



BAB II

PERHITUNGAN DAYA MESIN MOTOR INDUK DAN BALING-BALING KAPAL

II.1. PERHITUNGAN DAYA MESIN MOTOR INDUK

2.1.1. Hambatan Kapal

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

Hambatan-hambatan yang dialami sebuah kapal yang bergerak melalui air dan udara itu dapat diuraikan dibawah ini :

- 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 batas (*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 kiri dan 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).

2.1.2. Diagram Guldhammer dan Harvald

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

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



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

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 :

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

Atau dapat diambil dari diagram menurut ITTC 1957 dalam buku *Tahanan dan Propulsi Kapal Oleh Sv. Aa. Harvald Tejemahan Ir. Jusuf Sutomo, M.Sc (1992 Hal. 129)*, dimana koefisien tahanan gesek C_F sebagai fungsi panjang kapal L dan kecepatan V . Penambahan hambatan tersebut harus dicari dengan mengalikan penyimpangan LCB dari harga $LCB_{standar}$ yaitu :

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

Dengan faktor $\partial 10^3 C_R / \partial LCB$, dari grafik koreksi koefisien hambatan sisa dalam buku *Tahanan dan Propulsi Kapal Oleh Sv. Aa. Harvald Terjemahan Ir. Jusuf Sutomo, M.Sc (1992 Hal. 130)* dan ini hanya berlaku untuk LCB yang berada di depan $LCB_{standar}$. Mengenai LCB yang berada 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_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 $L/\nabla^{1/3}$ 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 Anggota Badan Kapal**

- Daun Kemudi : Tidak ada koreksi, karena bentuk standar sudah mencakup daun kemudi.
- Lunas Bilga (Lunas Sayap) : Tidak ada koreksi.
- Boss Baling-baling : Untuk kapal penuh, C_R dinaikkan sebesar 3% - 5%.
- Braket & poros baling-baling : Untuk bentuk kapal ramping, C_R dinaikkan sebesar 5% - 8%.

• **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.

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 Anggota Badan Kapal**

Koreksi pada anggota badan kapal, digunakan rumus sebagai berikut :

$$C_{F'} = C_F \frac{S_1}{S}$$

- Dimana :
- S = Luas permukaan basah badan kapal dan
 - S_1 = Permukaan basah badan dan anggota badan kapal



- **Koreksi Hambatan Udara dan Kemudi**

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

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

- **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.

2.1.3. Data-Data Kapal Rancangan

Dimensi ukuran utama Kapal *Supply Vessel 2900 X 2* adalah :

<i>Length Over All</i>	(LOA)	= 66,00 m
<i>Length Water Line</i>	(LWL)	= 63,40 m
<i>Length Between Perpendicular</i>	(LPP)	= 59,20 m
<i>Breadth Moulded</i>	(B mld)	= 12,40 m
<i>Height Moulded</i>	(H mld)	= 5,50 m
<i>Draft Moulded</i>	(T mld)	= 4,60 m
<i>Coefficient Block</i>	(Cb)	= 0,716
<i>Coefficient Midship</i>	(Cm)	= 0,987



<i>Coefficient Waterline</i>	(<i>C_w</i>)	= 0,899
<i>Coefficient Prismatic</i>	(<i>C_p</i>)	= 0,725
<i>Displacement</i>	(Δ)	= 2478,21 ton
<i>Volume Displacement</i>	(∇)	= 2417,765 m ³
<i>Speed</i>	(<i>V_s</i>)	= 14,00 Knots
<i>WSA</i>	(<i>s</i>)	= 1037,940 m ²

KAPASITAS

A.B.K	= 26 orang
Kapasitas ruang muat	= 323,944 ton

2.1.4. Perhitungan Koefisien-koefisien Kapal

Displacement (Δ) (Soekarsono.NA, Teori Bangunan Kapal, hal 77)

$$\begin{aligned}\Delta &= L_{pp} \times B \times T \times C_b \times \gamma \\ &= 59,200 \times 12,4 \times 4,6 \times 0,716 \times 1,025 \\ \Delta &= 2478,210 \text{ ton}\end{aligned}$$

Midship Section Area (A_m) (Soekarsono.NA, Teori Bangunan Kapal, hal 7)

$$\begin{aligned}A_m &= B \times T \times C_m \\ &= 12,4 \times 4,6 \times 0,987 \\ A_m &= 56,300 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Volume Displacement (∇_{Displ}) (Soekarsono.NA, Teori Bangunan Kapal, hal 5)

$$\begin{aligned}\nabla_{Displ} &= L_{pp} \times B \times T \times C_b \\ &= 59,200 \times 12,4 \times 4,6 \times 0,716 \\ &= 2417,765 \text{ m}^3\end{aligned}$$

2.1.5. Perhitungan Hambatan Kapal Pada Kecepatan 12 Knots

1. Froude Number (*F_n*)

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



dimana :

$$\begin{aligned}V_s &= \text{Kecepatan kapal (m/dt)} \\ &= 14,00 \times 0,5144 = 7,20 \text{ m/dt}\end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}LWL &= \text{Panjang garis air kapal (m)} \\ &= 63,400 \text{ m}\end{aligned}$$

maka :

$$\begin{aligned}Fn &= \frac{7,20}{\sqrt{9,81 \times 63,400}} \\ &= 0,288\end{aligned}$$

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 disesuaikan dengan koefisien prismatic (C_p), $L/\nabla^{1/3}$ dan juga Fn dari pada kapal rancangan. Sebelum menghitung hambatan sisa kita harus mencari nilai $L/\nabla^{1/3}$ dari kapal rancangan :

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

Dimana :

$$\begin{aligned}LWL &= \text{Panjang garis air kapal rancangan} \\ &= 63,400 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\nabla &= \text{Volume displacement kapal rancangan} \\ &= 2417,765 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Maka :

$$L/\nabla^{1/3} = 4,723$$

Untuk menentukan $10^3 C_R$ pada $L/\nabla^{1/3} = 4,723$ digunakan cara interpolasi, yaitu dengan $L/\nabla^{1/3} = 4,500$ dan $L/\nabla^{1/3} = 5,000$.

$$L/\nabla^{1/3} = 4,5 \quad Fn = 0,288 \quad 10^3 C_R = 6,400 \quad (\text{Grafik 5.5.7})$$

$$L/\nabla^{1/3} = 5,0 \quad Fn = 0,288 \quad 10^3 C_R = 6,000 \quad (\text{Grafik 5.5.8})$$



$$L/\nabla^{1/3} = 4,723 \quad Fn = 0,288 \quad 10^3 C_R = \dots\dots\dots$$

$$10^3 C_R = 6,400 + \left[\frac{4,724 - 4,500}{5,000 - 4,500} \right] (6,000 - 6,400)$$

$$= 6,221$$

3. 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.

$$B/T = 12,400/4,600$$

$$= 2,695$$

Diketahui $B/T = 2,695$ dan hasilnya lebih besar dari 2,50 maka harga C_R harus dikoreksi dengan :

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

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

$$= 0,16 (2,695 - 2,50)$$

$$= 0,0313 \cdot 10^{-3}$$

4. Koreksi LCB

Untuk menentukan koreksi LCB dari kapal rancangan digunakan rumus pada buku *Sv. Aa Harvald* halaman 130, yaitu :

$$\Delta LCB = LCB - LCB_{\text{rancangan}} \text{ (LCB dalam \% Lpp)}$$

Dimana :

$$LCB_{\text{rancangan}} = \frac{0,296 \times 100}{63,400} = 0,466\%$$

LCB_{standar}

$$\Delta LCB = LCB_{\text{rancangan}} - LCB_{\text{standar}} \quad (\text{LCB dalam \%})$$

$$= (0,466) \% - (0,032) \%$$



$$\Delta LCB = 0,434 \%$$

maka koreksi LCB :

$$= \frac{\partial 10^3 C_R}{\partial LCB} |\Delta LCB| \rightarrow \frac{\partial 10^3 C_R}{\partial LCB} = 0,45 \quad (\text{Grafik 5.5.16})$$

$$\begin{aligned} \text{Chapter 2} &= 0,45 \times 0,434 \cdot 10^{-3} \\ &= 0,195 \cdot 10^{-3} \end{aligned}$$

5. 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).

6. Koreksi Bentuk Haluan Kapal

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

Koreksi bentuk haluan kapal = 0 (nol).

7. Koreksi Anggota Badan Kapal

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

$$\begin{aligned} - \text{Boss baling-baling} &= 3 \% - 5 \% \\ &= 3 \% \times C_R \\ &= 4 \% \times 6,377 = 0,248 \end{aligned}$$



- Shaft Bracket = 5% - 8%
= 7% x CR
= 5% x 6,377
= 0,435
- Lunas Bilga = 0% (tidak ada koreksi)
- Daun kemudi = 0% (tidak ada koreksi)

8. Koefisien Hambatan Sisa Total

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

No.	Komponen C_R	Hasil
1.	Koefisien hambatan sisa (C_R)	6,221
2.	Koreksi B/T	0,0313
3.	Koreksi LCB	0,195
4.	Koreksi penampang depan dan belakang kapal	0,00
5.	Koreksi bentuk haluan kapal	0,00
6.	Koreksi anggota badan kapal	0,683
	$\Sigma 10^3 C_R =$	7,132

Tabel 2.1 Komponen CR

9. Menentukan Reynold Number (Rn)

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

$$10^{-6} Rn = \frac{Vs \times LWL}{\nu}$$

Dimana :

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

Vs = Kecepatan kapal rancangan

$$= 14,00 \text{ Knot} \times 0,5144$$

$$= 7,200 \text{ m/s.}$$

LWL = Panjang garis air kapal rancangan

$$= 63,400 \text{ m}$$

ν = Viskositas

$$= 1,1883 \cdot 10^6$$



Maka :

$$10^{-6} \cdot 1 = \frac{10^{-6}(7,200 \times 63,400)}{1,1883 \cdot 10^6}$$

$$= 384145,417 \cdot 10^6$$

10. Koefisien Hambatan Gesek (C_F')

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

Karena diagram tersebut hanya dapat dipakai untuk suhu air laut 15°C , maka sebelum menggunakan grafik tersebut panjang kapal harus diubah dulu sebagai berikut *harval tahanan dan propulsi kapal hal 119* :

$$L_1 = \frac{1,188}{10^6 \cdot X \cdot v} \cdot X \cdot L$$

$$L_1 = \frac{1,188}{10^6 \cdot X \cdot 0,8847 \cdot 10^{-6}} \cdot X \cdot 59,200$$

$$= 79,500$$

$$Lwl = 79,500 \text{ m} \quad V = 6,000 \text{ m/dt}^2 \quad 10^3 C_F = 1,720$$

$$Lwl = 79,500 \text{ m} \quad V = 8,000 \text{ m/dt}^2 \quad 10^3 C_F = 1,670$$

$$Lwl = 79,500 \text{ m} \quad V = 7,200 \text{ m/dt}^2 \quad 10^3 C_F = \dots\dots$$

$$10^3 C_F = 1,720 + \left[\frac{7,200 - 6,000}{8,000 - 6,000} \right] (1,720 - 1,670)$$

$$= 1,750$$

11. Koreksi Koefisien Tahanan Untuk Anggota Badan Kapal (C_F)

Koreksi pada anggota badan kapal, digunakan rumus yang terdapat dalam buku *Tahanan dan Propulsi Kapal* oleh *Sv. Aa. Harvald* halaman 132 rumus 5.5.25, yaitu :

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

Dimana :

C_F' = Koefisien hambatan gesek sesungguhnya



$$\begin{aligned}C_F &= \text{Koefisien hambatan gesek} \\ &= 1,746 \\ S &= \text{Luas Permukaan bidang basah badan kapal} \\ &= 1037,933 \text{ m}^2 \\ S' &= \text{Luas permukaan bidang basah kapal dan anggota badan kapal} \\ &= 1037,933 + 0,316 + 0,506 = 1038,755\end{aligned}$$

maka :

$$\begin{aligned}C_F' &= 1,746 \times \frac{1038,449}{1037,940} \\ &= 1,747\end{aligned}$$

12. Koefisien Tambahan (C_A)

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

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

13. Koefisien Hambatan Udara (C_{AA})

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

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

14. Koefisien Hambatan Kemudi (C_{AS})

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

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

15. Koefisien Hambatan Total (C_T')

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



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

No.	Komponen C_T'	Hasil
1.	Koefisien hambatan sisa ($10^3 C_R$)	7,132
2.	Koefisien hambatan gesek ($10^3 C_F$)	1,750
3.	Koefisien hambatan Appendage ($10^3 C_A$)	0,40
4.	Koefisien hambatan udara ($10^3 C_{AA}$)	0,07
5.	Koefisien hambatan kemudi ($10^3 C_{AS}$)	0,04
	$\Sigma 10^3 C_T =$	9,389

Tabel 2.2 Komponen C_T

16. Hambatan Total (R_T')

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

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

Dimana :

C_T' = Koefisien hambatan total

$$= 9,389 \times 10^{-3}$$

ρ = Massa jenis air laut

$$= (1025 \text{ kg/m}^3) / (9,81 \text{ m/dt}^2) = 104,50 \text{ Kg.m}^2/\text{dt}^4$$

$WSA(s)$ = *Wetted surface area* kapal rancangan

$$= 1037,940 \text{ m}^2$$

V_s = Kecepatan kapal rancangan

$$= 14,00 \text{ Knot} \times 0,5144$$

$$= 7,200 \text{ m/s}$$

Maka :

$$R_T' = 9,389 \cdot 10^{-3} (1/2 \times 104,50 \times 7,200^2 \times 1037,940)$$

$$= 26398,167 \text{ Kg}$$

17. 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

V_s = Kecepatan kapal rancangan

$$= 14,00 \text{ Knot} \times 0,5144$$

$$= 7,200 \text{ m/s}$$

R_T = Hambatan total kapal rancangan

$$= 26398,167 \text{ Kg}$$

Maka :

$$EHP = \frac{7,200 \times 26398,167}{75}$$

$$= 2534,224 \text{ HP}$$

18. 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 :

$$SHP = \frac{1}{2} \cdot EHP \times (P.C)^{-1}$$

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 (twin screw) :

$$w = -0,2 + (0,55 \times C_b)$$

$$= -0,2 + (0,55 \times 0,716)$$

$$= 0,1938$$

Faktor pengisapan (t) menurut Taylor untuk kapal berbaling-baling tunggal (twin screw) : $t \approx w$

Efisiensi lambung kapal (η_H) :

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



$$= \frac{1 - 0,1938}{1 - 0,1938}$$

$$= 1,00$$

$$\eta_{rr} = \text{Efisiensi Rotary relative (twin screw } < 1,00 \approx \pm 0,985)$$

$$= 0,985$$

$$\eta_p = \text{Efisiensi baling-baling dari percobaan model} = 0,50 \sim 0,70$$

$$= 0,55$$

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

$$= 1,00 \times 0,985 \times 0,55$$

$$= 0,541$$

$$SHP = \frac{1}{2} EHP \times (P.C)^{-1}$$

$$= \frac{1}{2} 2534,224 \times (0,541)^{-1}$$

$$= 2338,923 \text{ HP}$$

19. Brake Horse Power (BHP)

Koreksi pemakaian Gear Box $\eta_r = 3 \%$

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

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

$$BHP = SHP \times (\text{gear box} + \text{letak KM} + \text{sea margin} + 100 \%)$$

$$= 2338,923 \text{ HP} \times (100 \% + 3 \% + 3 \% + 20 \%) \%$$

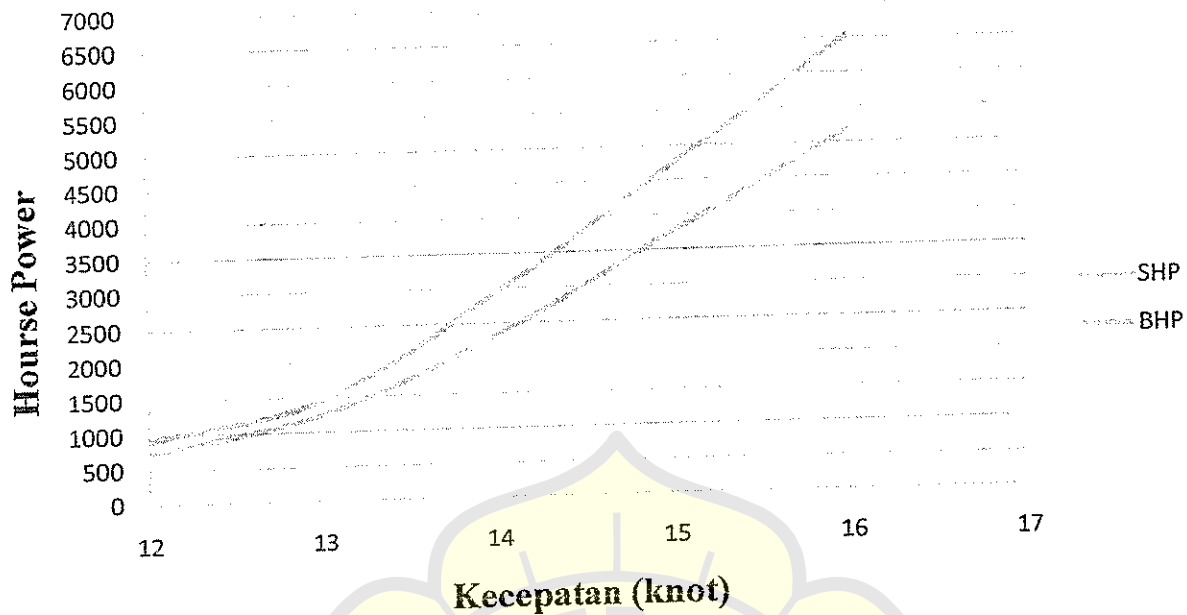
$$= 2947,044 \text{ HP}$$

$$= 2947,044 \times 0,736$$

$$= 2169,024 \text{ KW}$$

Kurva SHP dan BHP untuk 2 (dua) Mesin dengan perbandingan 5 (lima) kecepatan

Grafik SHP dan BHP dengan lima kecepatan



Gambar 2.1 Lima Kecepatan

Dari 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 :

- Merek : MAK
- Model : 12 M282
- Jumlah silender : 12
- Bore dan Stroke : 240 mm dan 280 mm
- Daya : 2200 KW (2993,2 HP) X 2
- Putaran Mesin : 900 Rpm
- Berat Mesin : 34000 kg
- Dimensi (P x L x T) mm : 5305 mm x 1840 mm x 2467 mm



Spesifikasi GearBox :

- Model : 135
- Marine gear : 135A
- Reduction gear ratio : 2-2,5-3-3,5-4-4,5-5-5,5-6-6,5
- Marine gear mass : 450 kg

Dengan menggunakan mesin induk diatas maka kecepatan kapal yang dicapai adalah sebesar 14,10 knot.





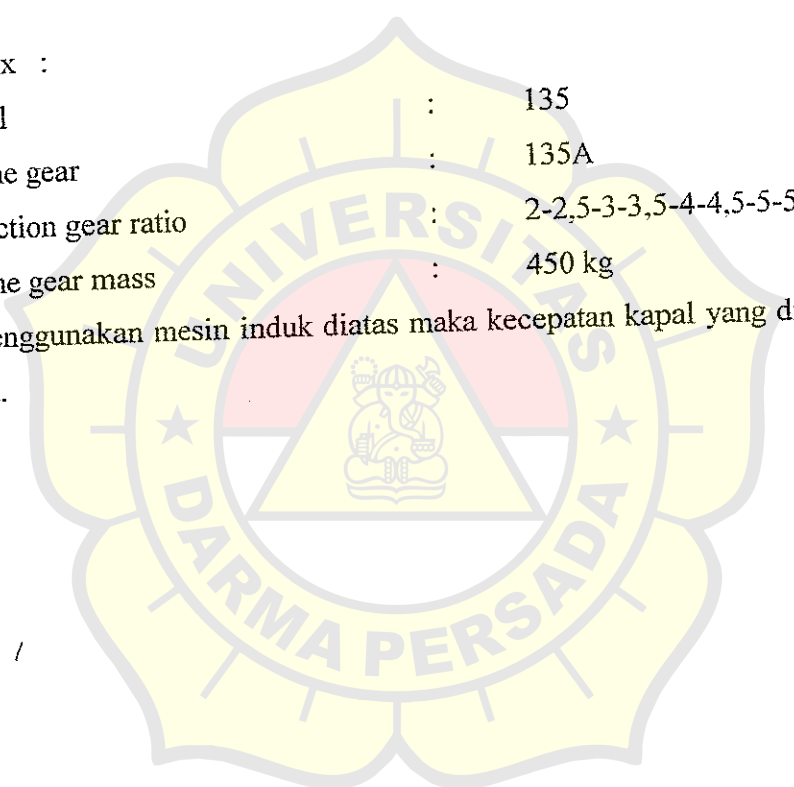
Dari perhiungan tahanan yang telah di peroleh maka spesifikasi Main Engine sebagai berikut

- Merek	:	MAK
- Model	:	12 M282
- Jumlah silender	:	12
- Bore dan Stroke	:	240 mm dan 280 mm
- Daya	:	2200 KW (2993,2 HP) X 2
- Putaran Mesin	:	900 Rpm
- Berat Mesin	:	34000 kg
- Dimensi (P x L x T) mm	:	5305 mm x 1840 mm x 2467 mm

Spesifikasi GearBox :

- Model	:	135
- Marine gear	:	135A
- Reduction gear ratio	:	2-2,5-3-3,5-4-4,5-5-5,5-6-6,5
- Marine gear mass	:	450 kg

Dengan menggunakan mesin induk diatas maka kecepatan kapal yang dicapai adalah sebesar 14,10 knot.





II.2. 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.

2.1.1 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, yaitu (*Propulsi Kapal Hal 94, Teguh Sastrodiwongso M.S.E*) :

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

Dimana :

N_K = Putaran baling-baling setelah dikoreksi (Nm)

SHP = Shaft Horse Power (HP-British)

V_a = Advance speed of propeller (knot)

1.1 Koreksi RPM Baling-baling (N_K)

Karena memakai $Bp-\delta$ diagram maka dilakukan koreksi Scale effect untuk N sebesar 2%

Rpm = Putaran mesin utama kapal rancangan
 = 900 rpm

Reduction gear yang dipilih 3,5 : 1

$$N_{\text{baling}2} = \frac{900}{3,5}$$

$$= 257,142 \text{ rpm.}$$

$$N_K = 0,98 \times 257,142 \text{ (koreksi scale effect 2\%)}$$

$$= 252 \text{ rpm.}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga $N = 252$ 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 dibelakang

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



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

Maka :

$$\begin{aligned} \text{SHP} &= (\text{BHP} - (3 + 3)\%) \times \frac{75}{76} \times \frac{1.000}{1.025} \\ &= (2993.2 - (6)\%) \times \frac{75}{76} \times \frac{1.000}{1.025} \\ &= 2882 \text{ HP.} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga SHP = 2882 HP.

1.3 Advance Speed of Propeller (Va)

Untuk menentukan *advance speed of propeller* dari kapal rancangan digunakan rumus menurut buku (tahanan dan propulsi kapal Sv. Aa. Harvald hal 136):

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

Dimana :

V_a = Advance speed of propeller (Knot).

w = Wake Friaction

$$= 0,1938$$

V_s = Kecepatan kapal rancangan.

$$= 14.10 \text{ knot}$$

Maka :

$$V_a = 14.10 (1 - 0,1938)$$

$$= 11.367 \text{ Knot.}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga $V_a = 11,367$ Knot.

Maka :

$$B_p = \frac{N_k \times \sqrt{\text{SHP}}}{V_a^{2.5}}$$

$$= \frac{252 \times \sqrt{2882}}{11,367^{2.5}}$$

$$= 31.000$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga $B_p = 31,000$

2. Diameter Optimum (Do)

Untuk menentukan Diameter Optimum (Do) digunakan rumus dari buku *Propulsi Kapal Hal 94, Teguh Sastrodiwongso M.S.E* :

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

Dimana :

Do = Diameter Optimum.

δ_k = Koreksi *Advance Coefficient*.

Va = *Advance Speed* dari *propeller*.
= 11.367 knot.

N_k = Koreksi Putaran baling-baling
= 252 rpm.

- Maka Diameter Optimumnya (Do) adalah :

- Untuk B4-40

Untuk menentukan harga δ dari Bp = 31,000 maka dapat diperoleh dari Bp- δ diagram pada gbr. 115 (*naval architecture* hal 414) :

$$\delta = 222$$

Koreksi dari Open Condition menjadi Behind Condition sebesar 2%

$$\delta = 217.560$$

Hasil dari Bp- δ diagram :

$$\eta_p \text{ (efisiensi propeller)} = 59.5\%$$

$$Ho/D \text{ (Pitc ratio)} = 0,68$$

Maka :

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

$$Do = \frac{217.560 \times 11,367}{252} = 9,813 \text{ feet dijadikan } m = \times 0,3048$$

$$= 2.991 \text{ m}$$



- Untuk B4-55

Untuk menentukan harga δ dari $B_p = 31,000$ maka dapat diperoleh dari Bp- δ diagram pada gambar 116 (*naval architecture* hal 414) :

$$\delta = 218$$

Koreksi dari Open Condition menjadi Behind Condition sebesar 2%

$$\delta = 213.640$$

Hasil dari Bp- δ diagram :

$$\eta_p \text{ (efisiensi propeller) } = 58.2\%$$

$$H_o/D \text{ (Pite ratio) } = 0,71$$

Maka :

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

$$D_o = \frac{213,64 \times 11,367}{252} = 9,636 \text{ feet dijadikan } m = \times 0,3048 \\ = 2,930 \text{ m}$$

- Untuk B4-70

Untuk menentukan harga δ dari $B_p = 31,000$ maka dapat diperoleh dari Bp- δ diagram pada gbr. 117 (*naval architecture* 415) :

$$\delta = 210$$

Koreksi dari Open Condition menjadi Behind Condition sebesar 2%

$$\delta = 205,8$$

Hasil dari Bp- δ diagram :

$$\eta_p \text{ (efisiensi propeller) } = 55,5 \%$$

$$H_o/D \text{ (Pite ratio) } = 0,78$$

Maka :

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

$$D_o = \frac{205,8 \times 11,367}{252} = 9,283 \text{ feet dijadikan } m = \times 0,3048 \\ = 2,829 \text{ m}$$



- Untuk B4-85

Untuk menentukan harga δ dari $B_p = 31,000$ maka dapat diperoleh dari $B_p-\delta$ diagram pada gbr. 118 (*naval architecture* hal 415) :

$$\delta = 208$$

Koreksi dari Open Condition menjadi Behind Condition sebesar 2%

$$\delta = 203,840$$

Hasil dari $B_p-\delta$ diagram :

$$\eta_p \text{ (efisiensi propeller) } = 55,2 \%$$

$$H_o/D \text{ (Pitch ratio) } = 0,80$$

Maka :

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

$$D_o = \frac{203,840 \times 11,367}{252} = 9,194 \text{ feet dijadikan m} = \times 0,3048$$

$$= 2,800 \text{ m}$$

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 $B_p-\delta$ diagram itu didapatkan untuk harga $B_p = 31,125$ adalah sebagai berikut :

No	Item	D	H/D	η_p
1	B4-40	2,991	0,68	59,5%
2	B4-55	2,930	0,71	58,2%
3	B4-70	2,829	0,78	55,5%
4	B4-85	2,800	0,80	55,2%

Tabel 2.3 Perbandingan Jenis

2.1.2 Perhitungan Kavitasasi

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

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



Kavitasi sendiri terjadi karena gejala menguapnya zat cair yang sedang mengalir, karena berkurangnya suatu tekanan sampai di bawah tekanan uap jenuhnya dimana ini berlangsung saat zat cair mengalir di daerah baling-baling kapal. Bila baling-baling ini mengalami kavitasi maka akan menimbulkan suara berisik dan getaran pada baling-baling yang mengurangi unjuk kerjanya secara optimum. Pemilihan ukuran baling-baling dengan resiko kavitasi terkecil dengan memakai diagram kavitasi (*Burrill*).

2.1.3 Konstanta Kavitasi

Untuk menentukan kavitasi pada propeller pada posisi $\sigma_{0,7}$ digunakan rumus pada buku *Propulsi Kapal Hal 104, Teguh Sastrodiwongso M.S.E :*

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

Dimana :

- P_o = Beda tekanan statik pada sumbu *propeller*.
- ρ = Kerapatan air laut.
= 104,500 Kg.det²/m⁴.
- V_a = *Advance Speed* dari *propeller*.
= 11,367 Knot.
- n = Koreksi putaran baling-baling perdetik
= 4,200 Rps

Maka :

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

- a. Sarat air kapal (Draft) $T = 4,600 \text{ m}$
- b. Tinggi sumbu poros baling2 thd garis dasar kapal $h_1 = \frac{2,000 \text{ m}}{2} = 2,600 \text{ m}$
- c. Tinggi Gelombang ($3/4 \% L_{pp}$)
Water head diatas garis/sumbu poros baling2 $h_2 = \frac{0,444 \text{ m}}{2} = 3,044 \text{ m}$
- d. Tekanan hidrostatik pada garis/sumbu poros baling2 di air laut ($3,044 \text{ m} \times 1025 \text{ kg/m}^3$) = 3120,1 kg/m²
- e. (tekanan atmosfer) - (*vapour pressure* = e) = 10100 kg/m² +



(Tekanan statis digaris sumbu poros baling2) – (e) = 13220,1 kg/m²
 Dari perhitungan ditetapkan harga $Po-e = 13220,1 \text{ kg/m}^2$.

Maka konstanta kavitasinya adalah :

- Untuk B4-40

$$\sigma_{0,7} = \frac{13220,100 - (0,7 \times 1,495 \times 1025)}{0,5 \times 104,5 (11,367^2 + (2 \times 3,14 \times 0,7 \times 1,495 \times 4,20)^2)}$$

$$= 0,260$$

- Untuk B4-55

$$\sigma_{0,7} = \frac{13220,100 - (0,7 \times 1,465 \times 1025)}{0,5 \times 104,5 (11,367^2 + (2 \times 3,14 \times 0,7 \times 1,465 \times 4,20)^2)}$$

$$= 0,270$$

- Untuk B4-70

$$\sigma_{0,7} = \frac{13220,100 - (0,7 \times 1,414 \times 1025)}{0,5 \times 104,5 (11,367^2 + (2 \times 3,14 \times 0,7 \times 1,414 \times 4,20)^2)}$$

$$= 0,288$$

- Untuk B4-85

$$\sigma_{0,7} = \frac{13220,100 - (0,7 \times 1,400 \times 1025)}{0,5 \times 104,5 (11,367^2 + (2 \times 3,14 \times 0,7 \times 1,400 \times 4,20)^2)}$$

$$= 0,293$$

2.1.4 Koefisien Gaya Dorong (τ)

Untuk menentukan koefisien gaya dorong ini digunakan rumus dari buku *Propulsi Kapal Hal 100, Teguh Satrodiwongso M.S.E* sebagai berikut :

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

Dimana :

- Penentuan *Thrust* (T)

Untuk menentukan Thrust maka digunakan Rumus yang tertera pada buku *Propulsi Kapal Hal 101, Teguh Sastro Diwongso M.S.E* :

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



Dimana :

$T = Thrust.$

$SHP = Shaft Horse Power = 2886.142 \text{ HP}.$

$\eta_p = Propulsive Efficiency.$

$\eta_r = Efisiensi Rotary relative. (twin screw < 1,00 \approx \pm 0,985)$

$V_a = Advance speed of propeller. = 11,367 \text{ knot}$

Maka :

- Untuk B4-40 dan $\eta_p = 59,5\%$

$$T = \frac{2882 \times 0,595 \times 0,985 \times 75}{11,367}$$
$$= 11144,551 \text{ kg}$$

- Untuk B4-55 dan $\eta_p = 58,2\%$

$$T = \frac{2882 \times 0,582 \times 0,985 \times 75}{11,367}$$
$$= 10901,110 \text{ kg}$$

- Untuk B4-70 dan $\eta_p = 55,5\%$

$$T = \frac{2882 \times 0,555 \times 0,985 \times 75}{11,367}$$
$$= 10395,337 \text{ kg}$$

- Untuk B4-85 dan $\eta_p = 55,2\%$

$$T = \frac{2882 \times 0,552 \times 0,985 \times 75}{11,367}$$
$$= 10339,1464 \text{ kg}$$

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

Untuk menentukan *project blade area* digunakan rumus yaitu :

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



- Untuk B4-40

Expanded Blade Ratio

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

Disc Area of The Screw (F)

$$\begin{aligned} F &= \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \\ &= \frac{3,14}{4} \times (2.991)^2 \\ &= 7.022 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Expanded Blade Area(Fa)

$$Fa = 0,40 \times 7,022 = 2,808 \text{ m}^2$$

Jadi :

$$\begin{aligned} F_p &= (1,067 - (0,229 \times 0,68)) \times 2,808 \\ &= 2.558 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- Untuk B4-55

Expanded Blade Ratio

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

Disc Area of The Screw (F)

$$\begin{aligned} F &= \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \\ &= \frac{3,14}{4} \times (2,930)^2 \\ &= 6.739 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Expanded Blade Area (Fa)

$$Fa = 0,55 \times 6,739 = 3,706 \text{ m}^2$$

Jadi :

$$\begin{aligned} F_p &= (1,067 - (0,229 \times 0,71)) \times 3,706 \\ &= 3,351 \text{ m}^2 \end{aligned}$$



- Untuk B4-70

Expanded Blade Ratio

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

Disc Area of The Screw (F)

$$\begin{aligned} F &= \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \\ &= \frac{3,14}{4} \times (2,829)^2 \\ &= 6,282 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Expanded Blade Area(Fa)

$$Fa = 0,70 \times 6,282 = 4,397 \text{ m}^2$$

Jadi :

$$\begin{aligned} F_p &= (1,067 - (0,229 \times 0,78)) \times 4,397 \\ &= 3,906 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- Untuk B4-85

Expanded Blade Ratio

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

Disc Area of The Screw (F)

$$\begin{aligned} F &= \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \\ &= \frac{3,14}{4} \times (2,800)^2 \\ &= 6,154 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Expanded Blade Area (Fa)

$$Fa = 0,85 \times 6,154 = 5,230 \text{ m}^2$$

Jadi:

$$\begin{aligned} F_p &= (1,067 - (0,229 \times 0,80)) \times 5,230 \\ &= 4,622 \end{aligned}$$



Maka koefisien gaya dorongnya (τ) adalah :

- Untuk B4-40

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

$$\tau = \frac{11144,551}{(0,5 \times 104,5 \times 2,558 \times ((1,367^2) + (2 \times 3,14 \times 0,7 \times 1,495 \times 4,20)^2))}$$
$$= 0,093$$

- Untuk B4-55

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

$$\tau = \frac{10901,110}{(0,5 \times 104,5 \times 3,351 \times ((1,367^2) + (2 \times 3,14 \times 0,7 \times 1,465 \times 4,20)^2))}$$
$$= 0,072$$

- Untuk B4-70

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

$$\tau = \frac{10395,337}{(0,5 \times 104,5 \times 3,906 \times ((1,367^2) + (2 \times 3,14 \times 0,7 \times 1,414 \times 4,20)^2))}$$
$$= 0,063$$

- Untuk B4-85

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

$$\tau = \frac{10339,1464}{(0,5 \times 104,5 \times 4,622 \times ((1,367^2) + (2 \times 3,14 \times 0,7 \times 1,400 \times 4,20)^2))}$$
$$= 0,053$$

2.1.5 Tabel Perhitungan Kavitasasi

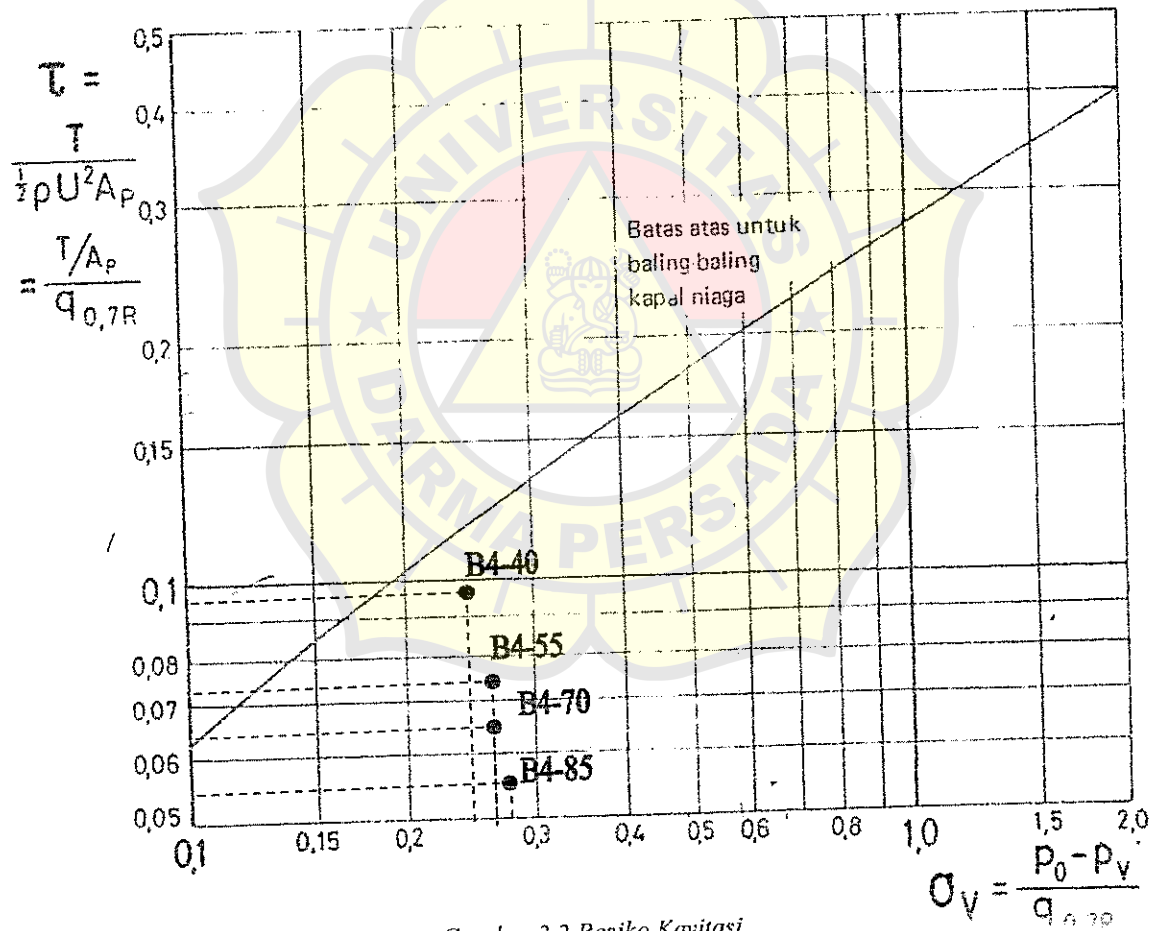
Setelah didapat dilakukan perhitungan kavitasasi diatas, langkah selanjutnya adalah untuk melakukan penggambaran grafik rancangan baling-baling. Berikut dibawah ini adalah tabel hasil perhitungan kavitasasi.



	$\sigma_{0,7}$	τ	F_p/F_a	F_a/F	F	F_a	F_p
B4-40	0,260	0,093	0,910	0,40	7,022	2,808	2,558
B4-55	0,270	0,072	0,904	0,55	6,739	3,706	3,351
B4-70	0,288	0,063	0,888	0,70	6,282	4,397	3,906
B4-85	0,293	0,053	0,883	0,85	6,154	5,230	4,622

Tabel 2.4 Perhitungan Kavitasasi

Prediksi Resiko kavitasasi dengan Diagram Burrill



Gambar 2.2 Resiko Kavitasasi



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

- Type propeller berada pada : B4- 40
- Diameter propeller (D) : 2,991 M
- Pitch Ratiopropeller (Ho/D) : 0,68
- Expanded blade ratio (Fa/F) : 0,40
- Effisiensi propeller (η_p) : 59,5 %
- Jumlah daun propeller (Z) : 4 buah





2.3 PENGAMBARAN PROPELLER

Didalam melakukan perancangan propeller, pertama-tama yang harus dipahami adalah mengenai beberapa definisi yang mempunyai korelasi langsung terhadap perancangan tersebut (meliputi *Power*, *Velocities*, *Forces*, dan *Efficiencies*).

Ada 3 (tiga) parameter utama dalam propeller design, antara lain :

- a. Delivered Power (P_d)
- b. Rate of rotation (N)
- c. Speed of Advance (V_a)

Adapun definisi dari masing-masing Kondisi Perancangan adalah sebagai berikut :

Delivered Power (P_d), adalah power yang di-absorb oleh propeller dari *Shafting System* untuk diubah menjadi **Thrust Power (P_t)**. **Rate of Rotation (N)**, adalah putaran propeller. **Speed of Advance (V_a)**, adalah Kecepatan aliran fluida pada disk propeller. Harga V_a adalah lebih rendah dari harga V_s (kecepatan servis kapal), yangmana hal ini secara umum disebabkan oleh *friction effects* dan *flow displacement effects* dari fluida yang bekerja pada sepanjang lambung kapal hingga disk propeller.

Penggambaran *propeller design* serta penentuan parameter dimensinya, termasuk juga bentuk *blade section*; *thickness*; *panjang chord* dari masingmasing blade section, dsb.

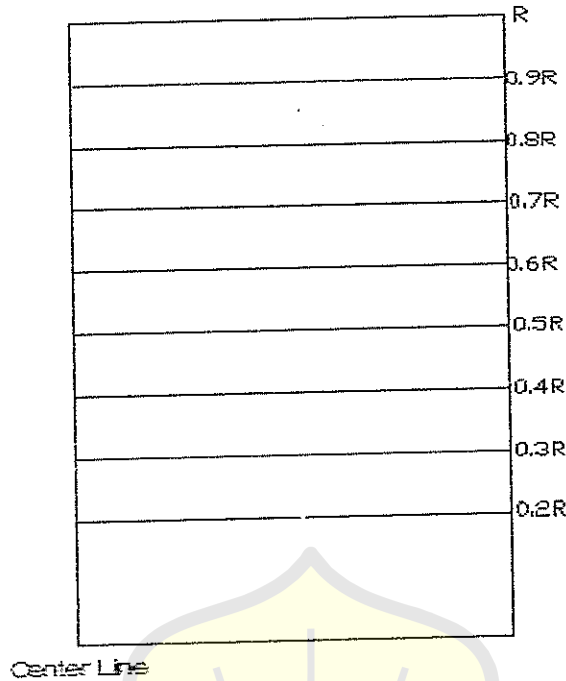
Kemudian menghitung perencanaan propeller :

Diameter propeller(m)	: 2,991
Jari-jari (m)	: 1,4955
Panjang Blade elemen untuk F_a/F 0,40	: 0,654
Ketebalan maksimum(St)	: 0,134
Skala keseluruhan	: 1:10

Jarak garis bagi
 jari-jari :

r/R	Jarak (m)	mm	Skala 1:10
0.2	0.2991	299.100	29.910
0.3	0.4487	448.650	44.865
0.4	0.5982	598.200	59.820
0.5	0.7478	747.750	74.775
0.6	0.8973	897.300	89.730
0.7	1.0469	1046.850	104.685
0.8	1.1964	1196.400	119.640
0.9	1.3460	1345.950	134.595
1	1.4955	1495.500	149.550

Tabel 2.5 Jarak Garis Jari-jari



Gambar 2.3 Jarak Garis Jari-jari Propeller

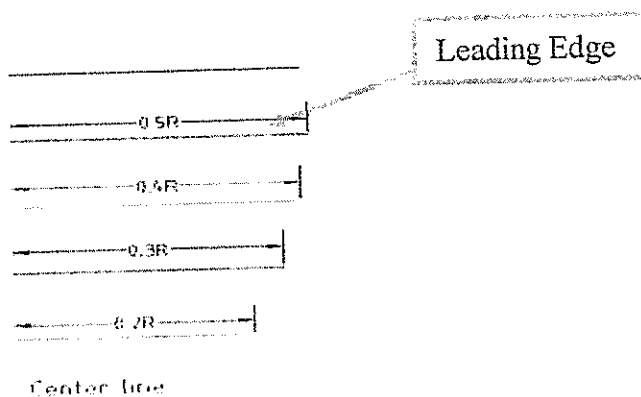
Kemudian dari garis jarak bagi jari-jari akan digambar pada masing-masing segmen pada tiap-tiap R (0,2R – R):

Center line ke Leading Edge (ar)

$$ar = L \cdot 0.6 R \times K$$

r/R	L 0,6 R (mm)	Konstanta	Ordinat (mm)	Skala 1:10
0.2	654.131700	46.90%	306.7877673	30.679
0.3	654.131700	52.64%	344.3349269	34.433
0.4	654.1317	56.32%	368.4069734	36.841
0.5	654.1317	57.60%	376.7798592	37.678
0.6	654.131700	56.08%	366.8370574	36.684
0.7	654.1317	51.40%	336.2236938	33.622
0.8	654.1317	41.65%	272.4458531	27.245
0.9	654.1317	25.35%	165.822386	16.582
1	654.1317	0.00%	0	0.000

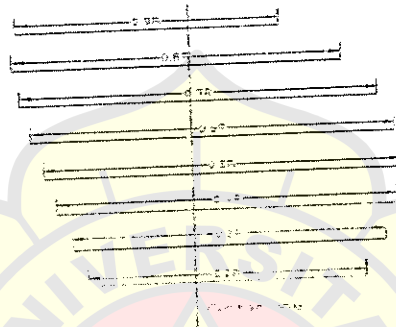
Tabel 2.6 Center Line ke Leading Edge



Gambar 2.4 Center Line ke Leading Edge

Panjang elemen total (cr)		L0,6 R x K		
r/R	L 0.6 R	Konstanta	Ordinat (mm)	Skala 1 : 10
0.2	654.1317	76.08%	497.6633974	49.766
0.3	654.1317	85.96%	562.2916093	56.229
0.4	654.1317	93.62%	612.3980975	61.240
0.5	654.1317	98.38%	643.5347665	64.353
0.6	654.1317	100%	654.1317	65.413
0.7	654.1317	98.08%	641.5723714	64.157
0.8	654.1317	90.00%	588.71853	58.872
0.9	654.1317	72.35%	473.264285	47.326
1	654.1317	0.00%	0	0.000

Tabel 2.7 Pajang Elemen Total

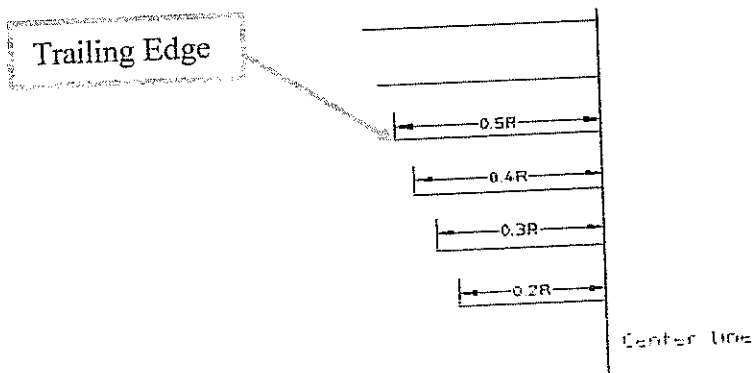


Gambar 2.5 Pajang Elemen Total

Center line ke Trailing Edge ($Dr = cr - ai$)

r/R	L 0.6 R (mm)	Konstanta	Ordinat (mm)	Skala 1:10 (mm)
0.2	654.1317	29.18%	190.8756301	19.088
0.3	654.131700	33.32%	217.9566824	21.796
0.4	654.1317	37.30%	243.9911241	24.399
0.5	654.1317	40.78%	266.7549073	26.675
0.6	654.1317	43.92%	287.2946426	28.729
0.7	654.1317	46.68%	305.3486776	30.535
0.8	654.1317	48.35%	316.272677	31.627
0.9	654.1317	47.00%	307.441899	30.744
1	654.1317	20.14%	131.7421244	13.174

Tabel 2.8 Center Line ke Trailing Edge



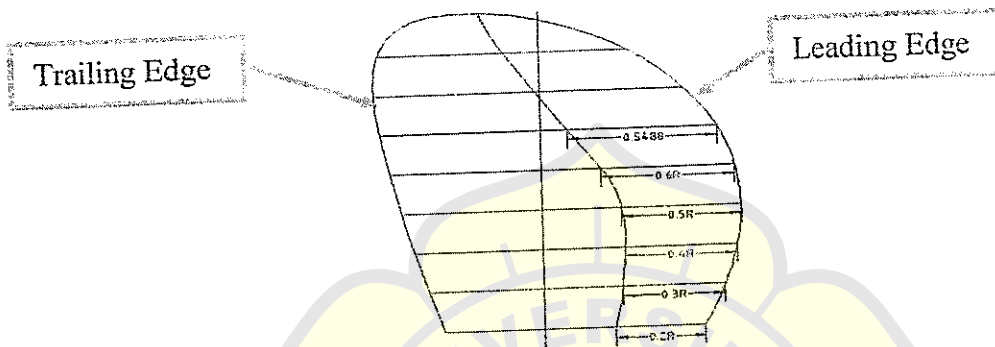
Gambar 2.6 Center Line ke Trailing Edge



Jarak ordinat Tebal maksimum dari Leading Edge (br) $br = K \times cr$

r/R	Konstanta (%D)	Ordinat(mm)	Skala 1:10
0.2	35.0%	174.1821891	17.418
0.3	35.0%	196.8020633	19.680
0.4	35.0%	214.3393341	21.434
0.5	35.5%	228.4548421	22.845
0.6	38.9%	254.4572313	25.446
0.7	44.3%	284.2165605	28.422
0.8	47.9%	281.9961759	28.200
0.9	50.0%	236.6321425	23.663

Tabel 2.9 Tebal Maksimum Dari Leading Edge

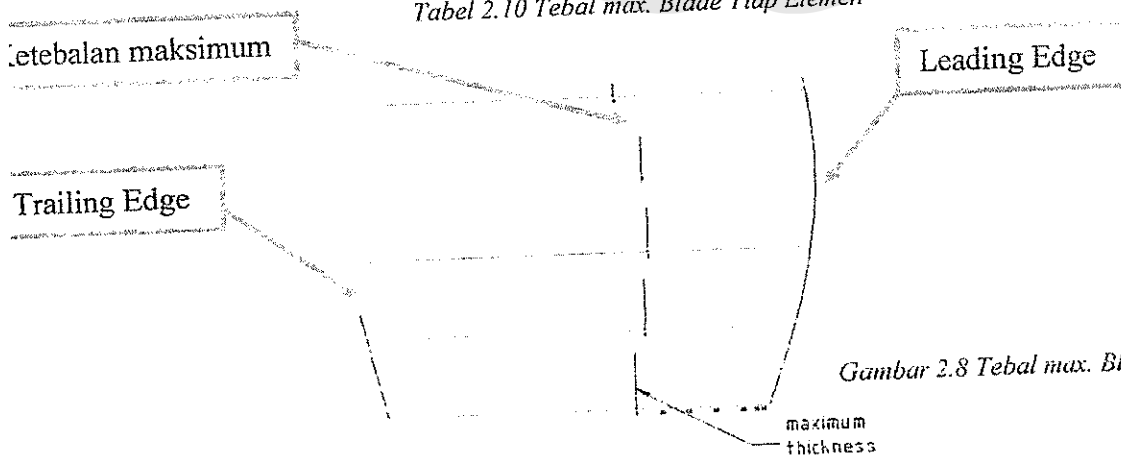


Gambar 2.7 Tebal Maksimum Dari Leading Edge

Ketebalan maksimum blade tiap elemen (sr) $sr = k \times D$

r/R	Konstanta (%D)	Ordinat (mm)	Skala 1:10
0.2	3.66%	109.4706000	10.947
0.3	3.24%	96.9084000	9.691
0.4	2.82%	84.3462000	8.435
0.5	2.40%	71.7840000	7.178
0.6	1.98%	59.2218000	5.922
0.7	1.56%	46.6596000	4.666
0.8	1.14%	34.0974000	3.410
0.9	0.72%	21.5352000	2.154
1	0.30%	8.9730000	0.897

Tabel 2.10 Tebal max. Blade Tiap Elemen



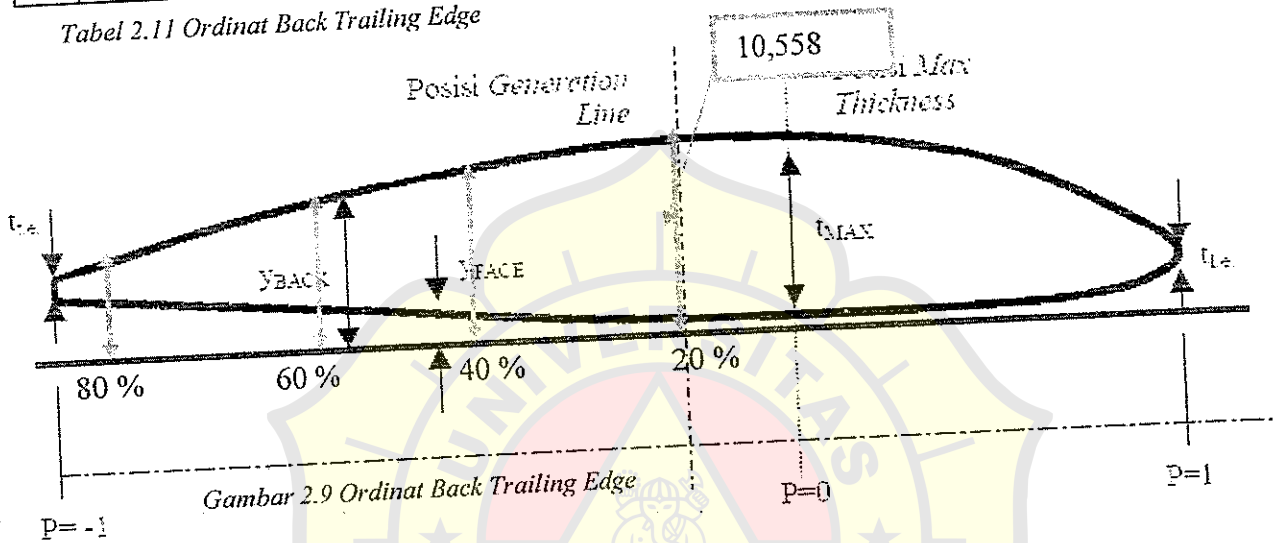
Gambar 2.8 Tebal max. Blade Tiap Elemen



Ordinat Back Trailing Edge = $sr \times \%k \text{ obt}$

r/P	20%	Ordinat(mm)	40%	Ordinat(mm)	60%	Ordinat(mm)	80%	Ordinat(mm)
0.2	96.45%	10.558	86.90%	9.513	72.65%	7.953	53.35%	5.840
0.3	96.80%	9.381	86.80%	8.412	71.60%	6.939	50.95%	4.937
0.4	97.00%	8.182	86.55%	7.300	70.25%	5.925	47.70%	4.023
0.5	96.95%	6.959	86.10%	6.181	68.40%	4.910	43.40%	3.115
0.6	96.80%	5.733	85.40%	5.058	67.15%	3.977	40.20%	2.381
0.7	96.65%	4.510	84.90%	3.961	66.90%	3.122	39.40%	1.838
0.8	96.70%	3.297	85.30%	2.909	67.80%	2.312	40.95%	1.396
0.9	97.00%	2.089	87.00%	1.874	70.00%	1.507	45.15%	0.972

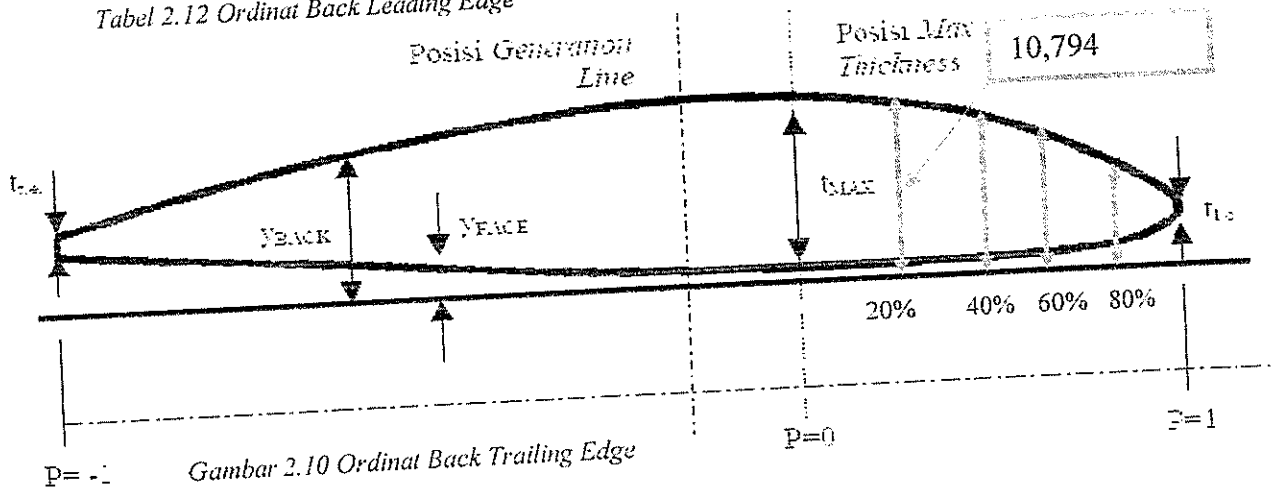
Tabel 2.11 Ordinat Back Trailing Edge



Gambar 2.9 Ordinat Back Trailing Edge

r/P	20%	Ordinat (mm)	40%	Ordinat (mm)	60%	Ordinat (mm)	80%	Ordinat (mm)
0.2	98.60%	10.794	84.60%	10.345	67.00%	9.524	74.40%	8.148
0.3	98.40%	9.333	84.00%	9.109	65.80%	8.315	72.50%	7.026
0.4	98.25%	8.265	83.25%	7.932	64.30%	7.119	70.40%	5.933
0.5	98.10%	7.042	82.40%	6.650	62.30%	5.908	67.70%	4.980
0.6	98.00%	5.840	81.25%	5.484	60.30%	4.658	65.60%	3.771
0.7	97.85%	4.554	80.00%	4.143	57.90%	3.485	62.20%	3.091
0.8	97.60%	3.297	85.50%	2.909	65.70%	2.640	49.25%	1.945
0.9	97.00%	2.089	87.00%	1.874	70.00%	1.507	45.15%	0.972

Tabel 2.12 Ordinat Back Leading Edge

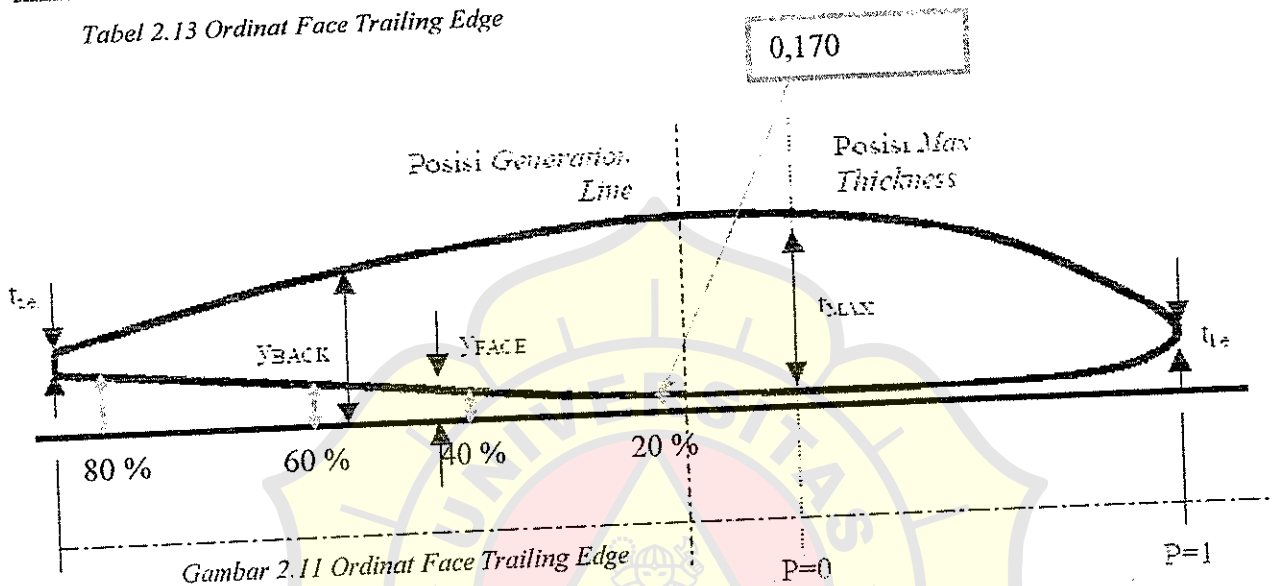


Gambar 2.10 Ordinat Back Trailing Edge



c/R	20%	Ordinat (mm)	40%	Ordinat (mm)	60%	Ordinat (mm)	80%	Ordinat (mm)	100%	Ordinat (mm)	95%	Ordinat (mm)
0.2	1.55%	0.170	5.45%	0.597	10.90%	1.193	16.20%	1.789	23.36%	2.284	55.95%	3.234
0.3	0.00%	0.000	1.70%	0.166	5.10%	0.362	12.20%	1.162	23.36%	2.283	54.90%	3.220
0.4	0.00%	0.000	0.00%	0.000	1.30%	0.127	6.20%	0.523	17.65%	1.506	52.20%	4.433
0.5	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	1.75%	0.126	8.95%	0.696	48.60%	3.488
0.6	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	43.35%	2.587
0.7	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	35.00%	1.633
0.8	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	25.45%	0.880
0.9	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	22.00%	0.474

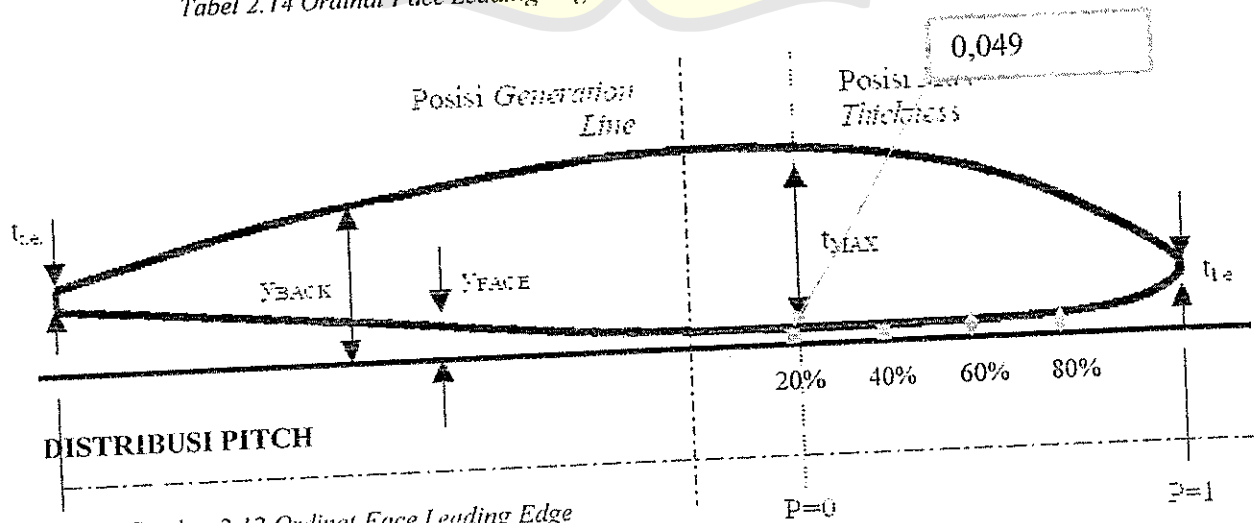
Tabel 2.13 Ordinat Face Trailing Edge



Gambar 2.11 Ordinat Face Trailing Edge

c/R	20%	Ordinat (mm)	40%	Ordinat (mm)	60%	Ordinat (mm)	80%	Ordinat (mm)	100%	Ordinat (mm)	95%	Ordinat (mm)
0.2	0.45%	0.049	12.30%	0.233	23.90%	0.548	34.4%	1.172	21.30%	2.222	25.20%	2.683
0.3	0.00%	0.000	1.00%	0.126	4.60%	0.416	10.90%	1.051	16.65%	1.604	22.20%	2.191
0.4	0.00%	0.000	0.00%	0.000	2.65%	0.224	7.60%	0.656	12.60%	1.054	17.00%	1.630
0.5	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.70%	0.099	1.30%	0.309	6.45%	0.697	13.20%	0.999
0.6	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000
0.7	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000
0.8	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000
0.9	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000
1.0	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000

Tabel 2.14 Ordinat Face Leading Edge



Gambar 2.12 Ordinat Face Leading Edge



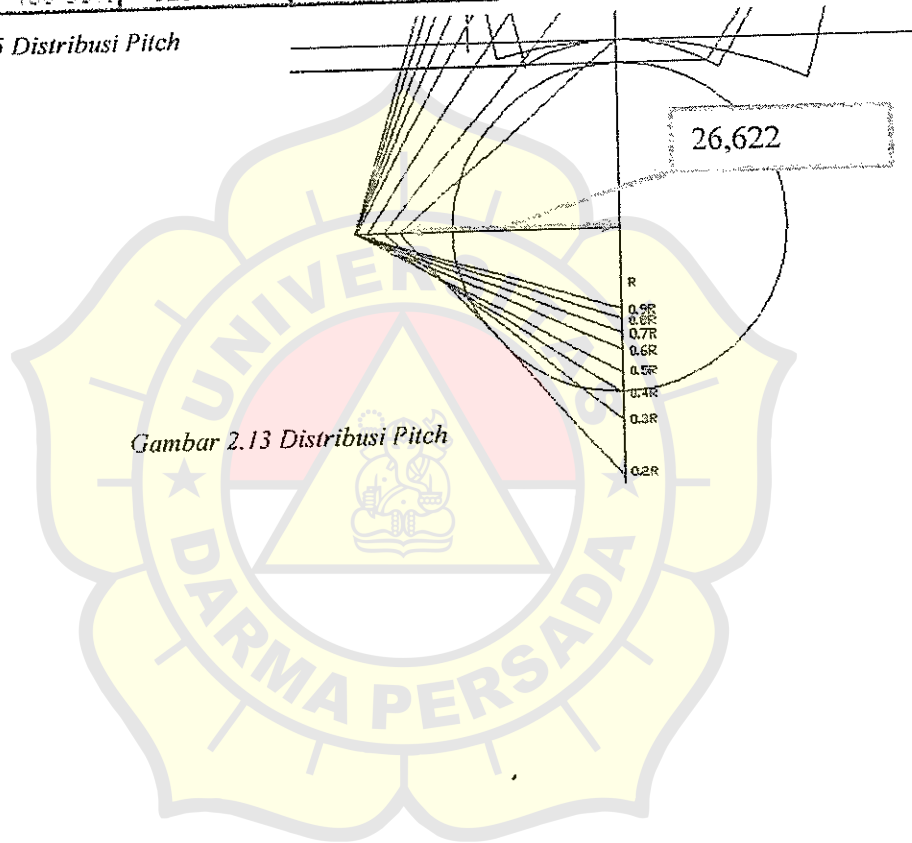
P/D : 0,68

$P/2\pi$: 0,324

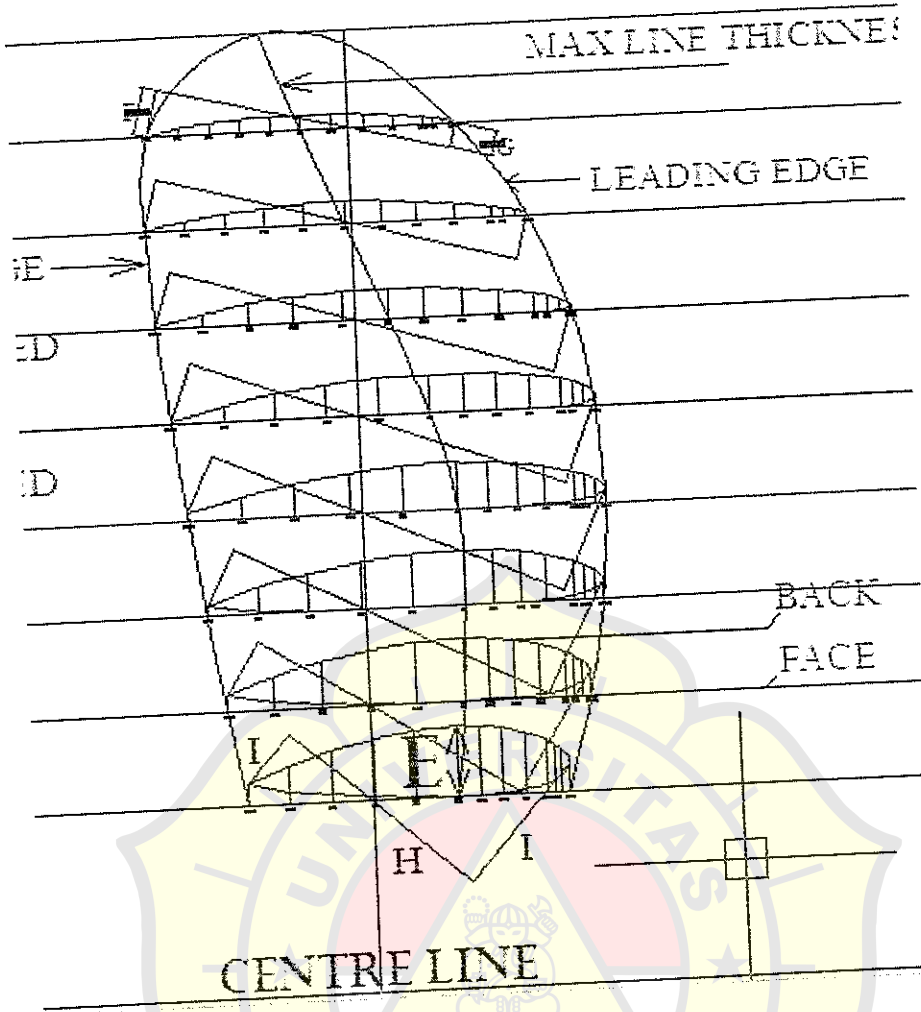
Distribusi Pitch = $P/D \times K \times 1000$

r/R	Konstanta (%D)	Ordinat (mm)	Skala
0.2	82.20%	266.218034	26.622
0.3	88.70%	287.2693567	28.727
0.4	95.00%	307.6729299	30.767
0.5	99.20%	321.2753121	32.128
0.6	100.00%	323.866242	32.387
0.7	100.00%	323.866242	32.387
0.8	100.00%	323.866242	32.387
0.9	100.00%	323.866242	32.387

Tabel 2.15 Distribusi Pitch

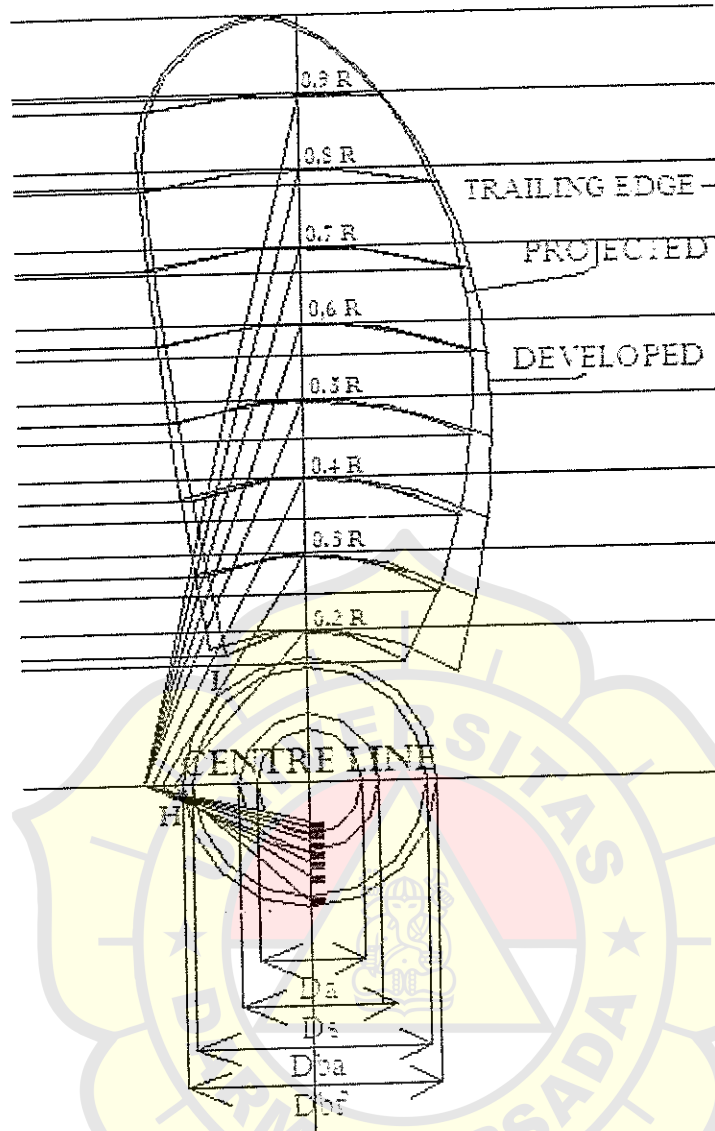


Gambar 2.13 Distribusi Pitch

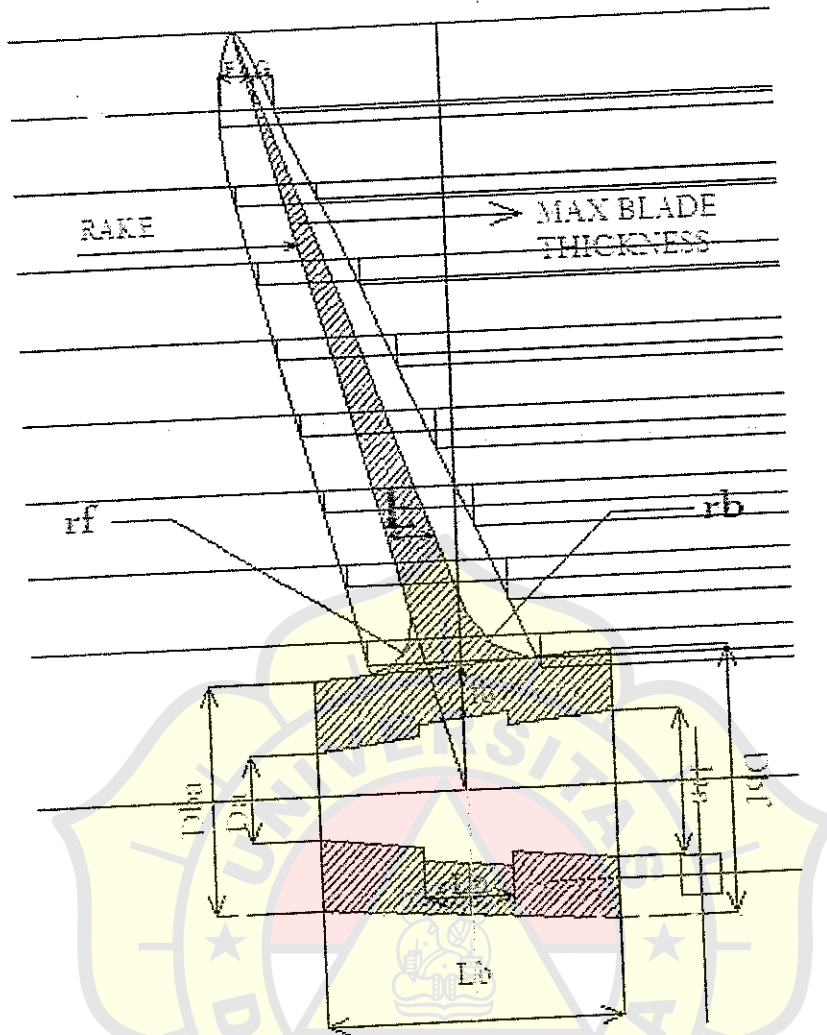


Gambar 2.14 Expanded

Untuk gambar developed dan projected diperoleh dengan memproyeksikan masing-masing panjang A, B, C, D, dan E berturut-turut untuk masing-masing r/R propeller. Sedangkan untuk gambar side view, diperoleh dengan memproyeksikan panjang garis F dan G.



Gambar 2.15 Projected Dan Developed



Gambar 2.15 Side View



PERENCANAAN DIAMETER POROS PROPELLER

Perencanaan poros propeller menurut buku Elemen Mesin SOELARSO adalah sebagai berikut

$$D_s = \left[\left(\frac{5,1}{\tau_a} \right) \times K_t \times C_b \times T \right]^{1/3}, \text{ mm}$$

Langkah perhitungan :

- Daya Perencanaan (Pd)

$$Pd = f_c \times P$$

Dimana ; f_c = faktor koreksi daya yang direncanakan besarnya = 1,2

- $f_c = 1,2 - 2,0$ (Daya maksimum)
- $f_c = 0,8 - 1,2$ (Daya rata – rata)
- $f_c = 1,0 - 1,5$ (Daya normal)

P = daya motor dalam Kw dalam perencanaan ini daya motor adalah sebesar = 2200 Kw

$$Pd = 2200 \cdot 1,2 = 2640 \text{ kW.}$$

- Torsi (T)

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

dimana N adalah putaran propeller, dalam perencanaan ini putaran propeller didapatkan sebesar = 252 Rpm

$$Pd = 2640 \text{ Kw}$$

$$T = 9,74 \cdot 10^5 \times \left(\frac{2640}{252} \right) \\ = 10203809 \text{ kgm}$$

- Tegangan yang diijinkan (τ_a)

$$\tau_a = \frac{\sigma_b}{(sf_1 \times sf_2)}$$

Dimana material poros yang digunakan dalam hal ini adalah S 45 C, dengan memiliki

harga $\sigma_b = 58 \text{ kg/mm} = 580 \text{ N/mm}^2$ dan besar dari

$Sf_1 = 6$ (untuk material baja karbon)

$Sf_2 = 1,3 - 3$, dalam perhitungan ini diambil nilai 2

$$\text{Sehingga ; } \tau_a = \frac{58}{6 \times 1,5} = 6,444 \text{ Kg / mm}^2$$

K_T = untuk beban kejutan / tumbukan, nilainya antara 1,5 – 3,

diambil nilai $K_T = 1,5$



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

- Diameter Poros (D_s)

$$D_s = \left[\left(\frac{5,1}{\tau_u} \right) \times K_t \times C_b \times T \right]^{1/3}, \text{ mm}$$

$$D_s = \left[\left(\frac{5,1}{6,444} \right) \cdot 1,5 \times 2 \times 10203809 \right]^{1/3}$$

$$= 289 \text{ mm}$$

Diambil $D_s = 289 \text{ mm}$

- Tegangan yang bekerja

$$\begin{aligned} \tau &= (5,1 \cdot T) / ds^3 \\ &= (5,1 \times 1,0203809 \times 10^7) / 289^3 \\ &= 2,156 \end{aligned}$$

PERHITUNGAN KOREKSI

I. $\tau < \tau_u$

$$2,156 < 6,44$$

(memenuhi syarat)

Diameter poros dapat dinyatakan memenuhi syarat.

PERENCANAAN PERLENGKAPAN PROPELLER

1. Diameter boss propeller

$$D_b = 0,167 \times D_{prop}$$

$$= 0,167 \times 2991$$

$$= 499,497 \text{ mm, Diambil } 500 \text{ mm}$$

$$t_r = 0,045 \times D_{prop}$$

$$= 0,045 \times 2991$$

$$= 134,595 \text{ mm, Diambil } 135 \text{ mm}$$

(Dr. Ir. W. P. A. Van Lammern, "Resistance Propulsion and Steering of Ship")

2. Diameter boss propeller terkecil (Dba)

Diameter terkecil boss propeler atau Dba berkisar antara 0,85 sampai 0,9 diameter boss propeler. Diambil $Dba = 0,9 Db$

$$Dba/Db = 0,9$$

$$\begin{aligned} Dba &= 0,9 \times Db \\ &= 0,9 \times 500 \\ &= 450 \text{ mm} \end{aligned}$$

3. Diameter boss propeller terbesar (Dbf)

Diameter terbesar boss propeler atau Dbf berkisar antara 1,05 sampai 1,2 kali diameter boss propeler. Diambil $Dbf = 1,05 Db$

$$Dbf/Db = 1,05$$

$$\begin{aligned} Dbf &= 1,05 \times Db \\ &= 1,05 \times 500 \\ &= 525 \text{ mm} \end{aligned}$$

4. Panjang boss propeller (Lb)

$$\begin{aligned} Lb/Ds &= 1,8 - 2,4 \\ &= \text{diambil nilai } 2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Lb &= 2 \times Ds \\ &= 2 \times 289 = 578 \text{ mm} \end{aligned}$$

5. Panjang lubang dalam boss propeller (Ln)

$$Ln/Lb = 0,3$$

$$\begin{aligned} Ln &= 0,3 \times Lb \\ &= 0,3 \times 578 \\ &= 173,4 \text{ mm} = 173 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$tb/tr = 0,75$$

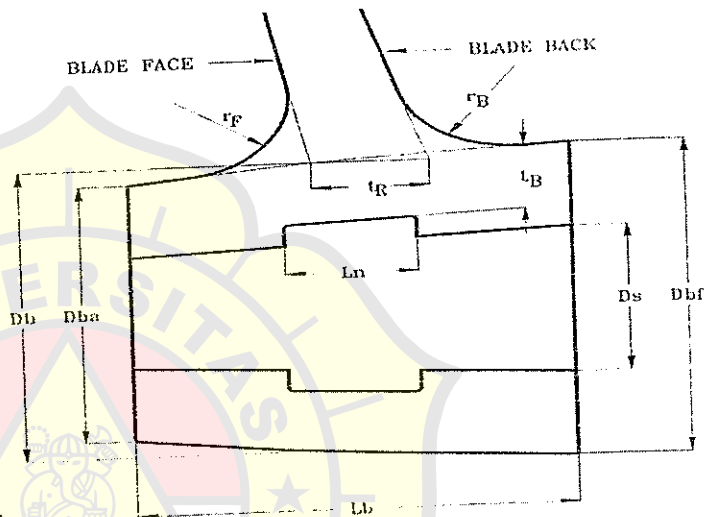
$$\begin{aligned} tb &= 0,75 \times tr \\ &= 0,75 \times 135 \\ &= 101,25 \text{ mm} = 101 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$rf/tr = 0,75$$

$$\begin{aligned} rf &= 0,75 \times tr \\ &= 0,75 \times 135 \\ &= 101,25 \text{ mm} = 101 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$rb/tr = 1$$

$$\begin{aligned} rb &= 1 \times tr \\ &= 135 \text{ mm.} \end{aligned}$$



Gambar 2.16 Diameter Boss Propeller



6. Kemiringan Konis

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

$$1/15 = x / Lb$$

$$x = 1/10 \times Lb$$

$$= 1/10 \times 578$$

$$= 57,8 \text{ mm}$$

(BKI, Volume 3, 2006)

7. Diameter Terkecil Ujung Konis

$$Da = Ds - 2x$$

$$= 289 - (2 \times 57,8)$$

$$= 173,4 \text{ mm. Diambil } 173 \text{ mm}$$

(T. O'Brien, "The Design Of Marine Screw Propeller")

