

BAB II

PERENCANAAN PERHITUNGAN MOTOR INDUK DAN BALING - BALING KAPAL

2.1. PERHITUNGAN DAYA MESIN

2.2.1. 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 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 sedang bergerak dan biasa disebut lapisan atas (*boundary layer*). Di dalam daerah lapisan batas tersebut kecepatan gerak dari partikel-partikel zat cair dalam hal ini air laut, bervariasi dari 0 (nol) pada permukaan kulit kapal menjadi maksimum sama dengan besarnya kecepatan gerak aliran zat cair pada tepi dari lapisan batas tersebut. Perubahan atau variasi kecepatan partikel-partikel zat cair inilah yang mencerminkan adanya pengaruh insentif

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

b. Hambatan Gelombang (Wave Making Resistance)

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 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)

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

towing tank atau dengan cara pendekatan. Yang dimaksud dengan cara pendekatan adalah cara perhitungan dengan menggunakan rumus pendekatan.

Dalam tugas merancang kapal ini, perhitungan hambatan yang digunakan adalah perhitungan yang terdapat, berdasar referensi 1, hal 134.

Diagram Guldhammer dan Harvald

Hambatan (R) dan daya efektif (P_E) untuk kapal dapat dihitung

dengan menggunakan rumus :

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

$$P_E = R \times V_s \quad (kW)$$

Dalam hal ini koefisien hambatan totalnya adalah :

$$C_T = C_R + C_F + C_A$$

Dimana :

C_R = Koeffisien hambatan sisa untuk bentuk kapal standar, dapat diambil dari diagram $L/V^{1/3}$ (Gambar 5.5.5 - 5.5.13 dalam referensi.1, hal 121 - 128

C_F = Koeffisien hambatan gesek dan dapat dihitung dengan memakai

$$C_F = \frac{0.075}{(\log_{10} Rn - 2)^2}$$

Atau dapat diambil dari gambar 5.5.14 menurut ITTC 1957 dalam referensi 1 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 $\partial 10^3 C_R / \partial LCB$, dimana faktor ini dapat dicari dari gambar 5.5.15 - 5.5.16 dalam *Harvald* (referensi 1 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 pada gambar 5.5.15 dalam *referensi 1, 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 :

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

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 gambar 5.5.5 - 5.5.14 dalam *referensi 1*, hal 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

Berdasarkan referensi 1 hal. 132 :

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 (referensi 1 hal. 132).

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 :

$$C_F' = C_F \frac{S_1}{S}, \text{ Berdasarkan referensi 1 hal. 132.}$$

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 (berdasar referensi 1, hal 131)

- 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.2. Ukuran Utama Kapal Rancangan

Pada kapal yang akan direncanakan adalah Kapal Penumpang 6022 GRT dengan data sebagai berikut :

Ukuran Pokok

Panjang Keseluruhan	LOA	= 99,80 M
Panjang Antara Garis Air	Lpp	= 90,50 M
Lebar	B	= 18,00 M
Sarat	T	= 4,20 M

Volume Displacement	(∇)	= 4582,24 M ³
Kecepatan	Vs	= 17,00 knot

II.3. Perhitungan Tahanan Kapal

Perhitungan tahanan kapal dimaksud, adalah untuk menghitung tahanan kapal terbesar guna dapat menentukan besarnya daya dorong yang dapat mengerjakan kapal pada suatu kecepatan tertentu.

Dalam perhitungan tahanan kapal diperlukan data - data kapal sebagai berikut :

Panjang garis tegak	Lpp	= 90,00 m
Panjang antara garis air	LwL	= 93,30 m
$\sqrt{g \times L}$		= 30,25 m/s
Lebar kapal	B	= 18,00 m
Sarat air kapal	T	= 4,20 m
Displasemen	Δ	= 4696,80 Ton
Volume displasemen	∇	= 4582,24 m ³
$\nabla^{1/3}$		= 16,61
Ratio Lebar - Sarat	B/T	= 4,286
Koefisien Blok	δ_{pp}	= 0,67
Koefisien penampang tengah	β	= 0,977
Koeffisien prismatic	ϕ	= 0,686
Ratio panjang - volume displ.	$L/\nabla^{1/3}$	= 5,45
Permukaan basah	S	= 1781,04 m ²
Permukaan basah appendages	S ¹	= 1798,85 m ²

$$\text{Rasio Permukaan Basah} \quad S^1 / S = \frac{1798.85}{1781.04} = 1.01$$

$$\begin{aligned} \text{Posisi titik tekan memanjang} \quad \text{LCB} &= -0,495 \\ &= -0,547 \% \text{ dibelakang } \otimes \end{aligned}$$

Metode yang di gunakan untuk menghitung hambatan kapal adalah metode : **Harvald**.

2.1.2. Perhitungan Hambatan Kapal Pada Kecepatan 17 Knot

$$1. \quad F_n = \frac{V_s}{\sqrt{g \times L}} \quad \text{Berdasarkan Ref.5 hal 120}$$

dimana :

$$\begin{aligned} V_s &= \text{kecepatan kapal (m/dt)} \\ &= 17 \times 0,5144 \end{aligned}$$

$$V_s = 8,745 \text{ m/dt}$$

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

$$\begin{aligned} L &= \text{Panjang kapal (m)} \\ &= 93,30 \text{ m} \end{aligned}$$

maka :

$$\begin{aligned} F_n &= \frac{8.475}{\sqrt{9.81 \times 93.30}} \quad \text{Berdasarkan Ref.5 hal.120} \\ &= 0,29 \end{aligned}$$

$$2. \quad V_s = 17 \text{ Knot}$$

$$3. \quad V_s = 8,745 \text{ m/dt}$$

$$\begin{aligned} 4. \quad V_s^2 &= (8,745)^2 \\ &= 76,47 \text{ m}^2/\text{dt}^2 \end{aligned}$$

5. $1/2 \rho.S.Vs^2$ Berdasarkan Ref. 5 hal 127

dimana :

ρ = massa jenis (kg/m^3)

= 104,49 kg / m^3

S = Luas permukaan bidang basah dari Hydrostatic Curve

= 1781,04 m^2

Rt = $1/2 \rho.S.Vs^2$

= $1/2 \times 104,49 \times 1781,04 \times 76,47$

= 7115566,75 Kg

Residuary Coefficient = $10^3 C_R$

6. $L/\nabla^{1/3} = 5,00$ $F_n = 0,29$ $10^3 C_R = 4,722$

7. $L/\nabla^{1/3} = 5,50$ $F_n = 0,29$ $10^3 C_R = 3,824$

8. $L/\nabla^{1/3} = 5,45$ $F_n = 0,29$ $10^3 C_R = ?$

$$10^3 C_R = 4,722 + \left[\frac{5,45 - 5,00}{5,50 - 5,00} \right] (3,824 - 4,722)$$

$$= 4,722 + \left[\frac{0,45}{0,50} \right] (- 0,898)$$

$$10^3 C_R = 3,914$$

9. Koreksi B/T

B/T = 4,286

B/T > 2,50 maka koreksi;

= 0,16 (B/T - 2,5)

= 0,16 (4,286 - 2,5)

B / T = 0,286

10. Koreksi LCB

$$LCB_{\text{standar}} = 2,86 \%$$

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

$$= -0,547 \% - 2,86 \% = -3,407 \%$$

$$\Delta LCB = -0,03407$$

Karena ΔLCB negatif maka tidak ada koreksi.

11. Garis penampang bentuk depan dan belakang

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

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

Karena kurva tahanan (yang diperoleh dari Gambar 5.5.20 dalam (referensi *Harvald*, 1992 Hal :129) 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).

12. Koreksi bentuk haluan

$$\text{untuk } F_n = 0,29$$

$$C_p = 0,686$$

$$\text{Koreksi bentuk haluan} = -0,30$$

(diperoleh dari Table,5.5.21, referensi *Harvald*, Hal :129).

13. Koreksi anggota badan

a. Boss baling-baling = 3 % ~ 5 %

$$= 4 \% \times C_R$$

$$= 0,04 \times 3,914 \cdot 10^{-3}$$

$$= 1,174 \cdot 10^{-4}$$

- b. Shaft Bracket = 5 % ~ 8 %
 = 6% x C_R
 = 0,06 x 3,914.10⁻³
 = 2,348.10⁻⁴
- c. Lunas Bilga = 0 % (tidak ada koreksi)
- d. Daun kemudi = 0 % (tidak ada koreksi)

14. Resultan 10³C_R

$$\text{Resultan } 10^3 C_R = (8) + (9) + (10) + (11) + (12) + (13)$$

$$10^3 C_R = 3,914 + 0,286 + 0 + 0 + (-0,30) + (1,173.10^{-4} + 2,348.10^{-4})$$

$$= 3,9135$$

15. 10⁻⁶ R_n

$$10^{-6} R_n = 10^{-6} \frac{V \times L}{v}$$

$$= 10^{-6} \frac{8.745 \times 93.3}{1.188 \times 10^6}$$

$$= 686,79$$

16. 10³ C_F dari gambar 5.5.14 menurut ITTC-1957 dalam Harvald, 1992.

$$L = 90,50 \quad V = 8 \quad \text{m/dt}^2 \quad 10^3 C_F = 1,625$$

$$L = 90,50 \quad V = 10 \quad \text{m/dt}^2 \quad 10^3 C_F = 1,5875$$

$$L = 90,50 \quad V = 8,745 \quad \text{m/dt}^2 \quad 10^3 C_F = \dots??$$

$$C_F = 1,625 + \left[\frac{8.745 - 8}{10 - 8} \right] (1,587 - 1,625)$$

$$= 1,611$$

17. $10^3 C_F = \frac{S^1}{S} 10^3 C_F$

$$= 1,01 \times 1,611$$

$$10^3 C_F = 1,627$$

18. $10^3 C_A$ (hambatan tambahan)

Untuk $L < 100$ m $10^3 C_A = 0,4$

19. $10^3 C_{AA} = 0,07$ (untuk hambatan udara)

20. $10^3 C_{AS} = 0,04$ (untuk hambatan kemudi)

21. Kelonggaran Dinas (sea margin)

Kelonggaran dinas rata-rata untuk pelayaran dinas untuk daya efektif pada jalur pelayaran Asia Timur 15 - 20 %

22. $10^3 C_T$ (koefisien hambatan total)

$$\begin{aligned} 10^3 C_T &= C_R + C_F + C_A + C_{AA} + C_{AS} \\ &= (14) + (17) + (18) + (19) + (20) \\ &= 3,9135 + 1,627 + 0,4 + 0,07 + 0,04 \end{aligned}$$

$$10^3 C_T = 6,050$$

23. R_T (hambatan total)

$$\begin{aligned} R_T &= C_T (1/2 \rho \cdot V^2 \cdot S) \quad \text{Berdasarkan Ref.5 hal 140} \\ &= 6,050 \cdot 10^{-3} (7115566,749) \\ R_T &= 43052,737 \text{ Kg} \end{aligned}$$

24. EHP (Effective Horse Power)

$$\begin{aligned} \text{EHP} &= \frac{V_s \times R_t}{75} \quad \text{Berdasarkan Ref. 5 hal 145} \\ &= \frac{8.745 \times 43052.736}{75} \end{aligned}$$

$$\text{EHP} = 5019.95 \text{ Hp}$$

25. DHP (Delivery Horse Power)

$$\text{DHP} = \text{EHP} / \text{Pc}$$

$$\text{dimana Pc} = \eta_H \times \eta_{rr} \times \eta_{po}$$

26. Faktor arus ikut (w) menurut Taylor untuk Twin Screw

$$\begin{aligned} w &= -0,20 + (0,55 \times Cb) \\ &= -0,20 + (0,55 \times 0,67) \\ &= -0,20 + 0,3685 \\ &= 0,1685 \end{aligned}$$

27. Faktor pengisapan t = w untuk Twin Screw

$$\begin{aligned} \eta_H &= \frac{1-t}{1-w} \\ &= \frac{1-0,1685}{1-0,1685} \\ &= 1,00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \eta_{rr} &= \text{Efisiensi Rotary relatif} \\ &= 1,00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \eta_{po} &= \text{Efisiensi baling-baling} \\ &= 0,60 \text{ (diasumsikan)} \end{aligned}$$

$$\text{Pc} = 1,00 \times 1,00 \times 0,6$$

Maka :

$$\begin{aligned} \text{DHP} &= \frac{5019,95}{0,60} \\ &= 8366,58 \text{ Hp} \end{aligned}$$

28.. Faktor Arus Ikut (Ψ)

a. Menurut Taylor berdasarkan ref.5 hal 154

$$\begin{aligned}\Psi &= -0,05 + (0,55 \times Cb) \\ &= -0,05 + (0,55 \times 0,67) \\ &= 0,169\end{aligned}$$

b. Menurut Hechsher

$$\begin{aligned}\Psi &= (0,7 \times Cp) - 0,38 \\ &= (0,7 \times 0,686) - 0,38 \\ &= 0,1002\end{aligned}$$

c. Menurut Schoenherr

$$\begin{aligned}\Psi &= 2 \times Cb^5 (1 - Cb) + 0,04 \\ &= 2 \times 0,67^5 (1 - 0,67) + 0,04 \\ &= 0,129\end{aligned}$$

dipilih faktor $\Psi = 0,1002$

29. Faktor Pengisapan (υ)

a. Menurut Hechsher

$$\begin{aligned}\upsilon &= (0,77 \times Cp) - 0,3 \\ &= (0,77 \times 0,686) - 0,3 \\ &= 0,163\end{aligned}$$

b. Menurut Schoenherr

$$\begin{aligned}\upsilon &= (0,7 \times \psi) + 0,06 \\ &= (0,7 \times 0,1002) + 0,06 \\ &= 0,13\end{aligned}$$

dipilih faktor $\upsilon = 0,13$

30. Penentuan gaya Sorong

$$\begin{aligned} S &= R_T / (1-v) \\ &= 4305,74 / (1 - 0,13) \\ &= 49485,91 \text{ kg} \end{aligned}$$

31. Kecepatan Air Masuk ke Baling-Baling (v_e)

$$\begin{aligned} v_e &= (1 - \psi) \times V_s \text{ (m/dt)} \\ &= (1 - 0,1002) \times 17 \times 0,5144 \\ &= 7,87 \text{ (m/dt)} \end{aligned}$$

32. Diameter Baling-Baling Tentative (D)

$$\begin{aligned} D &= 0,7 \times T \\ &= 0,7 \times 4,2 \\ &= 2,94 \text{ m} \end{aligned}$$

33. Advance Speed of Propeller (V_a)

$$V_a = (1 - \psi) \times V_s$$

dimana :

V_a = Advance speed of propeller

V_s = Ship speed (knot)

ψ = Faktor arus ikut

$$\begin{aligned} V_a &= (1 - 0,1002) \times 17 \\ &= 15,3 \text{ Knot} \end{aligned}$$

34. Diameter Optimum, Pitch Ratio dan Propeller Efficiency

Koefisien Baling-Baling :

$$B_p = \frac{N \times (P)^{0.5}}{(V_a)^{2.5}}$$

dimana ;

N = Putaran baling-baling (asumsi)

$$= 300 \text{ RPM}$$

V_a = (1 - ψ) x V_a

$$= 15,3 \text{ Knot}$$

P = tenaga ditempat baling-baling melekat

$$= 8366,58 \text{ Hp}$$

$$B_p = \frac{300 \times (8366.58)^{0.5}}{(15.3)^{2.5}}$$
$$= 29,97$$

Dari diagram B_p - δ, untuk nilai B_p = 29,97 dapat diperoleh Advanced Coefficient (δ) pada:

Series B4 - 40 ; δ = 218 ; η_p = 0,60

35. Koreksi DHP (Delivery Horse Power)

$$DHP = \frac{EHP}{\eta_p \times \eta_{rr} \times \eta_h}$$
$$= \frac{5019,95}{1,0 \times 1,0 \times 0,60}$$
$$= 8366,58 \text{ Hp}$$

36. $B_p = \frac{N \times P^{0.5}}{V_a^{2.5}}$

Berdasarkan Ref.5 hal 160

$$B_p = \frac{300 \times (8366.58)^{0.5}}{(15.3)^{2.5}}$$
$$= 29.97$$

Dari diagram $B_p - \delta$ pada B series 4.40 di dapat :

- $\delta = 218$
- Effisiensi Propeller (η_p) = 0.60
- Pitch Ratio (H_o/D) = 0,685

Maka Diameter Propeller :

$$D = \frac{V_{ax} \delta}{N}$$
$$= 15,3 \times 218 / 300$$
$$= 11,118 \text{ feet}$$
$$= 3,39 \text{ m (Diameter lebih besar dari diameter tentative)}$$

$$\text{Pitch (H)} = 3,39 \times 0,685$$
$$= 2,32$$

37. Perbandingan Diameter Propeller terhadap draught kapal :

$$D_o / T = 3,39 / 4,2$$
$$= 0,807$$

Diameter Propeller (D_o) = 3,39 terlalu besar, karena D_o maximal:

$$D_o \text{ max} = 0,7 \times T$$
$$= 0,7 \times 4,2$$
$$= 2,94 \text{ m}$$

Maka diambil perbandingan $D_o / T = 0,69$

Sehingga Diameter Propeller (D_o) :

$$D_o = 0,69 \times 4,20$$

$$= 2,90 \text{ m}$$

Sebagai pegangan (Do + H) = Konstan

$$Do = 2,90 \quad Do = 3,39$$

$$H = 2,81 \quad H = 2,32$$

$$\frac{2,90}{5,71} + \frac{3,39}{5,71}$$

Dengan demikian di dapat :

$$\delta = \frac{2,90 \times 300}{15,30}$$

$$\delta = 186,435$$

- Pitch ratio (H / Do)

$$H / Do = 2,81 / 2,90$$

$$= 0,97$$

- Effisiensi Propeller (η_p) = 0.644

- BHP (Brake Horse Power) pada 17 Knots

$$BHP = \frac{EHP}{\eta_h \times \eta_p \times \eta_r \times \eta_t}$$

Dimana :

$$\eta_t = \text{Effisiensi transmisi} = 0.95$$

$$BHP = 5019.95 / 0.644 \times 1.0 \times 1.0 \times 0.95$$

$$= 8205,21 \text{ HP}$$

38. NCR (Normal Continuous Rating) ditambah 15 %

$$NCR = 1,15 \times 8205,21$$

$$= 9435,99 \text{ HP}$$

39. MCR (Maximum Continuous Rating)

$$MCR = 9435,99 / 0,90$$

$$= 10,484.43 \text{ HP}$$

Karena menggunakan dua Mesin ,maka :

MCR satu mesin = 5242.21 HP

Dari hasil perhitungan tersebut digunakan mesin sebagai berikut :

Merk	: Caterpillar
Type	: V12 3612
MCR	: 5520 HP
Putaran	: 1000 Rpm
Cycle	: 4 langkah
Bore x Stroke	: 280 x 300 mm
P x l x t	: 3809 x 1897 x 3231 mm
SFOC	: 141,5 g/BHP _h
Weight	: 25140 Kg

2.1.3. Penentuan Ukuran Utama Baling-Baling Kapal

Adapun beberapa hal yang berpengaruh terhadap perencanaan baling-baling kapal adalah :

- Diameter baling-baling optimum
- Thrust horse power
- Putaran baling-baling

1. Penentuan Jumlah Daun Baling-Baling (Z)

- Bila harga koefisien $K'd \leq 2$ atau $K'n \geq 1.0$; maka disarankan memilih jumlah daun $Z = 3$

- Bila harga koefisien $K'd \leq 2$ atau $K'n \leq 1.0$; maka disarankan memilih jumlah daun $Z = 4$

Untuk kapal rancangan :

$$K'd = D \times ve \times \sqrt{\rho/S}$$

Dimana :

$$D = \text{diameter Propeller Tentative} = 2,94 \text{ m}$$

$$\rho = \text{massa jenis air laut} = 104.52 \text{ kg sec}^2/\text{m}^4$$

$$S = \text{gaya dorong Propeller} = 24742,96 \text{ kg}$$

$$K'd = D \times ve \times \sqrt{\rho/S}$$

$$= 2,94 \times 7,87 \times \sqrt{104.52/24742.96}$$

$$= 0,098$$

Karena $K'd \leq 2$, disarankan memilih baling-baling berdaun 4.

$$N = \text{putaran baling-baling perdetik}$$

$$= 300 / 60 = 5 \text{ RPS}$$

$$K'n = \frac{ve}{\sqrt{n}} \times \sqrt{\frac{\rho}{S}}$$

$$= \frac{7.87}{\sqrt{5}} \times \sqrt{\frac{104.52}{24742.96}}$$

$$= 0,23$$

$K'n < 1$, disarankan memilih baling-baling berdaun empat.

2. Diameter Optimum, Pitch Ratio dan Propeller Efficiency

Koefisien Baling-baling

$$Bp = \frac{N \times P^{0.5}}{Va^{2.5}}$$

Dimana :

- N = Putaran baling-baling = 300 RPM
Va = Advanced speed = 15,30 knots
P = Tenaga dimana baling-baling melekat (DHP)

3. Untuk dapat menentukan besarnya DHP adalah :

$$\text{DHP} = \text{BHP} - \text{Kehilangan efisiensi}$$

$$\text{MCR} = 5520 \text{ HP}$$

$$\begin{aligned} \text{NCR} &= \text{MCR} \times 0,90 \\ &= 5520 \text{ HP} \times 0.90 \\ &= 4968 \text{ HP} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{BHP} &= \text{NCR} - \text{Sea Margin (15 \%)} \\ &= 4968 \text{ HP} \times 1.15 \\ &= 4222.80 \text{ HP} \end{aligned}$$

4. $\text{DHP} = \text{BHP} - \text{Efisiensi Transmisi}$
 $= 4222.80 - 5 \%$
 $= 4011.66 \text{ HP}$

$$\begin{aligned} \text{Bp} &= \frac{300 \times (4011.66)}{(15.30)} \\ &= 20.75 \end{aligned}$$

Dari diagram BP - δ pada Series B4 – 40 untuk Bp = 20.50 diperoleh :

- Advanced Coefficient (δ) = 183
- Pitch Ratio (H/Do) = 0.78
- Efisiensi Propeller (η_p) = 0.647
- Maka Diameter Propeller (Do) :

$$\begin{aligned} D_o &= \frac{15,30 \times 183}{300} \\ &= 9,33 \text{ feet} \\ &= 2,85 \text{ m} \end{aligned}$$

Tabel Beberapa RPM terhadap Efisiensi Baling-baling

N(Rpm)	Bp	δ	Do (m)	H/Do	$\eta_p(\%)$
250	17,17	167,50	3,13	0,84	67
300	20,75	183	2,85	0,78	64,4
325	22,33	191	2,74	0,76	63,9

Dari tabel tersebut dapat ditentukan baling-baling yang akan digunakan pada Kapal Rancangan :

$$\begin{aligned} \text{Diameter (} D_o \text{)} &= 2,85 \text{ m} \\ \text{Efisiensi (} \eta_p \text{)} &= 0.644 \\ \text{Pitch ratio (} H / D_o \text{)} &= 0,78 \end{aligned}$$

2.1.4. 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.

a. Tekanan Statik Baling-Baling ($P_o - P_v$)

Tekanan statik pada sumbu baling-baling, adalah :

- | | | |
|--|-----------|------------------------------|
| 1. Draft | : T | = 4,20 m |
| 2. Tinggi poros baling-baling | : h_1 : | = 1,60 m |
| 3. Tinggi gelombang (0,75 % L_{pp}) | : h_2 | = 0.679 m |
| Tinggi tekanan ($T - h_1 + h_2$): h | | = 3.28 m |
| 4. Tekanan air ($h \times 1025$) | | = 3362 kg/m ² |
| 5. Tekanan udara | | = 10300.00 kg/m ² |
| 6. Tekanan uap | | = 200.00 kg/m ² |
| Tekanan Statik | | = 13862 kg/m ² |

Untuk series B4 - 40 dengan $D_o = 2,85$ m

b. Menentukan Gaya Dorong (T) :

$$T = 146 \times \frac{DHP \times \eta_p}{V_a}$$

dimana :

T = Gaya dorong (Thrust)

DHP = Delivery Horse Power

= 4011.66 HP

η_p = Effisiensi Baling-baling

$$= 0.644$$

Va = Advanced of speed

$$= 15.30 \text{ knots}$$

Maka,

$$T = 146 \times \frac{4011.66 \times 0.644}{15.3}$$

$$= 24653.10 \text{ kg}$$

c. Luas daerah baling-baling (Ap)

$$Ap = \frac{\pi}{4} D^2 \times 0.7 \left(1.07 - 0.23 \frac{H}{D} \right)$$

Dimana ,

D = Diameter Baling-baling = 2.85 m

H / D = Harga Pitch Ratio = 0.78

Maka,

$$Ap = \frac{\pi}{4} \times (2.85)^2 \times 0.7 \times (1.07 - 0.23 \times 0.78)$$

$$= 4.01 \text{ m}^2$$

d. Tekanan pada baling-baling (qT)

$$\begin{aligned} qT &= 13.8 \times Va^2 + 0.07 \times n^2 \times D^2 \\ &= 13.8 \times (15.3)^2 + 0.07 \times (300)^2 \times (2.85)^2 \\ &= 54402.15 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

e. Perbandingan T/Ap

$$\frac{T}{Ap} = \frac{24653.10}{4.01}$$

$$= 6147.91 \text{ kg/m}^2$$

f. Koefisien Gaya Dorong (σ)

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{T / Ap}{qT} \\ &= \frac{6147.91}{54402.15} \\ &= 0.113\end{aligned}$$

g. Konstanta Kavitasasi (σ_v).

$$\begin{aligned}\sigma_v &= \frac{P_o - P_v}{qT} \\ &= \frac{13862}{54402.15} \\ &= 0.26\end{aligned}$$

h. Developed Blade Area

Untuk series B4 - 40

$$\frac{F_p}{F_a} = 1,067 - 0,229 Ho / D$$

dengan $Ho / D = 0.78$

$$\frac{F_p}{F_a} = 1,067 - 0,229 Ho / D$$

$$= 0.89$$

Developed Blade Area Ratio

$$\frac{F_p}{F_a} = \frac{\text{expanded.area.of.the.blades}}{\text{disc.area.of.the.screw}} = 0,40$$

Disc area of the screw

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

$$= \pi/4 \times 2,85^2$$

$$= 6,376 \text{ m}^2$$

i. Developed blade area

$$\begin{aligned}F_a &= 0.40 \times 6.376 \\ &= 6.099 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Projected area of the blades

$$\begin{aligned}F_p &= 0.92 \times 6.099 \\ &= 5.61 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Spesifikasi baling-baling yang dipilih untuk penggerak kapal rancangan ini adalah sebagai berikut:

- Tipe baling-baling : B4 - 40
- Diameter baling-baling : D = 2.85 m
- Pitch Ratio baling-baling : Ho/D = 0.78
- Blade Area Ratio baling-baling : Fa/F = 0.40
- Effisiensi baling-baling : η_p = 0.644
- Jumlah daun baling-baling : Z = 4

2.2. PERHITUNGAN POROS BALING-BALING

2.2.1. DIAMETER POROS PROPELLER

Berdasarkan peraturan BKI 1996, maka besar poros baling-baling adalah :

$$D = F \times k \times \sqrt[3]{P_w / n \times (1 - d_i / d_a)^4} \times C_w \quad \text{Acc. BKI Vol. III 96}$$

Dimana,

$$\begin{aligned}F &= \text{Faktor untuk instalasi propulsi} \\ &= 100\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}k &= \text{Faktor tipe dari poros} \\ &= 1.22\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_w &= \text{Daya pada poros} \\ &= 4117.92 \text{ Kw}\end{aligned}$$

n = Putaran poros

$$= 300 \text{ Rpm}$$

Cw = Faktor material

$$Cw = 560 / Rm + 160$$

Rm = Kekuatan tarik material, digunakan S 45 C yang kekuatan tariknya

$$58 \text{ kg / mm}^2 = 568.40 \text{ N / m}^2$$

$$Cw = 560 / 568.40 + 160$$

$$= 0.77$$

$$1 - (di/da)^4 = 1.0$$

Maka,

$$D = 100 \times 1.22 \times \sqrt[3]{4117.92/300 \times 1.0 \times 0.77}$$

$$= 223 \text{ mm}$$

2.2.2. DIAMETER POROS ANTARA

Untuk menentukan besarnya diameter poros antara adalah ;

$$F = 95$$

$$K = 1.15$$

Maka,

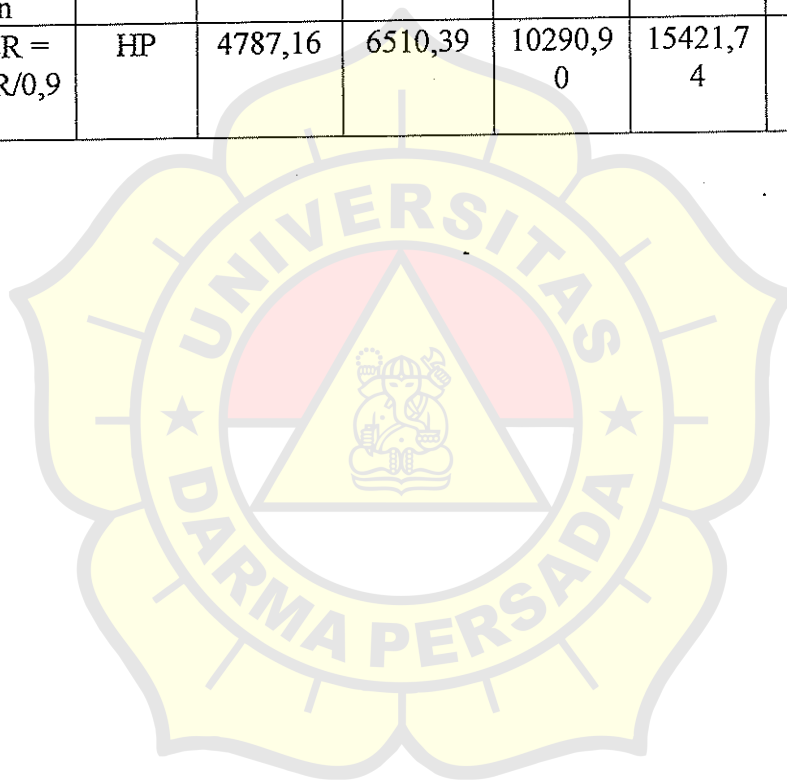
$$D = F \times k \times \sqrt[3]{Pw/n(1 - di/da)^4} \times Cw$$

$$= 95 \times 1.15 \times \sqrt[3]{4117.92/300 \times 1.0 \times 0.77}$$

$$= 202 \text{ mm}$$

No	Rumus	Satuan	V = Kecepatan				
			15	16	17	18	19
1	$F_n = \frac{V_s}{\sqrt{GXL}}$		0,255	0,272	0,290	0,306	0,323
2	V	Knot	15	16	17	18	19
3	V	m/det	7,716	8,23	8,745	9,26	9,74
4	V ²	m/det ²	59,54	67,74	76,47	85,73	95,52
5	$\frac{1}{2} \rho S V^2$	Kg	5540222,89	6303189,9	7115566,7	7977492,9	8888484,6
6	$10^3 C_p (L/\nabla^3)$	Gbr 5.5.6,7	1,85	2,481	3,914	5,504	6,176
7	Koreksi B/T	Gbr 5.5.6,7	0,266	0,266	0,266	0,266	0,266
8	Koreksi LCB	Gbr 5.5.15	0	0	0	0	0
9	Koreksi garis penampang	Gbr 5.5.20	0	0	0	0	0
10	Koreksi Haluan	Gbr 5.5.20	-0,20	-0,30	-0,30	-0,30	-0,30
11	Kor. Ang gota badan	Gbr 5.5.22	$6,26 \cdot 10^{-4}$	$2,48 \cdot 10^{-4}$	$3,52 \cdot 10^{-4}$	$5,50 \cdot 10^{-4}$	$6,17 \cdot 10^{-4}$
12	Resultan $10^3 C_r$	6+7+8 +9++1 +0+11	1,942	4,972	3,194	5,511	6,191
13	$10^{-6} R_n$	$10^{-6} \frac{VL}{V}$	605,98	646,38	686,79	727,24	767,57
14	$10^3 C_f$ ITTC 1957	Gbr 5.5.14	1,63	1,62	1,61	1,60	1,59
15	$10^3 C_p$	$\frac{S_1}{S} (14)$	1,645	1,637	1,627	1,617	1,608
16	$10^3 C_a$	Gbr 5.5.24	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
17	$10^3 C_{aa}$	Gbr 5.5.28	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
18	$10^3 C_{as}$	Gbr 5.5.27	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
19	$10^3 C_t =$	12+15	4,097	7,719	6,051	7,639	8,309

20	$R_t =$ $C_t(5)$	Kg	22698,6 3	28941,10	43052,7 4	60937	73853,09
21	$EHP =$ $\frac{V.R_t}{75}$	HP	2335,24	3175,80	5019,95	7523	9625
22	η_P	-	0,60	0,60	0,644	0,60	0,60
23	$BHP = \frac{EHP}{\eta_P}$	HP	3892	5293	8205,21	12538,5	16040,92
24	SeaMarg in = 15%	-	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
25	$NCR =$ $BHP +$ SeaMarg in	HP	4475,8	6086,95	9436	15673	20051
26	$MCR =$ $NCR/0,9$	HP	4787,16	6510,39	10290,9 0	15421,7 4	19730



GRAFIK KOEFISIEN TAHANAN SISA UNTUK $L/\nabla^{1/3}=5.0$

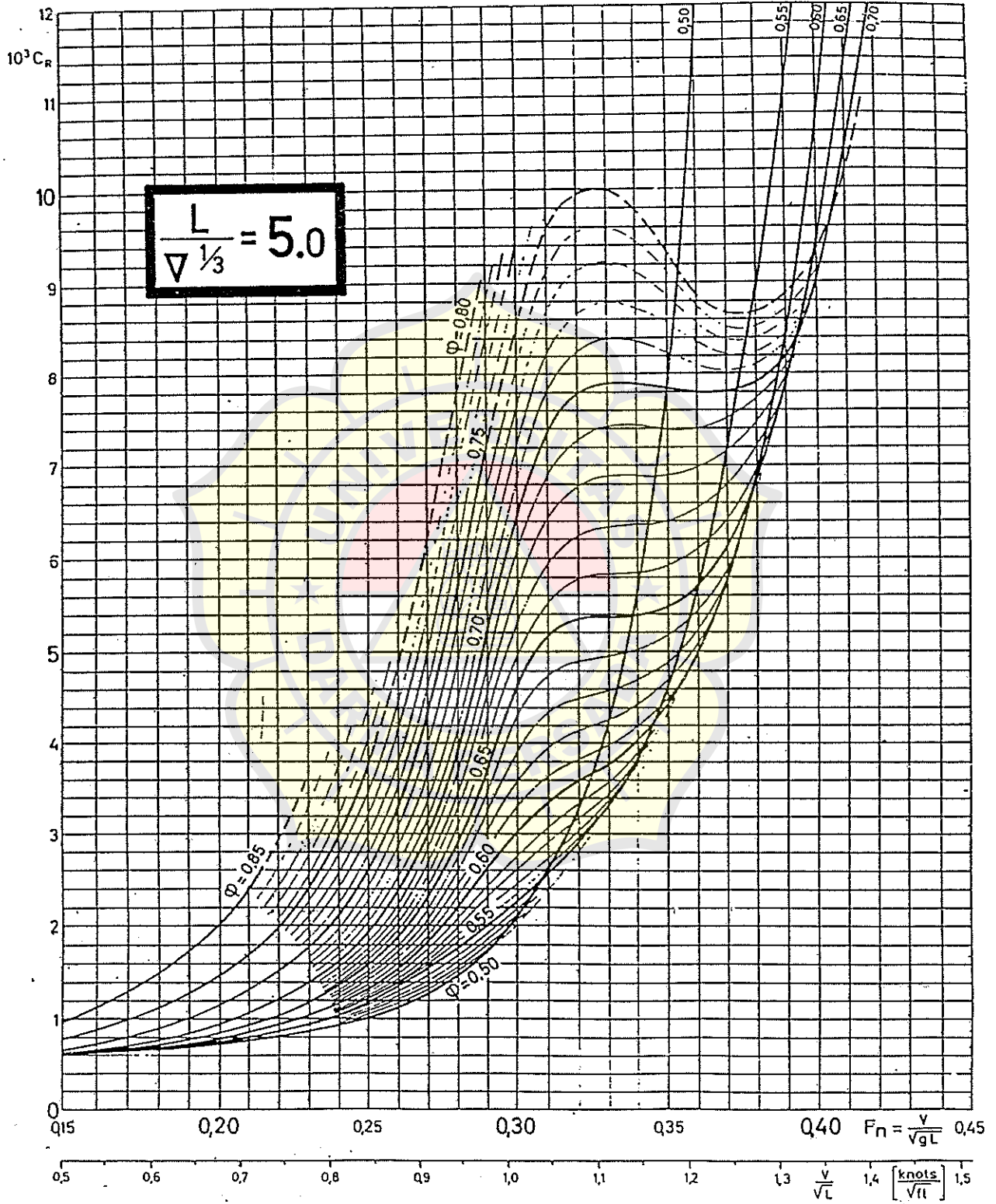
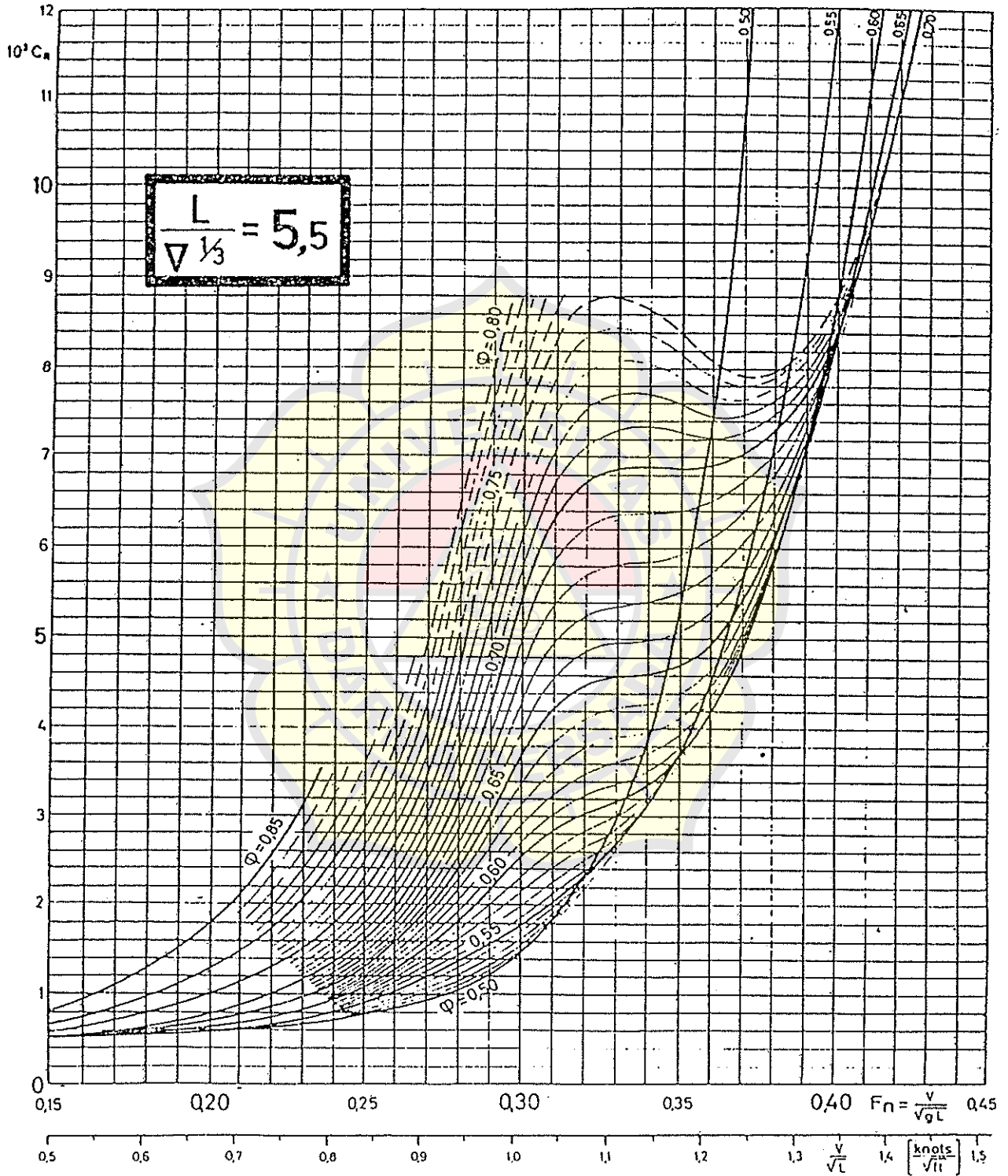


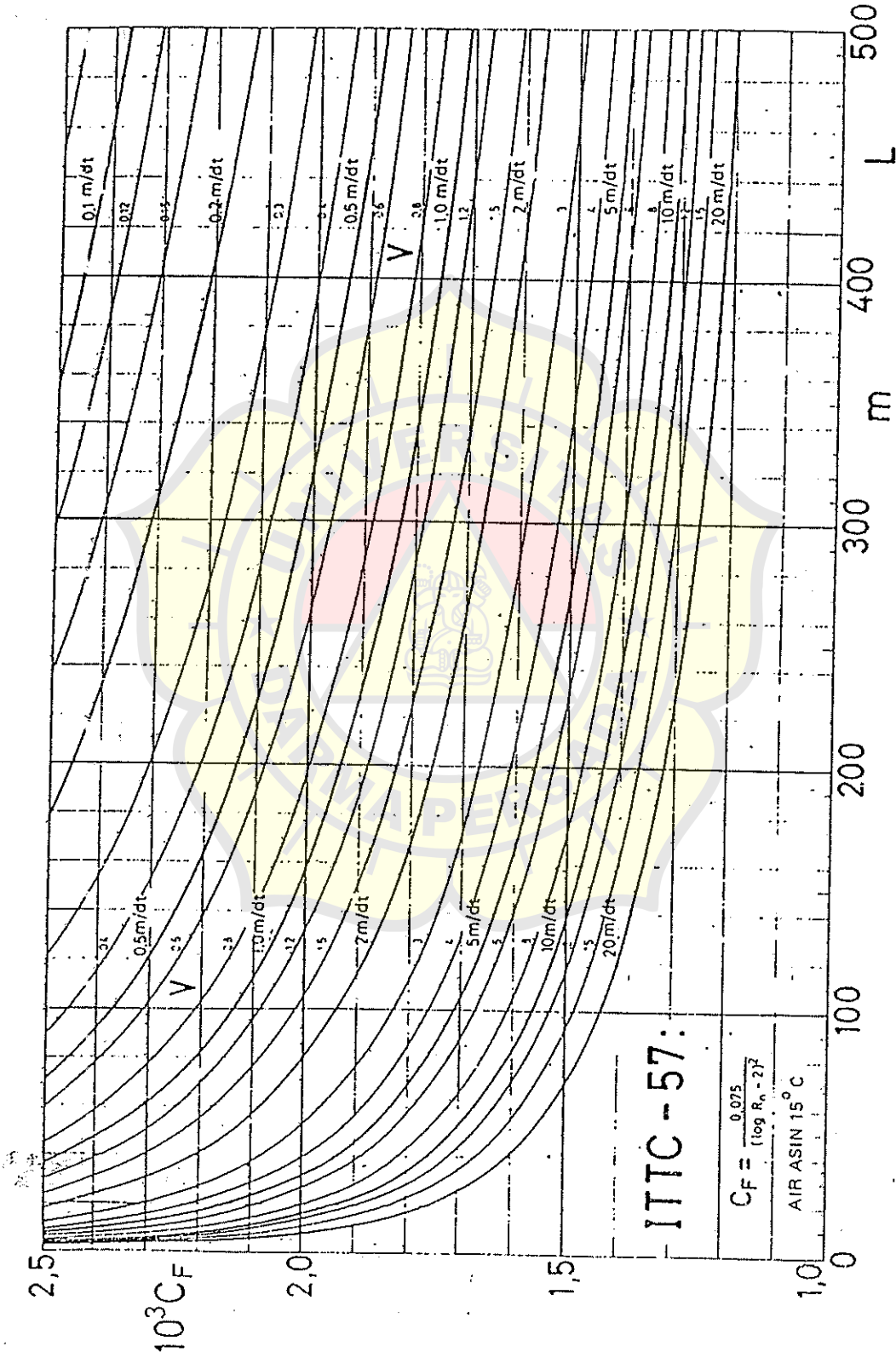
Figure 5.5.7. Residuary resistance coefficient versus speed-length ratio for different values of longitudinal prismatic coefficient. $L/\nabla^{1/3} = 5.0$.

GRAFIK KOEFISIEN TAHANAN SISA UNTUK $L/\nabla^{1/3}=5.5$



Gambar 5.5.8. Koefisien tahanan sisa terhadap rasio kecepatan-panjang untuk harga koefisien prismatik longitudinal yang berbeda-beda. $L/\nabla^{1/3} = 5,5$.

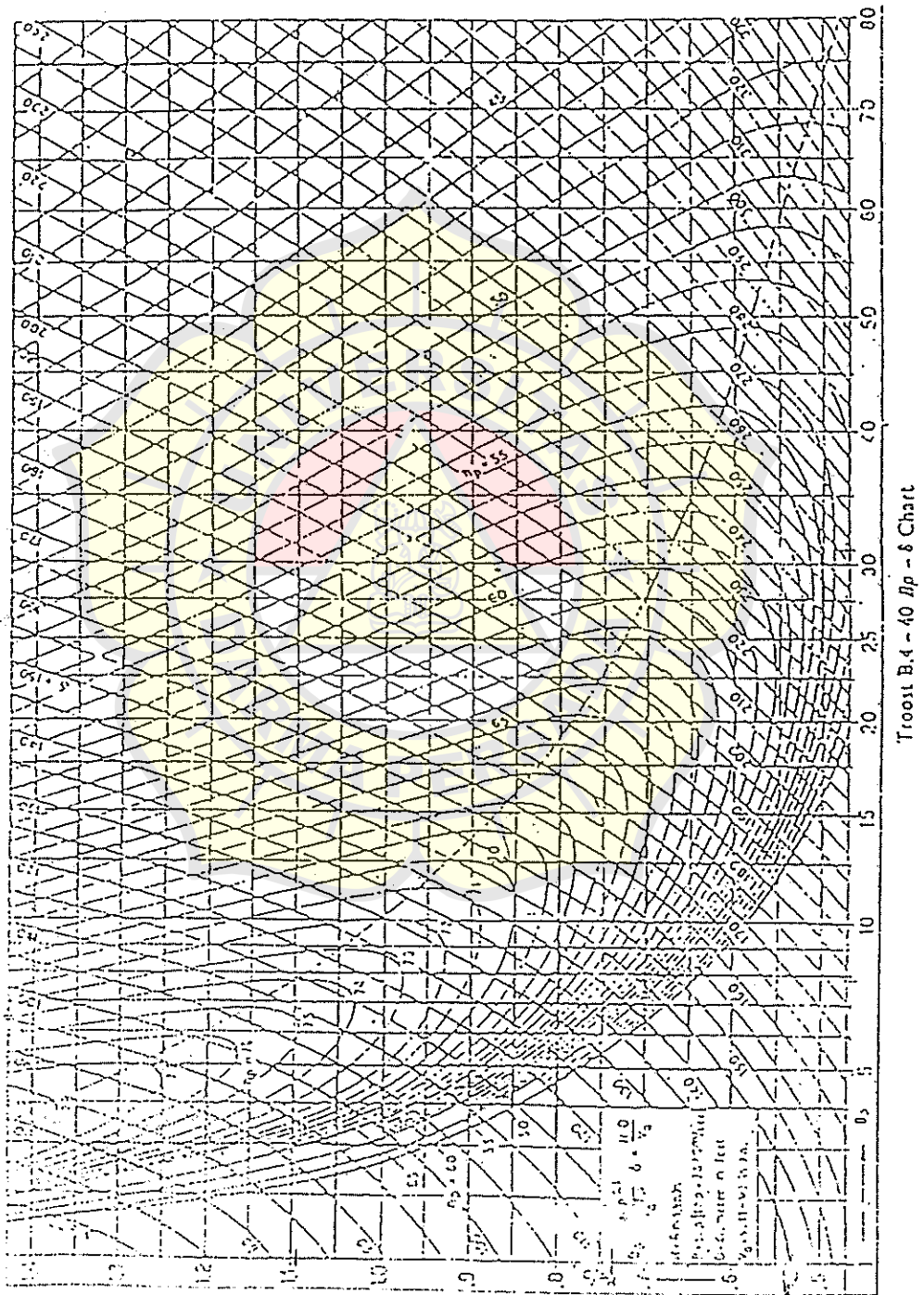
GRAFIK KOEFISIEN TAHANAN GESEK



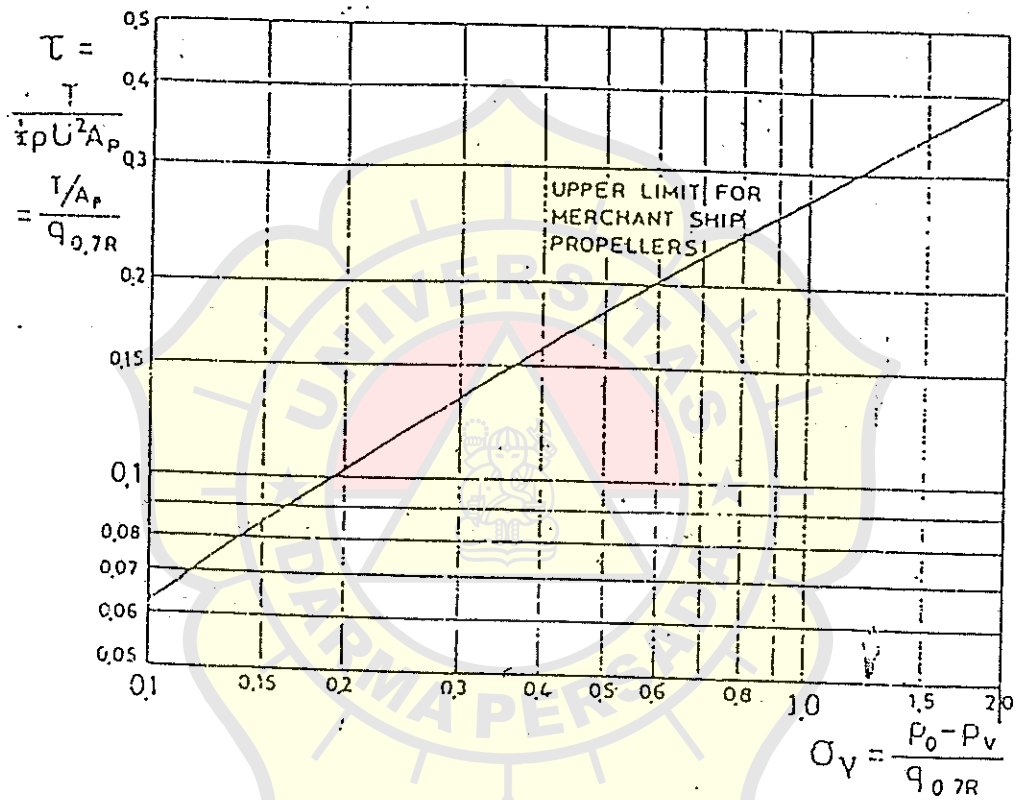
Gambar 5.5.14. * Koefisien tahanan gesek C_F (menurut ITTC 1957) sebagai fungsi panjang kapal L dan kecepatan V .

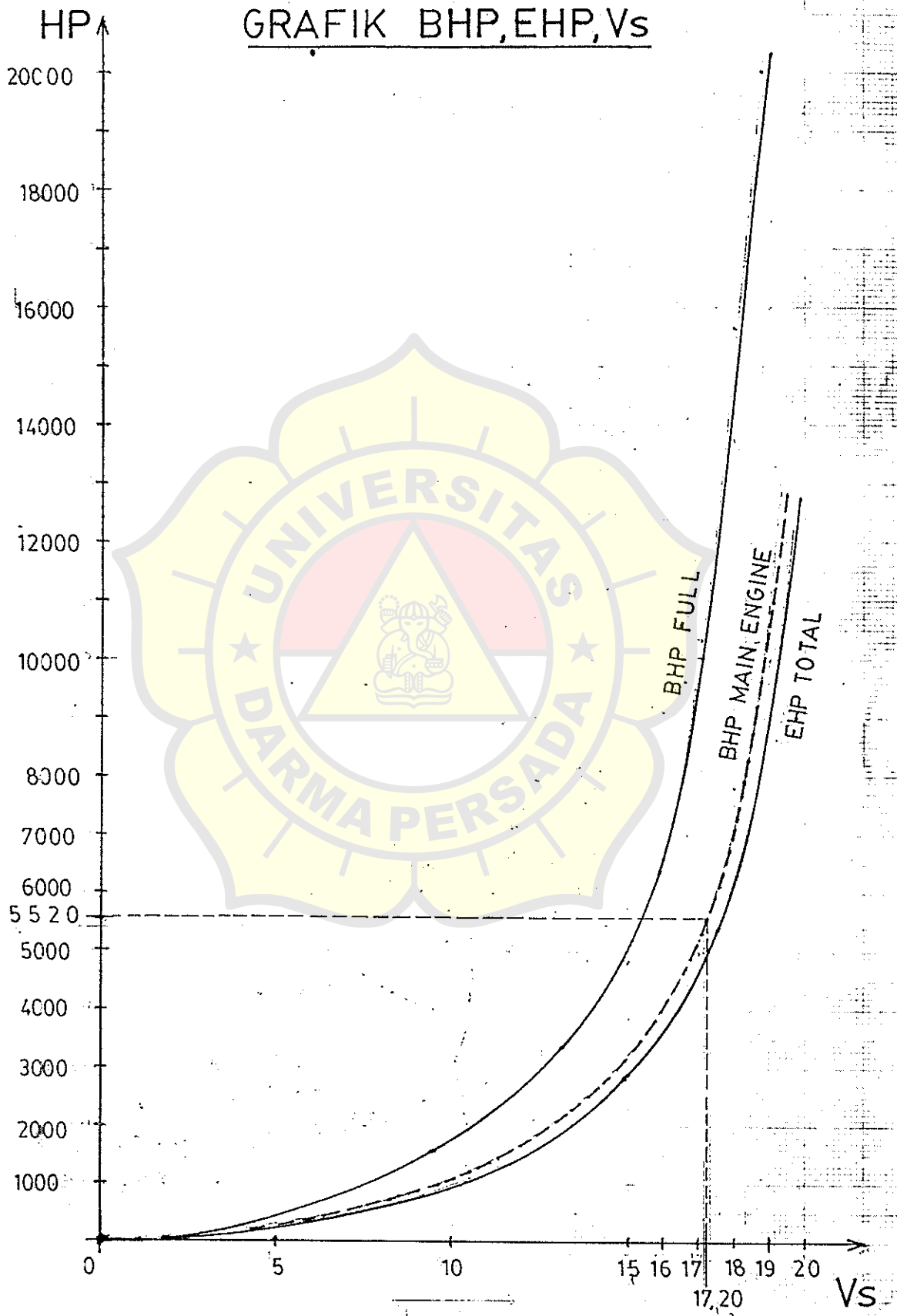
GRAFIK B-4.40 Bp - δ Chart

THE DESIGN OF MARINE SCREW PROPELLERS



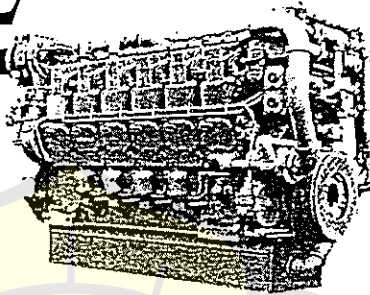
GRAFIK BURRIL





DATA MAIN ENGINE

3612

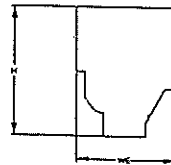
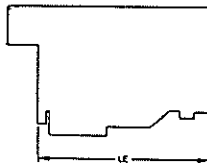


Ratings and Fuel Consumption

*	bhp	bkW	mhp	Asp.	rpm	U.S. gph	L/h
CS	3996	2980	4050	TA	750	162.4	614
MC	4182	3120	4240	TA	800	169.2	631
MC	4398	3280	4460	TA	750	168.5	637
MC	4613	3440	4675	TA	800	167.7	627
CS	4640	3460	4700	TA	900	195.5	739
CS	4692	3500	4740	TA	900	201.1	746
MC	5096	3800	5170	TA	900	202.4	766
MC	5442	4060	5520	TA	900	211.1	776

*Additional ratings available. Contact your Cat Dealer.

	LE in/mm	H in/mm	WE in/mm
min.	150.0/3809	111.3/2826	74.7/1897
max.	150.0/3809	127.2/3231	74.7/1897



V12, 4-Stroke-Cycle Diesel

Bore X Stroke	11.0 x 11.8 in	280 x 300 mm
Displacement	13,527 cu in	221.7 liter
Rotation (from flywheel end)	Counterclockwise or clockwise	
Engine dry weight (approx)	55,300 lb	25 140 kg