

BAB.II.

PERENCANAAN PERHITUNGAN MOTOR INDUK DAN MOTOR BANTU

II.1. Perhitungan Daya Mesin

II.1.1 Hambatan Kapal

Kapal yang berlayar di ibaratkan 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 atas :

- Hambatan Gesek (Frictional Resistance)
 - Hambatan Gelombang (Wave Making Resistance)
 - Hambatan Bentuk (Eddy making Resistance)
 - Hambatan Udara (Air Resistance)
 - Hambatan Tambahan (Appendage Resistance)
- a. Hambatan Gesek (Frictional Resistance)

Hambatan gesek ini terjadi karena adanya suatu lapisan atau volume air yang melekat pada bagian kapal yang terbentuk pada permukaan bidang basah kapal yang bergerak dan biasa disebut lapisan atas (boundary layer)

0 (nol) pada permukaan kulit kapal menjadi maximum sama dengan besarnya kecepatan gerak aliran zat cair pada tepi dari lapisan batas tersebut. Perubahan atau variasi partikel - partikel zat cair inilah yang mencerminkan adanya pengaruh intensifikasi gaya- gaya viskositas pada lapisan batas yang menyebabkan timbulnya tahanan gesek pada kapal tersebut.

b. Hambatan Gelombang (Wave Making Resistance)

Kapal yang bergerak dalam air akan mengalami hambatan sehingga menimbulkan gelombang yang terbentuk akibat terjadinya variasi tekanan air terhadap lambung kapal pada saat kapal bergerak dengan suatu kecepatan tertentu. Ada tiga jenis gelombang yang biasanya terbentuk pada saat kapal bergerak yaitu : gelombang haluan, gelombang melintang pada kiri dan kanan lambung kapal serta gelombang buritan.

c. Hambatan Bentuk (Eddy Making Resistance)

Partikel - partikel air yang bergerak melintasi lambung kapal akan terpecah dan membentuk volume air tertentu dimana partikel - partikel air tadi bergerak dalam suatu pusaran. Karena terjadinya pusaran ini , maka tekanan air pada buritan kapal akan berkurang dan timbullah satu gaya 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)

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 dialami. Untuk menghitung besarnya hambatan - hambatan kapal tersebut, dapat dipergunakan berbagai cara misalnya dengan percobaan memakai model towing tank atau dengan cara pendekatan. Yang dimaksud dengan cara pendekatan adalah cara perhitungan dengan menggunakan rumus pendekatan. Dalam tugas merancang mesin kapal ini, perhitungan hambatan yang digunakan adalah perhitungan yang terdapat dalam (Ref.No.3.hal 134).

II.1.1.1. Diagram Guldhammer dan Harvald

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

$$R = C_r \times (1/2 \times \rho \times V^2 \times S) \text{ (N) (Ref.No.3.Hal.117)}$$

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

Dalam hal ini koefisien hambatan totalnya adalah :

$$C_T = C_R + C_F + C_A$$

Dimana :

C_R : Koefisien hambatan sisa untuk bentuk kapal standart, dapat diambil dari diagram L/∇ .

C_F : Koefisien hambatan gesek dan dapat dihitung dengan memakai :

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

Atau dapat diambil dari diagram menurut ITTC 1957 dalam (Ref.No.3.Hal.129) dimana koefisien tahanan gesek C_F sebagai fungsi panjang kapal L dan kecepatan V .

Penambahan hambatan tersebut harus dicari dengan mengalihkan penyimpangan LCB dari harga $LCB_{standart}$, yaitu :

$$\Delta LCB = LCB - LCB_{standart} \quad (\text{dalam } \% L)$$

Denan faktor $\partial 10^3 C_R / \partial LCB$, dari grafik koreksi koefisien hambatan sisa dalam Harvald (1992:130) dan ini hanya berlaku untuk LCB yang berada di depan $LCB_{standart}$. Mengenai LCB yang berada dibelakang $LCB_{standart}$, semua bersumber yang ada mempunyai pendapat 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 standart yang ada dengan perbedaan tertentu, lebih besar maupun lebih kecil

kapal pada umumnya berbeda dengan standart 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_R) tersebut dimaksudkan untuk kapal yang terletak 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 gambar yang membingungkan, namun demikian ketergantungan hambatan kapal pada (LCB) nampak jelas pada kecepatan tinggi. Sebagai upaya untuk mengatasi kerancauan tersebut maka semua informasi yang akan dikumpulkan dan diringkas dalam diagram LCBstandart dalam (Ref.No.3.Hal.130).

Sebagaimana disebutkan sebelumnya, karena letak LCBstandart 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

$$10^3 C_R = 10^3 C_{R'} + \partial 10^3 C_R [\Delta LCB]$$

- 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 sebagai berikut :

$$10^3 C_R = 10^3 C_{R(B/T=2.5)} + 0,16 (B/T - 2,5)$$

Hasil koreksi ini dapat mempunyai harga yang negatif atau positif.

- Koreksi Bentuk Penampang Melintang

Sebagaimana disebutkan sebelumnya, kurva hambatan yang diperoleh berdasarkan diagram $L/\Delta^{1/2}$ dan ITTC-57 dalam (Ref.No.3.Hal.118), dianggap berlaku untuk kapal yang mempunyai bentuk standart, 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) dan (V) yang ekstrem maka untuk harga $10^3 C_R$ dapat dikoreksi sebagaimana 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 standart harus dipandang sebagai bentuk yang mempunyai garis yang dirancang dengan baik, jika garis perancangan tersebut harus diubah untuk menyesuaikan kebutuhan operasional kapal atau besarnya caya harus diberikan kelonggaran, maka disarankan agar C_R dinaikkan sebesar 10% dan untuk garis perancangan yang tidak optimal diberikan 20% (Ref.No.3.Hal.131).

- Koreksi Anggota Badan Kapal

Daun Kemudi : Tidak ada koreksi, karena bentuknya standart sudah mencakupi daun kemudi

Lunas Bilga : Tidak ada koreksi

Boss baling-baling : Untuk kapal penuh C_R dinaikkan sebesar 3-5% (Ref.No.3.Hal.132)

Break&poros baling : untuk bentuk kapal ramping C_R dinaikkan sebesar 5 - 8% (Ref.No.3.Hal.132)

- Koreksi Hambatan 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 (Ref, No.3. Hal.132)

Untuk kapal dengan	$L < 100 \text{ m}$	$10^3 C_A = 0,40$
	$L = 150 \text{ m}$	$10^3 C_A = 0,20$
	$L = 200 \text{ m}$	$10^3 C_A = 0,00$
	$L = 250 \text{ m}$	$10^3 C_A = 0,20$
	$L = 300 \text{ m}$	$10^3 C_A = 0,30$

- Koreksi Anggota badan Kapal.

Koreksi pada anggota badan kapal, digunakan rumus sebagai berikut :

$$C_F = C_F \times S_1 / S$$

Dimana :

S : Luas permukaan basah badan kapal dan

S_1 : Permukaan basah badan dan anggota badan kapal

- 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
 - 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%



II.1.1.2. Data - data kapal

L.O.A	: 47,3 0 m
LPP	: 43,00 m
B	: 9,00 m
T	: 3,50 m
H	: 4,50
vs	: 14 Knots
C_b	: 0,65
C_m	: 0,97
C_w	: 0,78
C_p	: 0,66
Watted Surface Area (S)	: 549,91 m ²
Luas Appendages (S')	: 112% x S
	: 1,12 x 549,91
	: 615,899 m ²
LCB	: 1,204 m
Δ	: 923,06 ton
∇	: 882,254 m ³
$\nabla^{1/3}$: 9,570
Ratio Lebar -Sarat B/T	: 2,514
Ratio panjang - $L/\nabla^{1/3}$: 4,494
Ratio permukaan Basah S'/S	: 0,98

II.1.1.3. Perhitungan Hambatan Kapal Pada Kecepatan 14 Knots

1. Froude Number.

$$F_n = \frac{vs}{\sqrt{gxLPP}} \quad (\text{Ref.No.3.Hal.134})$$

Dimana :

vs : Kecepatan Kapal (m/detik)

: 14 x 0,5144

: 7,202 m/dtk

g : percepatan gravitasi

: 9,81 m/dtk²

L : Panjang Kapal (m)

: 43 m

Maka :

$$F_n = \frac{7,202}{\sqrt{9,81 \times 43}}$$

$$= 0,35$$

2. Harga Froude number untuk kapal ikan adalah berkisar 0,30

- 0,35 (Ref.no.5. Hal.115)

3. vs = 14 knots

4. vs = 7,202 m/detik

5. vs² = 51,87 m²/detik²

6. $\frac{1}{2} \times \rho \times S \times vs^2$

Dimana :

ρ : Massa densitas (kg.S²/m²)

S : Luas permukaan basah (m²)

vs^2 : Kecepatan kapal (m^2/dtk^2)

Maka :

$$\begin{aligned} 1/2 \times \rho \times S \times vs^2 &= 1/2 \times 104,49 \times 545,91 \times 51,87 \\ &= 1479338,882 \text{ kg} \\ &= 1479,338882 \text{ ton.} \end{aligned}$$

7. Koefisien Residual

Residual Koefisien atau tahanan sisa (C_R) dapat diperoleh dari grafik yang merupakan fungsi dari perbandingan panjang volume (L/∇) dan bilangan Froude (F_n) diketahui :

$$LPP = 43 \text{ m}$$

$$\nabla = 882,54 \text{ m}^3$$

$$L/\nabla^{1/3} = 4,494$$

$$L/\nabla^{1/3} = 4,000 \quad F_n = 0,35 \quad 10^3 C_R = 6,200$$

$$L/\nabla^{1/3} = 4,500 \quad F_n = 0,35 \quad 10^3 C_R = 6,000$$

$$L/\nabla^{1/3} = 4,494 \quad F_n = 0,35 \quad 10^3 C_R =$$

$$\begin{aligned} 10^3 C_r &= 6,200 + \left| \frac{4,494 - 4,000}{4,500 - 4,000} \right| \times (6,200 - 6,000) \\ &= 6,369 \end{aligned}$$

8. Koreksi B/T

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

$$10^3 C_R = (0,6 (B/T - 2,5))$$

Dimana :

$$B/T = (9,00 / 3,50)$$

Maka :

Koreksi C_R untuk kapal $B/T > 2,514$ adalah

$$= (0,16 \times (2,514 - 2,50))$$

$$= 0,00224$$

9. Koreksi LCB

$$LCB_{standart} = 1,200\%$$

$$\Delta LCB = LCB_{aktual} - LCB_{standart}$$

$$= 0,5166 - 1,200$$

$$= -0,6843 \%$$

$$= - 0,006843$$

Maka koreksi LCB

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

$$= 0,35 \times (- 0,006843)$$

$$= -0,000239$$

10. Garis penampang bentuk depan dan belakang berdasarkan (Ref.No.1.Hal.131) tidak ada koreksi bentuk penampang badan kapal tidak ekstrem "U" ataupun "V"

11. Koreksi bentuk haluan = 0, karena haluan kapal tidak Bul Bous bow

12. Koreksi Anggota Badan

$$- \text{Bos Baling-baling} = 3 - 5\% \times 10^3 C_R$$

$$= 3\% \times 6,397$$

- = 0,192
- Shaft Propeller = $5 - 8\% \times 10^3 C_R$
= $5\% \times 6,369$
= 0,32
 - Lunas Bilga = 0 % (Tidak ada koreksi)
 - Daun Kemudi = 0 % (tidak ada koreksi)

13. Resultan $10^3 C_R$

$$\begin{aligned} \text{Resultan } 10^3 C_R &= (7) + (8) + (9) + (10) + (11) + (12) \\ &= 7,131 \end{aligned}$$

14. Koefisien Tahanan gesek

Koefisien tahanan gesek diperoleh dari grafik ITTC-57 yaitu merupakan fungsi dari panjang kapal (L) dan kecepatan (v)

$$L = 43,00 \text{ m} \quad v = 7,00 \text{ m/dtk} \quad 10^3 C_R = 1,850$$

$$L = 43,00 \text{ m} \quad v = 9,00 \text{ m/dtk} \quad 10^3 C_R = 1,825$$

$$L = 43,00 \text{ m} \quad v = 7,202 \text{ m/dtk} \quad 10^3 C_R =$$

$$10^3 C_R = 1,850 + \left| \frac{7,202 - 7,00}{9,00 - 7,00} \right| \times (1,825 - 1,850)$$

$$= 1,843$$

15. Koreksi C_F

$$\begin{aligned} 10^3 C_F &= S_1 / (S \times C_F) \\ &= 556,83 / (545,91 \times 1,964) \end{aligned}$$

$$= 2,026$$

16. $10^3 C_A$ (Hambatan tambahan)

$$\text{untuk } L < 100 \text{ m} = 10^3 C_A = 0,4$$

$$16. 10^3 C_{AA} = 0,007 \text{ (untuk hambatan udara)}$$

$$17.10^3 C_{SA} = 0,004 \text{ (untuk hambatan kemudi)}$$

$$18.10^3 C_T \text{ (Koefisien hambatan total)}$$

$$\begin{aligned} 10^3 C_T &= C_R + C_F + C_A + C_{AA} + C_{SA} \\ &= (13) + (15) + (16) + (17) + (18) \\ &= 9,568 \end{aligned}$$

$$19.R_t \text{ (hambatan total) berdasarkan (Ref.No.3.Hal.133)}$$

$$\begin{aligned} R_t &= C_T \times (1/2 \times \rho \times S \times v^2) \\ &= 9,568 \times (1/2 \times 104,5 \times 545,91 \times 51,87) \\ &= 10382478,66 \text{ kg} \\ &= 10382,47866 \text{ ton} \end{aligned}$$

20.Perhitungan efektif Hourse Power (EHP) motor induk kapal besarnya. EHP dari motor sesuai tahanan spesifik, pada Trial condition yaitu :

$$\begin{aligned} EHP &= \frac{V_s \times R_t}{75} \\ &= \frac{7,202 \times 10382,47866}{75} \\ &= 996,099 \text{ HP} \\ &= 737,788 \text{ kW} \end{aligned}$$

Penambahan tenaga efektif motor Induk 15 %

$$\begin{aligned} EHPs &= EHP + (15 \% \times EHP) \\ &= 996,099 + (15\% \times 996,099) \\ &= 1146,655 \text{ HP} \end{aligned}$$

$$21.SHP \text{ (Shaft Hourse Power)}$$

$$SHP = EHP / (\eta_H \times \eta_{rr} \times \eta_{po} \times \eta_r)$$

Berdasarkan (Ref.No.2.Hal.99) untuk kapal berbaling-baling ganda.

$$\begin{aligned} W &= - 0,20 + (0,55 \times C_b) \\ &= - 0,20 + (0,55 \times 0,65) \\ &= 0,407 \end{aligned}$$

Untuk Twin screw propeller harga $t=0,047$ $w = 0,407$

$$\begin{aligned} \eta_H &= \frac{1-t}{1-w} \\ &= \frac{1-0,407}{1-0,47} \\ &= 1,00 \end{aligned}$$

η_{rr} = Efisiensi Rotary Relatif

$$\begin{aligned} &= 1,7 \times C_b \\ &= 1,7 \times 0,65 \\ &= 1,05 = 1,00 \end{aligned}$$

η_{po} = Efisiensi Baling-baling

$$= 0,45 - 0,60 \text{ diambil} = 0,50$$

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

$$\begin{aligned} &= 1 \times 1 \times 0,50 \\ &= 0,50 \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} \text{SHP} &= \frac{EHP}{P_c} \\ &= 1554,55 \text{ HP} \end{aligned}$$

22. Penentuan Brake Horse Power (BHP)

Untuk faktor keamanan diperlukan penambahan

3% koreksi pemakaian gear box

3% koreksi letak kamar mesin antara tengah dan belakang.

$$\begin{aligned}
 \text{BHP} &= \text{SHP} + (6\% \times \text{SHP}) \\
 &= 1554,55 + (6\% \times 1554,55) \\
 &= 1647,823 \text{ HP} \\
 &= 1212,798 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan tabel hasil perhitungan hambatan dengan menggunakan metoda Harvald maka dapat ditentukan daya mesin yang digunakan kapal dimana karakteristik mesin dipilih sebagai berikut :

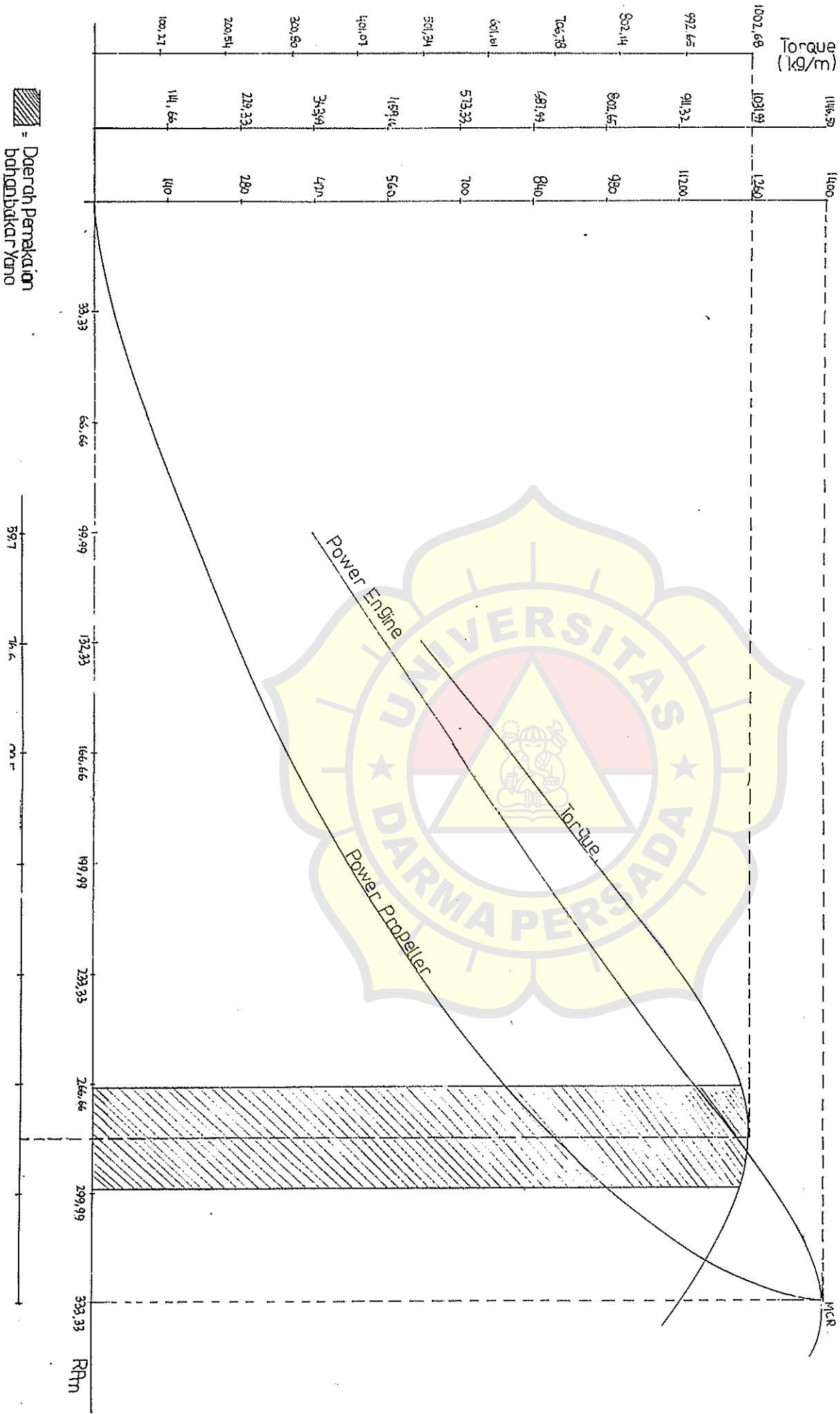
MERK	: MAN B& W
TYPE	: V20 - 27
DAYA	: 1400 kW / 1900 HP
PUTARAN	: 1000 Rpm
BORE x STROKE	: 200 x 270
UKURAN	: Panjang x Lebar x Tinggi
	: 3950 x 1510 x 2750
S F O C	: 199 g / kWh
S L O C	: 1,2 g / kWh
JUMLAH SILINDER	: 14V

Torque (kg/m)

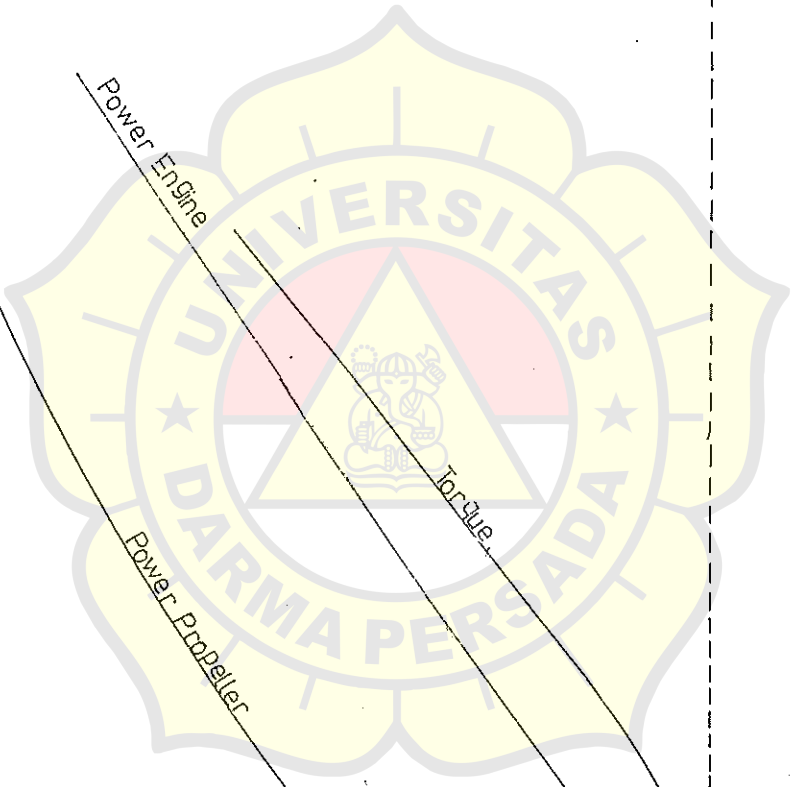
Power Propeller (kW)

Power Engine MCR (kW)

KURVA MATCHING DAYA, PUTARAN DAN TORSI



Daerah Pemakaian bahan bakar Yano



II.2. Perencanaan Baling - Baling Kapal.

Perencanaan penentuan dimensi baling - baling akan sangat menentukan terhadap hasil kerja kapal yang dirancang. Adapun perencanaan baling - baling tersebut adalah :

1. Faktor Arus Ikut (ω)

$$\begin{aligned}\omega &= -0,02 + (0,55 \times C_b) \\ &= -0,02 + (0,05 \times 0,65) \\ &= 0,517\end{aligned}$$

2. Penentuan Angka Sorong

$$\begin{aligned}s &= R_t / (1 - t) \\ &= 10382,478 / (1 - 0,366) \\ &= 6582,49 \text{ kg}\end{aligned}$$

3. Kecepatan Air masuk ke Baling - Baling (v_e)

$$\begin{aligned}v_e &= (1 - \omega) \times v_s \quad (\text{m/dtk}) \\ &= (1 - 0,517) \times 7,202 \\ &= 6,071 \text{ m /dtk}\end{aligned}$$

4. Advance Speed of Propeller

$$\begin{aligned}v_a &= (1 - \omega) \times v_s \quad (\text{knots}) \\ &= (1 - 0,571) \times 14 \\ &= 11,802 \text{ Knots}\end{aligned}$$

5. RPM Baling - baling

$$\begin{aligned}\text{RPM}_{\text{mesin}} &= 1000 \text{ rpm, dengan reduksi gear 1:3 didapat} \\ \text{putaran baling - baling} &= 333,3 \text{ rpm} \quad \text{koreksi rpm} = 1 \%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n &= 333,3 \times 0,99 \\
 &= 330 \text{ rpm} \\
 n &= 330 / 60 \\
 &= 5,5 \text{ rps}
 \end{aligned}$$

6. DHP (Delevery Horse Power)

$$\begin{aligned}
 \text{DHP} &= (1900 - 3\%) \times (75/76) \times (1,000 / 1,025) \\
 &= 1892,24 \text{ HP}
 \end{aligned}$$

7. Harga Bp

$$Bp = \frac{nxP^{0.5}}{v_a^{2.5}}$$

Dimana :

n : Putaran baling - baling (koreksi) = 330 rpm

P : Delevery Horse Power = 1829,24 HP

v_a : Advance Speed = 11,802 Knots

Maka :

$$\begin{aligned}
 Bp &= \frac{330 \times 1829,24^{0.5}}{11,802^{2.5}} \\
 &= 25,05
 \end{aligned}$$

Dari diagram $Bp - \delta$ dengan $Bp = 25,05$ maka didapatkan data - data sebagai berikut :

$$\delta = 199$$

$$\delta \eta_{po} = 58,5$$

$$\delta Ho/D = 0,78$$

8. Koreksi Harga δ

$$\begin{aligned}\text{Untuk B4-55} &= (199 - 2\%) \text{ (2\% adalah Behind condition)} \\ &= 199 \text{ (Ref.No.5.148 - 149)}\end{aligned}$$

9. Diameter Baling - baling

$$D = \frac{\delta v_a}{n}$$

Dimana :

$$\delta \quad : \text{Delta} \quad = 199$$

$$v_a \quad : \text{Advance speed} \quad = 11,802$$

$$n \quad : \text{Putaran Baling - Baling} = 330 \text{ rpm}$$

Maka :

$$\begin{aligned}D &= \frac{199 \times 11,802}{330} \\ &= 7,11 \text{ ft} / 3,28 \\ &= 2,16 \text{ m} = 2,00 \text{ m}\end{aligned}$$

10. Penentuan jumlah daun Baling - Baling.

- Bila Harga koefisien $K'd < 2$ atau $K'n > 1,0$: maka disarankan memilih jumlah daun $Z = 3$
- Bila harga koefisien $K'd < 2$ atau $K'n < 1,0$: maka disarankan memilih jumlah daun baling - baling $Z = 4$

Untuk kapal rancangan :

$$K'd = D \times v_c \times \sqrt{\frac{\rho}{S}}$$

$$= 2,00 \times 6,071 \times \sqrt{\frac{104,5}{18520,05}}$$

$$= 0,76$$

Dimana :

D = Diameter Propeller = 2,00 m

ρ = massa jenis air laut = 104,5 kg dtk²/m⁴

S = 18520,05 kg

$$\begin{aligned} K'n &= \frac{v_e}{\sqrt{n}} \times \sqrt{\frac{\rho}{S}} \\ &= \frac{11,802}{\sqrt{5,5}} \times \sqrt{\frac{104,5}{18520,05}} \\ &= 0,37 \end{aligned}$$

Karena $K'd < 2$ atau $K'n < 1,0$: maka dipilih Baling - baling berdaun 4 untuk kapal rancangan.

II.2.1. Perhitungan Kavitasasi.

a. Tekanan Statik Baling - Baling .

Berdasarkan (Ref.No.2.Hal.193) tekanan statik baling - baling adalah

$$P - e = 14,45 + 0,45 \times H \text{ (lbs/sq.ft)}$$

Dimana :

H : Tinggi poros propeller diukur dari baseline (feet)

: 3,936 ft

Maka :

$$P - e = 14,45 + (0,45 \times 3,936)$$

$$= 16,22$$

b. Disc.Area of the Screw (F)

$$F = \pi / 4 \cdot D^2$$

$$= 3,14 / 4 \times (2,00)^2$$

$$= 3,14 \text{ m}^2$$

c. Developed Blade Area (F_a)

$$F_a = F \times 0,4$$

$$= 3,14 \times 0,4$$

$$= 1,26 \text{ m}^2$$

$$F_p / F_a = 1,067 - 0,299 \times H_o/D$$

$$= 1,067 - 0,299 \times 0,78$$

$$F_p / F_a = 0,65$$

$$F_p = 0,65 \times 1,26$$

$$= 0,819 \text{ m}^2$$

d. Torque of Propeller

$$M = \frac{P \times 75 \times 60}{2 \times \pi \times n}$$

$$= \frac{1829,24 \times 75 \times 60}{2 \times 3,14 \times 330}$$

$$= 3972 \text{ kgm}$$

h. Cavitation Number

$$\sigma_0 = \frac{p-e}{q_r}$$

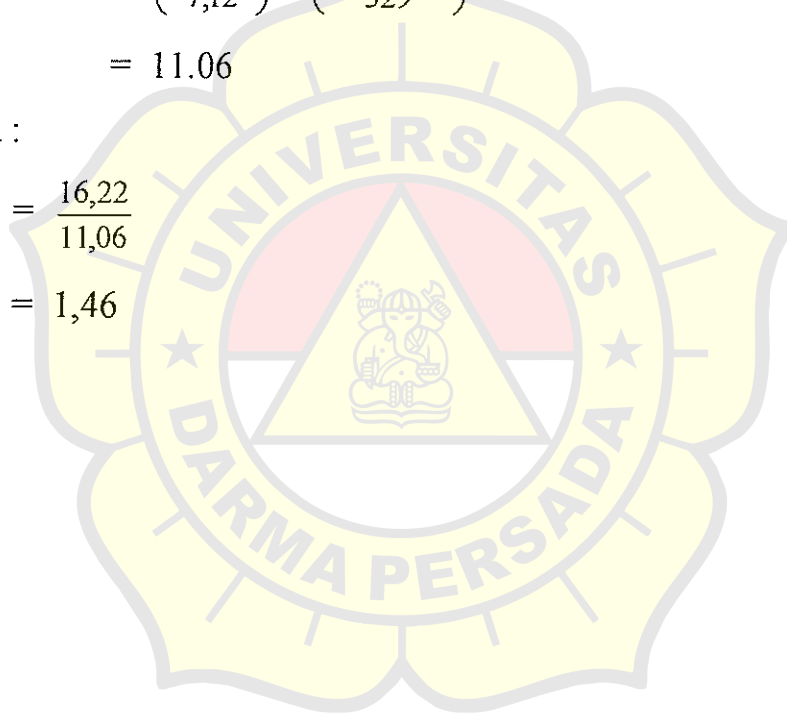
Dimana :

$$P - e = \text{Tekanan Statik Baling - Baling} = 16,22$$

$$\begin{aligned} q_r &= \left(\frac{v_a}{7,12} \right)^2 + \left(\frac{nxD}{329} \right)^2 \\ &= \left(\frac{11,802}{7,12} \right)^2 + \left(\frac{330 \times 2,00}{329} \right)^2 \\ &= 11,06 \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} \sigma_0 &= \frac{16,22}{11,06} \\ &= 1,46 \end{aligned}$$



e. Shaft Horse Power

$$\begin{aligned} \text{SHP} &= \frac{2 \times \pi \times Q \times n}{75} \\ &= \frac{2 \times 3,14 \times 3972 \times 5,5}{75} \\ &= 1829,24 \text{ HP} \end{aligned}$$

f. Thrust

$$\begin{aligned} T &= \frac{\text{SHP} \times \eta_{p0} \times \eta_{rr} \times 75}{v_a} \\ &= \frac{1829,24 \times 0,53 \times 1,00 \times 75}{11,802} \\ &= 3235,58 \text{ kg} \\ &= 31741,039 \text{ N} \end{aligned}$$

g. Thrust Coefficient

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

Dimana :

$$\begin{aligned} V^2 &= (v_a)^2 + (\pi \times n \times 0,7 \times D)^2 \\ &= (11,802)^2 + (3,14 \times 5,5 \times 0,7 \times 2,00)^2 \\ &= 1238,63 \text{ m}^2/\text{s}^2 \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} \tau_c &= \frac{3235,58 / 0,819}{1/2 \times 104,5 \times 1238,63} \\ &= 0,099 \end{aligned}$$

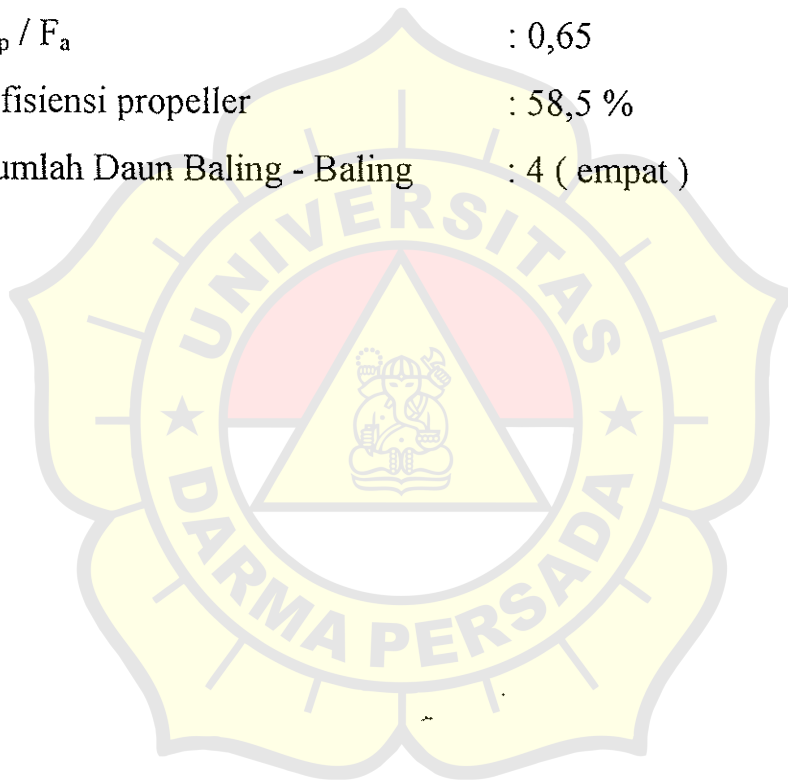
TABEL.2.1. PERHITUNGAN TIGA DIAGRAM BP-8

NO.	SUMBER	Series B4-55	Series B4-70	Series B4-85
1	Harga Bp	25,05	25,05	25,05
2	Harga δ	199	180	169
3	Harga ρ	58,5%	55,9%	50,5%
4	Harga Ho/D	0,78	0,65	0,58
5	Koreksi δ	199	179,98	168,98
6	Diameter	2,00	1,96	1,843
7	Harga K'd	0,76	0,73	0,68
8	Harga K'n	0,37	0,37	0,37
9	Tekanan Statik baling	15,22	16,22	16,22
10	Disc.Area of the screw	3,14 m ²	3,02 m ²	2,6 m ²
11	Harga Fa	1,26 m ²	1,208 m ²	1,086 m ²
12	Hrga Fp/Fa	0,65	0,50	0,45
13	Harga Ip	0,819 m ²	0,604 m ²	0,481 m ²
14	Torque of propeller	3792 kgm	3729 kgm	3729 kgm
15	Shaft Horse Power	1829,24 HP	1829,24 HP	1829,24 HP
16	Thrust	3235,58 kg	3235,58 kg	3235,58 kg
17	Thrust Coefficient	0,099	0,146	0,203
18	Cavitation Number	1,46	2,453	2,633
19	Jumlah Daun	4	4	4

Pemilihan Baling - Baling.

Dengan demikian didapat spesifikasi baling - baling pada kapal yang dirancang ini adalah sebagai berikut :

- Type Baling - Baling : Series B4-55
- Diameter Baling - Baling : 2,00 m
- Pitch Ratio : 0,78
- F_p / F_a : 0,65
- Efisiensi propeller : 58,5 %
- Jumlah Daun Baling - Baling : 4 (empat)



a. Panjang Blade Elemen Dari Centre Line ke Leading Edge (h_D)

Tabel.2.2.

r/R (1)	h_D / D (2)	h_D (3)
0,2	0.116	232.000
0,3	0.129	258.000
0,4	0.136	272.000
0,5	0.137	274.000
0,6	0.132	264.000
0,7	0.118	236.000
0,8	0.092	184.000
0,9	0.051	102.000
0,95	0.020	40.000
1,00	-0.053	-106.000

b. Panjang Total Blade Elemen (C)

Tabel.2.3.

r/R (1)	C / D (2)	C (3)
0,2	0.208	416.000
0,3	0.241	482.000
0,4	0.263	526.000
0,5	0.276	552.000
0,6	0.279	558.000
0,7	0.269	538.000
0,8	0.241	482.000
0,9	0.184	368.000
0,95	0.135	270.000
1,00	0.000	0.000

c. Panjang Blade Elemen Dari Centre Line ke Trailing Edge (h_{TE})

Tabel.2.4.

r/R (1)	$h_{TE} = C - h_D$ (2)
0,2	184.000
0,3	224.000
0,4	254.000
0,5	278.000
0,6	294.000
0,7	302.000
0,8	298.000
0,9	266.000
0,95	230.000
1,00	106.000

d. Jarak Ordinate Maksimum dari Leading Edge (h_T)
table.2.5.

r/R (1)	h_T / C (2)	h_T (3)
0,2	0.350	145.600
0,3	0.387	186.534
0,4	0.420	220.920
0,5	0.450	248.400
0,6	0.475	265.050
0,7	0.493	265.234
0,8	0.500	241.000
0,9	0.500	184.000
0,95	0.500	135.000
1,00	0.500	0.000

e. Ketebalan Blade Maksimum Pada Ordinate (t)
Tabel.2.6.

r/R (1)	t / D (2)	t (3)
0,2	0.0366	73.200
0,3	0.0324	64.800
0,4	0.0282	56.400
0,5	0.0240	48.000
0,6	0.0198	39.600
0,7	0.0156	31.200
0,8	0.0114	22.800
0,9	0.0072	14.400
0,95	0.0051	10.200
1,00	0.0030	6.000

f. Jarak Ordinat Belakang & Muka Dari Ordinate Maksimum

1. Ordinate Belakang

Tabel.2.7.

Trailing Edge Tabel.2.6

r/R	T.E	mm	80	mm	60	mm	40	mm	20	mm	y1	mm	y2	mm
0,2	0.386	28.255	0.63	46.116	0.805	58.926	0.919	67.271	0.981	71.809	0.380	27.816	0.375	27.450
0,3	0.338	21.902	0.598	38.750	0.787	50.998	0.911	59.033	0.979	63.439	0.343	22.226	0.325	21.060
0,4	0.289	16.300	0.565	31.866	0.769	43.372	0.903	50.929	0.977	55.103	0.307	17.315	0.274	15.454
0,5	0.233	11.184	0.521	25.008	0.742	35.616	0.892	42.816	0.975	46.800	0.270	12.960	0.218	10.464
0,6	0.171	6.772	0.477	18.889	0.712	28.195	0.875	34.650	0.97	38.412	0.000	0.000	0.151	5.980
0,7	0.102	3.182	0.436	13.603	0.687	21.434	0.859	26.801	0.965	30.108	0.000	0.000	0.076	2.371
0,8	0.073	1.664	0.407	9.280	0.669	15.253	0.852	19.426	0.963	21.956	0.000	0.000	0.037	0.844
0,9	0.116	1.670	0.434	6.250	0.682	9.821	0.859	12.370	0.965	13.896	0.000	0.000	0.058	0.835
0,95	0.163	1.663	0.464	4.733	0.699	7.130	0.866	8.833	0.967	9.863	0.000	0.000	0.082	0.836

Leading Edge

r/R	20	mm	40	mm	60	mm	70	mm	80	mm	85	mm	90	mm	95	mm	LE	mm
0,2	0.984	72,029	0.932	68.222	0.844	61.781	0.783	57.316	0.708	51.826	0.662	48.458	0.608	44.506	0.538	39.382	0.000	0.000
0,3	0.981	63.569	0.924	59.875	0.826	53.525	0.759	49.183	0.676	43.805	0.626	40.565	0.569	36.871	0.497	32.206	0.000	0.000
0,4	0.979	55.216	0.915	51.606	0.804	45.346	0.732	41.285	0.637	35.927	0.582	32.825	0.523	29.497	0.444	25.042	0.000	0.000
0,5	0.978	46.944	0.900	43.200	0.774	37.152	0.692	33.216	0.591	28.368	0.531	25.488	0.463	22.224	0.377	18.096	0.000	0.000
0,6	0.975	38.610	0.881	34.888	0.737	29.185	0.647	25.621	0.530	20.988	0.465	18.414	0.386	15.286	0.298	11.801	0.171	6.772
0,7	0.968	30.202	0.866	27.019	0.698	21.778	0.590	18.408	0.465	14.508	0.390	12.168	0.305	9.516	0.210	6.552	0.102	3.182
0,8	0.963	21.956	0.852	19.426	0.669	15.253	0.546	12.449	0.407	9.280	0.330	7.524	0.249	5.677	0.163	3.716	0.073	1.664
0,9	0.965	13.896	0.859	12.370	0.682	9.821	0.567	8.165	0.434	6.250	0.361	5.198	0.284	4.090	0.202	2.909	0.116	1.670
0,95	0.967	9.863	0.866	8.833	0.699	7.130	0.590	6.018	0.464	4.733	0.395	4.029	0.322	3.284	0.245	2.499	0.163	1.663

f. Jarak Ordinat Belakang & Muka Dari Ordinate Maksimum

1. Ordinate Belakang

Tabel.2.7

Trailing Edge														
r/R	T.E	mm	80	mm	60	mm	40	mm	20	mm	y1	mm	y2	mm
0.2	0.386	28.255	0.63	46.116	0.805	58.926	0.919	67.271	0.981	71.809	0.380	27.816	0.375	27.450
0.3	0.338	21.902	0.598	38.750	0.787	50.998	0.911	59.033	0.979	63.439	0.343	22.226	0.325	21.060
0.4	0.289	16.300	0.565	31.866	0.769	43.372	0.903	50.929	0.977	55.103	0.307	17.315	0.274	15.454
0.5	0.235	11.184	0.521	25.008	0.742	35.616	0.892	42.816	0.975	46.800	0.270	12.960	0.218	10.464
0.6	0.171	6.772	0.477	18.889	0.712	28.195	0.875	34.650	0.97	38.412	0.000	0.000	0.151	5.980
0.7	0.102	3.182	0.436	13.603	0.687	21.434	0.859	26.801	0.965	30.108	0.000	0.000	0.076	2.371
0.8	0.073	1.664	0.407	9.280	0.669	15.253	0.852	19.426	0.963	21.956	0.000	0.000	0.037	0.844
0.9	0.116	1.670	0.434	6.250	0.682	9.821	0.859	12.370	0.965	13.896	0.000	0.000	0.058	0.835
0.95	0.163	1.663	0.464	4.733	0.699	7.130	0.866	8.833	0.967	9.863	0.000	0.000	0.082	0.836

Leading Edge

Leading Edge																		
r/R	20	mm	40	mm	60	mm	70	mm	80	mm	85	mm	90	mm	95	mm	LE	mm
0.2	0.984	72.029	0.932	68.222	0.844	61.781	0.783	57.316	0.708	51.826	0.662	48.458	0.608	44.506	0.538	39.382	0.000	0.000
0.3	0.981	63.569	0.924	59.875	0.826	53.525	0.759	49.183	0.676	43.805	0.626	40.565	0.569	36.871	0.497	32.206	0.000	0.000
0.4	0.979	55.216	0.915	51.606	0.804	45.346	0.732	41.285	0.637	35.927	0.582	32.825	0.523	29.497	0.444	25.042	0.000	0.000
0.5	0.978	46.944	0.900	43.200	0.774	37.152	0.692	33.216	0.591	28.368	0.531	25.488	0.463	22.224	0.377	18.096	0.000	0.000
0.6	0.975	38.610	0.881	34.888	0.737	29.185	0.647	25.621	0.530	20.988	0.465	18.414	0.396	15.286	0.298	11.801	0.171	6.772
0.7	0.968	30.202	0.866	27.019	0.698	21.778	0.590	18.408	0.465	14.508	0.390	12.168	0.305	9.516	0.210	6.552	0.102	3.182
0.8	0.963	21.956	0.852	19.426	0.669	15.253	0.546	12.449	0.407	9.280	0.330	7.524	0.249	5.677	0.163	3.716	0.073	1.664
0.9	0.965	13.896	0.859	12.370	0.682	9.821	0.567	8.165	0.434	6.250	0.361	5.198	0.284	4.090	0.202	2.909	0.116	1.670
0.95	0.967	9.863	0.866	8.833	0.699	7.130	0.590	6.018	0.464	4.733	0.395	4.029	0.322	3.284	0.245	2.499	0.163	1.663

II.2.3. Perhitungan Poros Baling - Baling

II.2.3.1. Diameter Poros propeller

berdasarkan Ref.No.2.Hal.47, maka besar poros baling baling adalah :

$$D = K \times K_r \times \sqrt[3]{\frac{N_w}{n \times \left(1 - \frac{d_r}{d_a}\right)^4 \times K_w}}$$

Dimana :

K = Faktor untuk Instalasi Propulsi

$$= 100$$

K_r = Faktor tipe dari poros

$$= 1,26$$

N_w = Daya pada poros

$$= 1398,4 \text{ kW}$$

n = Putaran poros

$$= 333,3 \text{ Rpm}$$

K_w = Faktor material

$$= 560 / (R_m + 160)$$

R_m = kekuatan tarik material, digunakan S45C yang kekuatan Tariknya $58 \text{ kg/mm}^2 = 568,40 \text{ N/m}^2$

$$K_w = 560 / (568,40 + 160)$$

$$= 0,77$$

$$1 - (d_r - d_a)^4 = 1,00$$

Maka :

$$\begin{aligned} D &= 100 \times 1,26 \times \sqrt[3]{\frac{1398,4}{300 \times 1,00}} \times 0,77 \\ &= 209,94 \text{ mm} \\ &= 210 \text{ mm} \end{aligned}$$

II.2.3.2. Diameter poros Antara

Untuk menentukan besarnya diameter poros antara adalah :

$$K = 95$$

$$K_r = 1,20$$

Maka :

$$\begin{aligned} D &= K \times K_r \times \sqrt[3]{\frac{N_w}{n \times \left(1 - \frac{d_i}{d_a}\right)^4} \times K_w} \\ &= 95 \times 1,20 \times \sqrt[3]{\frac{1398,40}{265 \times 1,00}} \times 0,77 \\ &= 189,52 \text{ mm} \\ &= 190 \text{ mm} \end{aligned}$$

II.3.Perhitungan Baling-Baling Dengan Cara Penyusutan

Data Yang Diketahui :

$$\sigma_s = 300 \text{ N/mm}$$

$$D_F = 190 \text{ mm}$$

$$D_{Aa} = (1,7 - 2,0) \times D_F$$

$$D_{Aa} = 1,7 \times 190$$

$$D_{Aa} = 323 \text{ mm}$$

$$L_F = 200 \text{ mm}$$

Penyusutan Poros Propeller Adalah :

$$1. L_F / D_F = 200 / 190$$

$$= 1,052$$

$$2. Q_A = D_F / D_{Aa}$$

$$= 190 / 323$$

$$= 0,58$$

$$3. \xi_{maks} = \sigma_s / E$$

$$= 2,4 \times 10^{-3}$$

$$(M_T / (L_F / D_F)) = 7,95 \times 10^{-5} \text{ N.mm}$$

$$4. M_t = (M_T / (L_F / D_F)) \times (L_F / D_F)$$

$$= 7,95 \times 10^{-5} \times 1,052$$

$$= 8,34 \times 10^{-5}$$

Maka :

$$\text{Penyusutan} = \frac{M_t}{L_F / D_F} \times \mu_{rus}$$

Dimana :

μ_{rus} = penyusutan

Maka :

$$\mu_{rus} = M_t \times \frac{L_F}{D_F}$$

$$\mu_{rus} = 8,345 \times 10^{-5} \times 1.052$$

$$\mu_{rus} = 0,000876$$

atau :

$$\mu_{rus} = M_t \times \frac{L_F}{D_F}$$

$$\mu_{rus} = 834,75 \times 1,05$$

$$\mu_{rus} = 876.4875$$

$$\mu_{rus} = 8,76\%$$

Jadi penyusutan poros propeller sebesar = 0,000876

