untuk N sebesar 2%

$$\begin{aligned} Rpm &= \text{putaran mesin utama kapal rancangan} \\ &= 775 \text{ rpm} \end{aligned}$$

Reduction gear yang dipilih 1 : 5,5

$$\begin{aligned} N_{\text{baling2}} &= 775/5,5 \\ &= 140.90 \text{ rpm} \\ &= 141 \text{ rpm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_k &= 0,97 \times 130,91 \text{ (koreksi } scale \text{ effect 2\%)} \\ &= 139 \text{ rpm} \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas ditetapkan harga $N = 139$ rpm.



1.2 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 belakang
- Koreksi *HP Metric HP British* = $\frac{75}{76}$
- Koreksi *density* dari air tawar ke air laut = $\frac{1.000}{1.025}$

$$\begin{aligned} \text{Maka : } \quad \text{SHP} &= (\text{BHP} - (3+3)\%) \times \frac{75}{76} \times \frac{1.000}{1.025} \\ &= (2996 - (6)\%) \times \frac{75}{76} \times \frac{1.000}{1.025} \\ &= 2675,2 \text{ HP.} \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas ditetapkan harga SHP = 2675,2 HP.

1.3 Advance Speed of Propeller (V_a)

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

$$V_a = V_s (1-w) \quad (\text{Ref. 7, hal 82})$$

Dimana :

V_a = *Advance speed of propeller (knot)*

w = *Wake Friction*

$$= 0,317$$

V_s = Kecepatan kapal rancangan

$$= 13,52 \text{ knot}$$

$$\text{Maka : } V_a = (1 - 0,317) \times 13,52 = 9,23 \text{ knot}$$

Dari perhitungan di atas ditetapkan harga $V_a = 9,23$ Knot

Maka :

$$\begin{aligned} B_p &= \frac{N_g \times \sqrt{SHP}}{V_a^{2.5}} \\ &= (139 \times \sqrt{2675,2}) / 9,23^{2.5} \\ &= 27,18 \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas ditetapkan harga $B_p = 27,18$



2. Diameter Optimum (Do)

Untuk menentukan Diameter Optimum (Do) digunakan rumus :

$$D_o = \frac{\partial_k \times v_a}{N_k} \quad (\text{Ref. 7, hal 94})$$

Dimana :

- Do = Diameter Optimum
- ∂_k = Koreksi *Advance Coefficient*
- Va = *Advance Speed* dari *Propeller*
= 9,23 knot
- N_k = Koreksi Putaran *propeller*
= 139 rpm

- Maka diameter optimum (Do) adalah :

- Untuk B4-40

∂ diagram untuk B4-40 $\partial = 212$

Koreksi dari *open Condition* menjadi *behind Condition* sebesar 5%

Dengan harga ∂ sudah di koreksi = 201.4

Hasil dari diagram Bp- ∂ diagram :

η_p (*efisiensi propeller*) = 61,4 %

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

Maka :

$$D_o = \frac{\partial_i \times v_a}{N}$$

$$D_o = (201,4 \times 9,23) / 139 = 13.37 \text{ feet} \text{ dijadikan meter} = \times 0,3048 \\ = 4,07 \text{ m}$$

- Untuk B4-55

∂ diagram untuk B4-55 $\partial = 210$

Koreksi dari *open Condition* menjadi *behind Condition* sebesar 5%



Dengan harga δ sudah di koreksi = 199,5

Hasil dari diagram Bp- δ diagram :

$$\eta_p \text{ (efisiensi propeller)} = 60,2 \%$$

$$\text{Ho/D (Pitch Ratio)} = 0,74$$

Maka :

$$D_o = \frac{\delta i \times V_a}{N}$$

$$D_o = (199,5 \times 9,23) / 139 = 13,24 \text{ feet dijadikan meter} = \times 0,3048 \\ = 4,03 \text{ m}$$

- Untuk B4-70

δ diagram untuk B4-70 $\delta = 200$

Koreksi dari *open Condition* menjadi *behind Condition* sebesar 5%

Dengan harga δ sudah di koreksi = 190

Hasil dari diagram Bp- δ diagram :

$$\eta_p \text{ (efisiensi propeller)} = 57,6 \%$$

$$\text{Ho/D (Pitch Ratio)} = 0,82$$

Maka :

$$D_o = \frac{\delta i \times V_a}{N}$$

$$D_o = 190 \times 9,23 / 139 = 12,61 \text{ feet dijadikan m} = \times 0,3048 \\ = 3,84 \text{ m}$$

- Untuk B4-85

δ diagram untuk B4-85 $\delta = 198$

Koreksi dari *open Condition* menjadi *behind Condition* sebesar 5%

Dengan harga δ sudah di koreksi = 190

Hasil dari diagram Bp- δ diagram :

$$\eta_p \text{ (efisiensi propeller)} = 57,2 \%$$

$$\text{Ho/D (Pitch Ratio)} = 0,82$$

Maka :

$$D_o = \frac{\partial i \times V_a}{N}$$

$$D_o = (190 \times 9,23) / 139 = 12,61 \text{ feet} \text{ dijadikan } m = \times 0,3048 \\ = 3,80 \text{ m}$$

Untuk perencanaan *propeller* ini menggunakan perbandingan dari beberapa jenis *propeller* tipe B yaitu B4-40, B4-55, B4-70, dan B4-85. Dari grafik $B_p - \delta$ diagram itu didapatkan untuk harga $B_p = 27,18$ adalah sebagai berikut :

Tabel 2. Perencanaan *Propeller*

No.	Item	D	H/D	η_p
1	B4-40	4,07	0,72	61 %
2	B4-55	4,03	0,74	59,8 %
3	B4-70	3,84	0,82	57,6 %
4	B4-85	3,80	0,82	57,2 %

3. Perhitungan Kavitasasi

Untuk mengatasi atau mengurangi resiko kerusakan pada *propeller* akibat kavitasasi. maka perlu dirancang bentuk dan dimensi *propeller* yang sesuai atau *propeller* bebas kavitasasi.

Oleh sebab itu untuk menentukan diameter *propeller* yang optimal, bebas kavitasasi. serta mempunyai efisiensi yang cukup baik, maka harus diadakan perhitungan-perhitungan untuk penentuan diameter *propeller*. Kavitasasi 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 *propeller* kapal. Bila *propeller* ini mengalami kavitasasi maka akan menimbulkan suara berisik dan getaran pada *propeller* yang mengurangi unjuk kerjanya secara optimum. Pemilihan ukuran *propeller* dengan resiko kavitasasi terkecil dengan memakai diagram kavitasasi (*Burrill*).

3.1 Konstanta Kavitasasi

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

$$\sigma_{0,7} = \frac{(P_o - e) \cdot (0,7 \times \gamma)}{\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot (V_a^2 + (2\pi \cdot 0,7 R n)^2)} \quad (\text{Ref. 3, hal 199})$$

Dimana :

P_o = Beda tekanan statik pada sumbu *propeller*.

ρ = kerapatan air laut
= 104.49 Kg.det² m⁴.

V_a = *Advance Speed* dari *propeller*.
= 9,23 Knot.

n = Koreksi putaran *propeller* perdetik
= 8,49 Rps.

Maka :

Beda tekanan statik pada sumbu poros *propeller* (P_o) adalah :

- | | | | |
|---|-------|---|----------------------------|
| a. Sarat air kapal (<i>Draft</i>) | T | = | 600 m |
| b. Tinggi sumbu poros <i>propeller</i> thd garis dasar kapal | h_1 | = | 200 m - |
| | | = | 400 m |
| c. Tinggi Gelombang (3/4 % Lpp) | h_2 | = | 0,765 m - |
| <i>Water head</i> diatas garis/sumbu poros <i>propeller</i> | | = | 4,765 m |
| d. Tekanan hidrostatis pada garis/sumbu poros
Baling2 di air laut (1,42 x 1025 kg/m ³) | | = | 4884,12 kg m ² |
| e. (tekanan atmosfer) - (<i>vapour pressure</i> - e) | | = | 10100 kg m ² + |
| (Tekanan statis digaris sumbu poros baling2) - (e) | | = | 14984,12 kg m ² |
- Dari perhitungan ditetapkan harga $P_o - e = 14984,12 \text{ kg/m}^2$

Maka konstanta kavitasinya adalah :

- Untuk B4-40

$$\sigma_{0,7} = \frac{14984,12 - (0,7 \times 2,098 \times 1025)}{0,5 \times 104,49 (8,33^2 + (2 \times 3,14 \times 0,7 \times 2,095 \times 2,11)^2)}$$
$$= 0,56$$



- Untuk B4-55

$$\sigma_{0,7} = \frac{14984,12 - (0,7 \times 2,045 \times 1025)}{0,5 \times 104,49 (8,33^2 + (2 \times 3,14 \times 0,7 \times 2,095 \times 2,11)^2)}$$

$$= 0,58$$

- Untuk B4-70

$$\sigma_{0,7} = \frac{14984,12 - (0,7 \times 1,98 \times 1025)}{0,5 \times 104,49 (8,33^2 + (2 \times 3,14 \times 0,7 \times 2,095 \times 2,11)^2)}$$

$$= 0,62$$

- Untuk B4-85

$$\sigma_{0,7} = \frac{14984,12 - (0,7 \times 1,925 \times 1025)}{0,5 \times 104,49 (8,33^2 + (2 \times 3,14 \times 0,7 \times 2,095 \times 2,11)^2)}$$

$$= 0,66$$

3.4 Koefisien Gaya Dorong (τ)

Untuk menentukan koefisien gaya dorong ini digunakan rumus sebagai berikut :

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

Dimana :

- Penentuan Thrust (T)

Untuk menentukan thrust digunakan rumus-rumus sebagai berikut :

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

$$\dot{\eta}_p = \frac{THP}{SHP} \rightarrow THP = \dot{\eta}_p \cdot SHP$$

Maka :

$$T = \frac{SHP \times \dot{\eta}_p \times 75}{V_a}$$

Dimana :

$$T = Thrust$$

$$SHP = Shaft Horse Power = 2262,52 \text{ HP.}$$

$$\dot{\eta}_p = Propulsive Efficiency$$

$$V_a = Advance speed of propeller = 10,93 \text{ knot}$$

Maka :

- Untuk B4-40 dan $\eta_p = 61,2 \%$

$$T = \frac{2262,52 \times 0,612 \times 75}{8,33}$$

$$= 12466,946 \text{ kg}$$

- Untuk B4-55 dan $\eta_p = 59,8 \%$

$$T = \frac{2262,52 \times 0,598 \times 75}{8,33}$$

$$= 12181,755 \text{ kg}$$

- Untuk B4-70 dan $\eta_p = 57,6 \%$

$$T = \frac{2262,52 \times 0,576 \times 75}{8,33}$$

$$= 11733,579 \text{ kg}$$

- Untuk B4-85 dan $\eta_p = 57,2 \%$

$$T = \frac{2262,52 \times 0,572 \times 75}{8,33}$$

$$= 11652,113 \text{ kg}$$

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

Untuk menentukan *project blade area* digunakan rumus yaitu :

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

- Untuk B4-40

Developed Blade Ratio

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

Disc Area of The Screw (F)

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

$$= \frac{3,14}{4} \times (4,19)^2$$

$$= 13,78$$

Developed Blade Area (Fa)

$$F_a = 0,40 \times 13,78$$

$$= 5,512$$



Jadi :

$$\begin{aligned}F_p &= (1,067 - (0,229 \times 0,72)) \times 5,512 \\ &= 4,97\end{aligned}$$

- **Untuk B4-55**

Developed Blade Ratio

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

Disc Area of The Screw (F)

$$\begin{aligned}F &= \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \\ &= \frac{3,14}{4} \times (4,09)^2 \\ &= 13,131\end{aligned}$$

Developed Blade Area (Fa)

$$\begin{aligned}F_a &= 0,55 \times 13,131 \\ &= 7,22\end{aligned}$$

Jadi :

$$\begin{aligned}F_p &= (1,067 - (0,229 \times 0,74)) \times 7,22 \\ &= 6,48\end{aligned}$$

- **Untuk B4-70**

Developed Blade Ratio

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

Disc Area of The Screw (F)

$$\begin{aligned}F &= \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \\ &= \frac{3,14}{4} \times (3,96)^2 \\ &= 12,31\end{aligned}$$

Developed Blade Area (Fa)

$$\begin{aligned}F_a &= 0,70 \times 12,31 \\ &= 8,61\end{aligned}$$

Jadi :

$$F_p = (1,067 - (0,229 \times 0,82)) \times 8,61 = 7,57$$



- Untuk B4-85

Developed Blade Ratio

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

Disc Area of The Screw (F)

$$\begin{aligned} F &= \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \\ &= \frac{3,14}{4} \times (3,95)^2 \\ &= 12,24 \end{aligned}$$

Developed Blade Area (Fa)

$$\begin{aligned} F_a &= 0,85 \times 12,24 \\ &= 10,40 \end{aligned}$$

Jadi :

$$\begin{aligned} F_p &= (1,067 - (0,229 \times 0,82)) \times 10,40 \\ &= 9,15 \end{aligned}$$

Maka koefisien gaya dorongnya (τ) adalah :

- Untuk B4-40

$$\begin{aligned} \tau &= \frac{T}{\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot F_p \cdot V^2} \\ &= \frac{12466946}{0,5 \times 104,49 \times 4,97 (2 \times 3,14 \times 0,7 \times 2,045 \times 2,11)^2} \\ &= 0,127 \end{aligned}$$

- Untuk B4-55

$$\begin{aligned} \tau &= \frac{T}{\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot F_p \cdot V^2} \\ &= \frac{12181,775}{0,5 \times 104,49 \times 6,48 (2 \times 3,14 \times 0,7 \times 2,045 \times 2,11)^2} \\ &= 0,100 \end{aligned}$$

- Untuk B4-70

$$\begin{aligned}\tau &= \frac{T}{\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot F_p \cdot V^2} \\ &= \frac{11733,597}{0,5 \times 104,49 \times 7,57 (2 \times 3,14 \times 0,7 \times 1,98 \times 2,1)^2} \\ &= 0,087\end{aligned}$$

- Untuk B4-85

$$\begin{aligned}\tau &= \frac{T}{\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot F_p \cdot V^2} \\ &= \frac{11652,113}{0,5 \times 104,49 \times 9,15 (2 \times 3,14 \times 0,7 \times 1,98 \times 2,11)^2} \\ &= 0,072\end{aligned}$$

3.5 Tabel Perhitungan Kavitasasi

Setelah didapat dilakukan perhitungan kavitasasi diatas, langkah selanjutnya adalah untuk melakukan penggambaran grafik rancangan *propeller*.

Berikut dibawah ini adalah tabel hasil perhitungan kavitasasi.

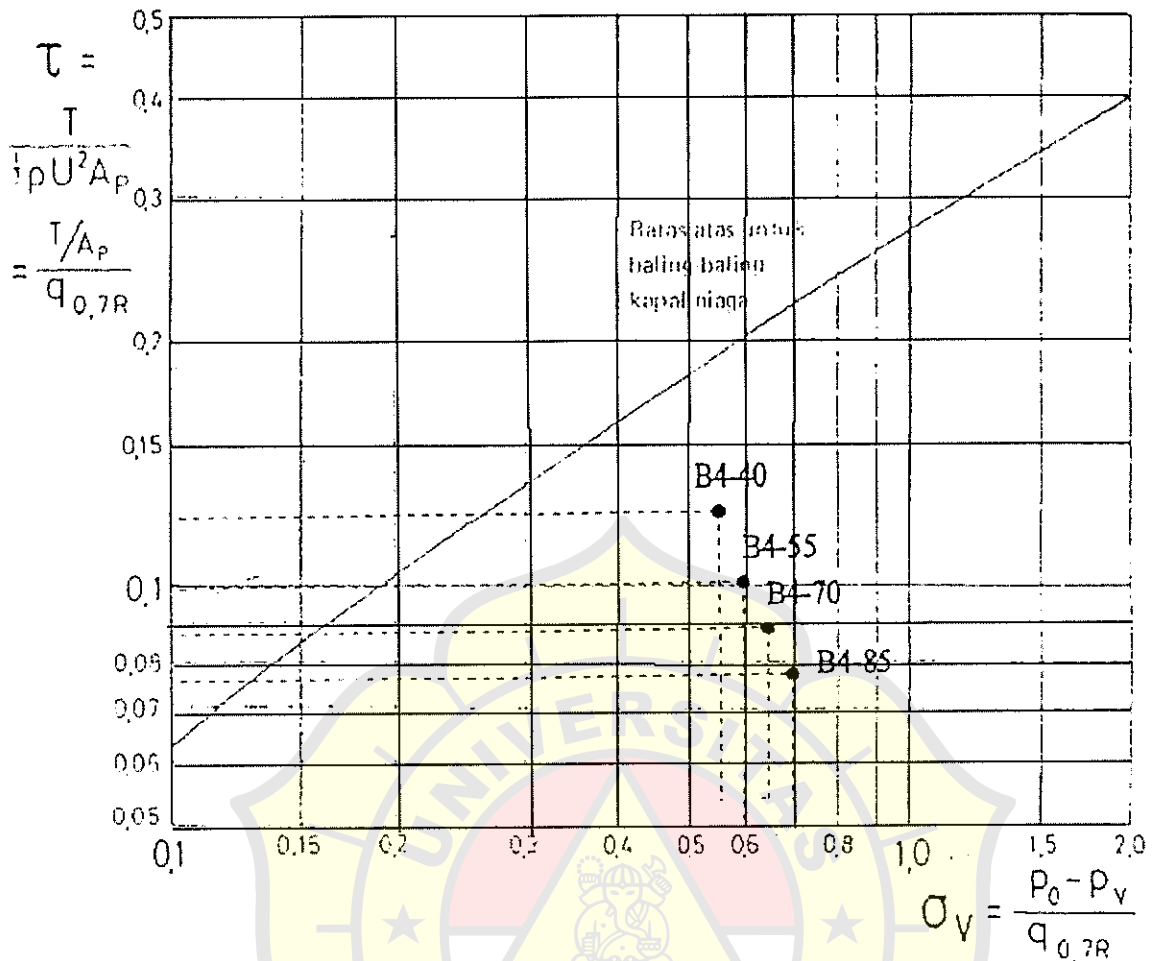
Tabel 3. Perhitungan Kavitasasi

	$\sigma_{0,7}$	τ	Fp/Fa	Fa/F	F	Fa	Fp
B4-40	0,56	0,127	0,90	0,40	1,47	5,51	4,97
B4-55	0,58	0,100	0,90	0,55	1,45	7,22	6,48
B4-70	0,62	0,087	0,88	0,70	1,33	8,61	7,57
B4-85	0,66	0,072	0,87	0,85	1,31	10,40	9,15

Tabel 3.A Perhitungan Kavitasasi

No.	Item	D	Z	$\dot{\eta}_p$
1	B4-40	4,07	4	61 %
2	B4-55	4,03	4	59,8 %
3	B4-70	3,84	4	57,6 %
4	B4-85	3,80	4	57,2 %

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 :

- Tipe *propeller* berada pada: B4-40
- Diameter *propeller* (*D*) : 4.07 m
- *Pitch Ratio propeller* (*Ho/D*) : 0,72
- *Developed Blade Ratio* (*Fa/F*) : 0,40
- *Effisiensi propeller* (*np*) : 61%
- Jumlah daun *propeller* (*Z*) : 4

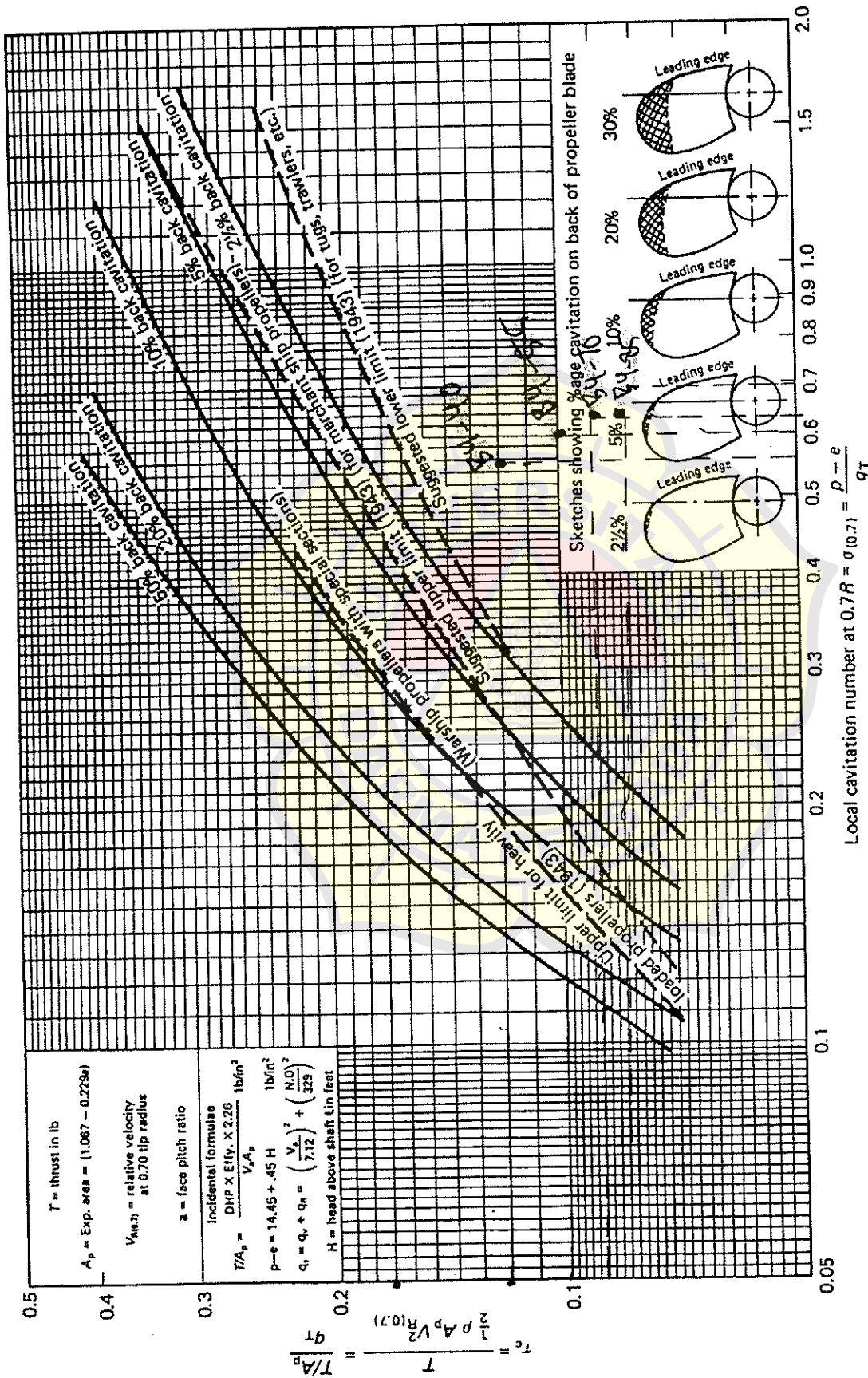


Figure 9.18 Burrill cavitation diagram for uniform flow (Reproduced from Reference 22)

Signature

Jari-jari (m) = 2.035
 Hasil skala 407
 Hasil skala 203.5

Panjang Blade elemen untuk Fa/F = 0.85/0.41*0.2187 = 1891.481625 mm
 Ketebalan maksimum(Si) = 0.045xD = 1891.481625 mm
 Skala keseluruhan = 0.18315 = 183.150000 mm

Center line ke Trailing Edge

r/R	L 0.6 R (mm)	Konstanta	Ordinat (mm)	Skala 1:10 (mm)
0.2	1891.481625	29.18%	551.9343382	55.19343382
0.3	1891.481625	33.32%	630.2416775	63.02416775
0.4	1891.481625	37.30%	705.5228461	70.55228461
0.5	1891.481625	40.78%	771.3462067	77.13462067
0.6	1891.481625	43.92%	830.7387297	83.07387297
0.7	1891.481625	46.68%	882.9436226	88.29436226
0.8	1891.481625	48.35%	914.513657	91.4513657
0.9	1891.481625	47.00%	888.9863638	88.89863638
1	1891.481625	20.14%	380.9443993	38.09443993

Panjang elemen total

r/R	L 0.6 R	Konstanta	Ordinat (mm)	Skala 1:10
0.2	1891.481625	76.08%	1439.03922	143.90392203
0.3	1891.481625	85.96%	1625.917605	162.59176049
0.4	1891.481625	93.62%	1770.805097	177.08050973
0.5	1891.481625	98.38%	1860.839623	186.08396227
0.6	1891.481625	100%	1891.481625	189.14816250
0.7	1891.481625	98.08%	1855.165178	185.51651778
0.8	1891.481625	90.00%	1702.333463	170.23334625
0.9	1891.481625	72.35%	1368.488956	136.84889557
1	1891.481625	0.00%	0	0.00000000

Jarak ordinat Tebal maksimum blade tiap elemen

r/R	Konstanta (%D)	Ordinat(mm)	Skala 1:10
0.2	3.66%	148.9620000	14.8962
0.3	3.24%	131.8680000	13.1868
0.4	2.82%	114.7740000	11.4774
0.5	2.40%	97.6800000	9.768
0.6	1.98%	80.5860000	8.0586
0.7	1.56%	63.4920000	6.3492
0.8	1.14%	46.3980000	4.6398
0.9	0.72%	29.3040000	2.9304
1	0.30%	12.2100000	1.221

Jarak ordinat Tebal maksimum dari Leading Edge

r/R	Konstanta (%D)	Ordinat(mm)	Skala 1:10
0.2	35.0%	503.6637271	50.36637271
0.3	35.0%	569.071162	56.90711617
0.4	35.0%	619.781784	61.97817841
0.5	35.5%	660.596066	66.0596066
0.6	38.9%	735.7863521	73.57863521
0.7	44.3%	821.838174	82.18381738
0.8	47.9%	815.417729	81.54177285
0.9	50.0%	684.243478	68.42434778

Distribusi Pitch

r/R	Konstanta (%D)	Ordinat (mm)	Skala
0.2	82.20%	364.91957	36.49195701
0.3	88.70%	393.77574	39.37757404
0.4	95.00%	421.744029	42.17440287
0.5	99.20%	440.389554	44.03895541
0.6	100.00%	443.941083	44.39410828
0.7	100.00%	443.941083	44.39410828
0.8	100.00%	443.941083	44.39410828
0.9	100.00%	443.941083	44.39410828

Ho/D = 0.685
 Ho = 2.78795 m
 Ho/2π = 0.443941083 m

Skala 1:10 = 278.795 mm
 Skala 1:10 = 44.39410828 mm

DISTRIBUSI PITCH

Ordinat Back Trailing Edge

r/R	20%	40%	60%	80%	Ordinat(mm)
0.2	96.45%	143.673849	129.447978	72.65%	108.220893
0.3	96.80%	127.648224	114.461424	71.60%	94.417488
0.4	97.00%	111.33078	99.336897	70.25%	80.628735
0.5	96.95%	94.70076	84.10248	68.40%	66.81312
0.6	96.80%	78.007248	68.820444	67.15%	54.113499
0.7	96.65%	61.365018	53.904708	66.90%	42.476148
0.8	96.70%	44.866866	39.577494	67.80%	31.457844
0.9	97.00%	28.42488	25.49448	70.00%	20.5128

Gambar setelah diskala

r/R	20%	40%	60%	80%	Ordinat(mm)
0.2	96.45%	14.3673849	12.9447978	72.65%	10.8220893
0.3	96.80%	12.7648224	11.4461424	71.60%	9.4417488
0.4	97.00%	11.133078	9.9336897	70.25%	8.0628735
0.5	96.95%	9.470076	8.410248	68.40%	6.681312
0.6	96.80%	7.8007248	6.8820444	67.15%	5.4113499
0.7	96.65%	6.1365018	5.3904708	66.90%	4.2476148
0.8	96.70%	4.4866866	3.9577494	67.80%	3.1457844
0.9	97.00%	2.842488	2.549448	70.00%	2.05128

Ordinat Back Leading edge

r/R	20%	40%	60%	80%	Ordinat (mm)	90%	95%	Ordinat (mm)
0.2	98.60%	146.876532	140.76909	87.00%	129.95694	110.82728	64.35%	95.857047
0.3	98.40%	129.758112	123.95592	85.80%	113.142744	95.6043	62.65%	82.615302
0.4	98.20%	112.708068	107.026755	84.30%	96.754482	80.800896	60.15%	69.036561
0.5	98.10%	95.82408	90.25632	82.40%	80.33064	66.12936	58.60%	55.48224
0.6	98.10%	79.054866	73.534725	79.35%	63.944991	51.252696	52.20%	42.065892
0.7	97.60%	61.968192	56.380896	74.90%	47.555508	36.19044	44.20%	28.063464
0.8	97.00%	45.00606	39.577494	68.70%	31.875426	22.367035	34.55%	16.030509
0.9	97.00%	28.42488	25.49448	70.00%	20.5128	13.230756	30.10%	8.820504

Gambar setelah diskala

r/R	20%	40%	60%	80%	Ordinat (mm)	90%	95%	Ordinat (mm)
0.2	98.60%	14.6876532	14.076909	87.00%	12.959694	11.082728	64.35%	9.5857047
0.3	98.40%	12.9758112	12.395592	85.80%	11.3142744	9.56043	62.65%	8.2615302
0.4	98.20%	11.2708068	10.7026755	84.30%	9.6754482	8.080896	60.15%	6.9036561
0.5	98.10%	9.582408	9.025632	82.30%	8.039064	6.612936	58.60%	5.548224
0.6	98.10%	7.9054866	7.3534725	79.35%	6.3944991	5.1252696	52.20%	4.2065892
0.7	97.60%	6.1968192	5.6380896	74.90%	4.7555508	3.619044	44.20%	2.8063464
0.8	97.00%	4.500606	3.9577494	68.70%	3.1875426	2.2387035	34.55%	1.6030509
0.9	97.00%	2.842488	2.549448	70.00%	2.05128	1.3230756	30.10%	0.8820504

Ordinat face Trailing Edge

r/R	20%	40%	60%	80%	Ordinat (mm)	100%	Ordinat (mm)
0.2	1.55%	2.308911	8.118429	16.236858	27.111084	30.00%	44.6886
0.3	0.00%	0	2.241726	5.90%	7.648344	23.35%	30.791178
0.4	0.00%	0	0	1.50%	1.72161	17.85%	20.487159
0.5	0.00%	0	0	0.00%	0	9.47496	4.109886
0.6	0.00%	0	0	0.00%	0	5.10%	4.109886
0.7	0.00%	0	0	0.00%	0	0.00%	0
0.8	0.00%	0	0	0.00%	0	0.00%	0
0.9	0.00%	0	0	0.00%	0	0.00%	0

r/R	20%	Ordinat (mm)	40%	Ordinat (mm)	60%	Ordinat (mm)	80%	Ordinat (mm)	100%	Ordinat (mm)
0.2	1.55%	0.2308911	5.45%	0.8118429	10.90%	1.6236858	18.20%	2.7111084	30.00%	4.46886
0.3	0.00%	0	1.70%	0.2241756	5.80%	0.7648344	12.20%	1.6087896	23.35%	3.0791178
0.4	0.00%	0	0.00%	0	1.50%	0.172161	6.20%	0.7115988	17.85%	2.0487159
0.5	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0	1.75%	0.17094	8.95%	0.947496
0.6	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0.4109886
0.7	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0
0.8	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0
0.9	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0

Ordinat Face Leading Edge

r/R	20%	Ordinat (mm)	40%	Ordinat (mm)	60%	Ordinat (mm)	80%	Ordinat (mm)	90%	Ordinat (mm)	95%	Ordinat (mm)	100%	Ordinat (mm)
0.2	0.45%	0.670329	2.30%	3.426126	5.90%	8.788758	13.45%	20.095389	20.30%	30.239286	36.20%	39.028044	40.00%	59.5848
0.3	0.05%	0.065934	1.30%	1.714284	4.60%	6.065928	10.85%	14.307678	16.55%	21.824154	22.20%	29.274696	37.55%	49.516434
0.4	0.00%	0	0.30%	0.344322	2.65%	3.041511	7.80%	8.952372	12.50%	14.34675	17.90%	20.544546	34.50%	39.59703
0.5	0.00%	0	0.00%	0	0.70%	0.68376	4.30%	4.20024	8.45%	8.25396	13.30%	12.99144	30.40%	29.69472
0.6	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0	0.80%	0.644888	4.45%	3.586077	8.40%	6.769224	24.50%	19.74357
0.7	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0	0.40%	0.253968	2.45%	1.555554	16.05%	10.190466
0.8	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0	7.40%	3.433452
0.9	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0

Gambar setelah diskala

r/R	20%	Ordinat (mm)	40%	Ordinat (mm)	60%	Ordinat (mm)	80%	Ordinat (mm)	90%	Ordinat (mm)	95%	Ordinat (mm)	100%	Ordinat (mm)
0.2	0.45%	0.0870329	2.30%	0.3426126	5.90%	0.8788758	13.45%	2.0035389	20.30%	3.0239286	26.20%	3.9028044	40.00%	5.95848
0.3	0.05%	0.0065934	1.30%	0.1714284	4.60%	0.6065928	10.85%	1.4307678	16.55%	2.1824154	22.20%	2.9274696	37.55%	4.9516434
0.4	0.00%	0	0.30%	0.0344322	2.65%	0.3041511	7.80%	0.8952372	12.50%	1.434675	17.90%	2.0544546	34.50%	3.959703
0.5	0.00%	0	0.00%	0	0.70%	0.068376	4.30%	0.420024	8.45%	0.825396	13.30%	1.299144	30.40%	2.969472
0.6	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0	0.80%	0.0644888	4.45%	0.3586077	8.40%	0.6769224	24.50%	1.974357
0.7	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0	0.40%	0.0253968	2.45%	0.1555554	16.05%	1.0190466
0.8	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0	7.40%	0.3433452
0.9	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0

Radius dari bidang propeller

r/R	%D	Ordinat (mm)	Skala
0.2	0.115%	4.6805	0.46805
0.3	0.105%	4.2735	0.42735
0.4	0.095%	3.8665	0.38665
0.5	0.085%	3.4595	0.34595
0.6	0.070%	2.849	0.2849
0.7	0.055%	2.2385	0.22385
0.8	0.040%	1.628	0.1628
0.9	0.040%	1.628	0.1628
TIP	0.040%	1.628	0.1628