

1. Koreksi LCB.
2. Koreksi B/T.
3. Koreksi bentuk penampang melintang.
4. Koreksi anggota badan kapal.
5. Koreksi hambatan tambahan.
6. Koreksi anggota badan kapal.
7. Koreksi hambatan udara kemudi.
8. Koreksi pelayaran dinas

1. 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 Sv. Aa. Sv. Aa. Harvald halaman 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 :

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

2. Koreksi B/T

Karena diagram tersebut dibuat berdasarkan ratio lebar dengan draft $B/T = 2,5$ maka harga C_R untuk kapal yang mempunyai ratio lebar dengan draft 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 :

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

Hasil koreksi ini dapat mempunyai harga yang negatif atau positif.

3. 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 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 $\frac{Vs}{\sqrt{g \times LWL}}$ dalam rentang antara 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%.

4. 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%.

5. Koreksi Hambatan Tambahan

Pemberian koreksi pada C_{FS} untuk kapal merupakan cara yang umum dilakukan dalam praktek dan sudah dipakai bertahun-tahun lamanya diterapkan untuk memperhitungkan pengaruh kekasaran permukaan kapal mengingat bahwa permukaan kapal tidak akan pernah semulus permukaan model.

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

6. Koreksi Anggota Badan Kapal

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

$$C_F' = C_F \times \frac{S_1}{S}$$

Dimana :

- C_F = Koefisien hambatan gesek.
- S = Luas permukaan basah badan kapal.
- S_1 = Permukaan basah badan dan anggota badan kapal

7. Koreksi Hambatan Udara dan Kemudi

Untuk menentukan koreksi hambatan udara dan kemudi digunakan ketentuan yang terdapat dalam buku Sv. Aa. Sv. Aa. Harvald dengan judul Tahanan dan Propulsi Kapal halaman , yaitu :

- Koreksi hambatan udara : $10^3 C_{AA} = 0,09$
- Koreksi hambatan kemudi : $10^3 C_{AS} = 0,04$

8. 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.3.3 Perhitungan hambatan Kapal Rancangan

II.3.3.1 Data-data Kapal Rancangan

- Length Over All (LOA)	= 33,00 m.
- Length Per Perpendicular (LPP)	= 30,00 m.
- Length Water Line (LWL)	= 30,60 m.
- Breadth Moulded (B mld)	= 8,50 m.
- Heigth Moulded (H mld)	= 4,00 m.
- Draft Moulded (T mld)	= 3.20 m.
- Freeboard (f)	= 0,8 m.
- Coefisient Block (Cb)	= 0,605
- Coefisient Midship (Cm)	= 0,919
- Coefisient Waterline (Cw)	= 0,851
- Coefisient Prismatic (Cp)	= 0,659
- Displcement (Δ)	= 506,191 ton.
- Volume Displacement (∇)	= 493,845 m ³ .
- Kecepatan (Vs)	= 10 Knot.
- Wetted Surface Area (WSA)	= 300,500 m ²
- Longitudinal Center of Buoyancy (LCB)	= -0,217 m = 0,709% didepan
- Viscositas (ν)	= 1,188.10 ⁻⁶
- Berat jenis air laut (ρ)	= 1025 Kg/m ³ = 104,5 Kg.s ² /m ⁴

∞

III.3.3.2 Perhitungan Hambatan Kapal Pada Kecepatan 9 Knot

A. Froude Number (Fn)

Untuk menentukan Froude Number (Fn) kapal rancangan digunakan rumus Froude yang terdapat dalam Sv. Aa Harvald halaman 118 (5.5.9), yaitu :

$$Fn = \frac{Vs}{\sqrt{g \times LWL}}$$

Dimana : Fn = Froude Number.

Vs = Kecepatan kapal rancangan (m/s).

$$= 10 \text{ knot}$$

$$= 5,144 \text{ m/s.}$$

$$g = \text{Gravitasi.}$$

$$= 9,81 \text{ m/s}^2.$$

$$\text{LWL} = \text{Panjang garis air.}$$

$$= 30,60 \text{ m.}$$

$$\text{Maka : } F_n = \frac{5,144}{\sqrt{9,81 \times 30,60}}$$

$$= 0,296$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga $F_n = 0,296$

B. Koefisien Hambatan Sisa (C_R)

Untuk menentukan Koefisien hambatan sisa (C_R) kapal rancangan digunakan grafik pada buku Sv. Aa. Harvald halaman 120 s/d 128 disesuaikan dengan coefficient prismatic (C_p), $L/\nabla^{1/3}$ dan juga F_n dari pada kapal tersebut.

$$\text{Dimana : } F_n = \text{Froude Number kapal rancangan.}$$

$$= 0,267$$

$$C_p = \text{Coefisien Prismatic kapal rancangan.}$$

$$= 0,659$$

$$L/\nabla^{1/3} = \frac{30,60}{(493,845)^{1/3}}$$

$$= 3,871$$

Untuk menentukan $10^3 C_R$ pada $L/\nabla^{1/3} = 3,871$ digunakan cara interpolasi, yaitu dengan $L/\nabla^{1/3} = 4,00$

- Untuk $L/\nabla^{1/3} = 4,0$ dan $F_n = 0,267$

$$F_n = 0,29 \quad 10^3 C_R = 5.4$$

$$F_n = 0,296 \quad 10^3 C_R = \dots\dots\dots$$

$$F_n = 0,3 \quad 10^3 C_R = 6.61$$

$$10^3 C_R = \left(\frac{(0,296 - 0,29) \times (6,61 - 5,4)}{0,3 - 0,29} \right) + 5,4$$

$$10^3 C_R = 6,126$$

C. Koreksi B/T

Pada buku Sv. Aa. Harvald halaman 119 dinyatakan standar untuk kurva C_R adalah untuk ratio perbandingan $B/T = 2,5$.

Dimana : B = Lebar kapal rancangan.
 $= 8,50\text{m.}$

T = Draft kapal rancangan.
 $= 3,20 \text{ m.}$

Maka : $B/T = 8,50/3,20$
 $= 2,65 > 2,5$

Diketahui $B/T = 2,65$ dan hasilnya lebih besar dari 2,5 Maka harga C_R harus dikoreksi dengan :

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

Dimana : B/T = Ratio perbandingan Lebar dengan draft.
 $= 3,10$

Maka : $10^3 C_R = 0,16 \times (2,65 - 2,5)$
 $= 0,02$

D. Koreksi LCB

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

$$\Delta LCB = LCB_{\text{Rancangan}} - LCB_{\text{Standard}} (\% L)$$

Dimana : ΔLCB = Penyimpangan LCB

$LCB_{\text{Rancangan}}$ = LCB dari data hydrostatic curve.

$$= -0,217 \text{ m.}$$

$$= \frac{LCB}{LWL} \times 100\%$$

$$= \frac{0,217}{30,60} \times 100\%$$

$$\text{= 0,70 9 m didepan}$$

$$\text{LCB}_{\text{Standard}} = \text{Dari gambar 5.5.15 halaman 130.}$$

$$\text{= 2,15 \% dibelakang}$$

$$\text{Maka } \Delta\text{LCB} = 0,709 \% - 2,15 \%$$

$$\text{= -1,4441 \% dibelakang}$$

$$\text{= -0,0144}$$

Sedangkan untuk koreksi LCB standarnya adalah terdapat dalam rumus 5.5.19 dan grafik 5.5.16 halaman 130, yaitu :

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

Digunakan cara interpolasi

$$C_p = 0,65 \quad \frac{\partial 10^3 C_R}{\partial \text{LCB}} = 0,25$$

$$C_p = 0,659 \quad \frac{\partial 10^3 C_R}{\partial \text{LCB}} = \dots\dots\dots$$

$$C_p = 0,70 \quad \frac{\partial 10^3 C_R}{\partial \text{LCB}} = 0,28$$

$$\frac{\partial 10^3 C_R}{\partial \text{LCB}} = \left(\frac{(0,724 - 0,700) \times (0,515 - 0,375)}{0,750 - 0,700} \right) + 0,375$$

$$\frac{\partial 10^3 C_R}{\partial \text{LCB}} = 0,255$$

Maka koreksi LCB kapal tersebut adalah :

$$10^3 C_R = 0,255 \times |0,0144|$$

$$10^3 C_R = 0,003$$

E. Koreksi Penampang Bentuk Depan Dan Belakang Kapal

Menurut Sv. Aa. Harvald pada halaman 131 perlunya dilakukan koreksi untuk penampang bentuk depan dan belakang dari kapal rancangan, apabila kapal yang dirancang tersebut bentuk penampang depan dan belakangnya adalah ekstrim “U” ataupun ekstrim “V”.

Karena bentuk badan depan dan belakang dari kapal rancangan tidak berbentuk ekstrim “U” ataupun ekstrim “V” maka tidak perlu dilakukan pengecekan pada koreksi pada penampang bentuk depan dan belakang kapal.

Koreksi bentuk badan depan dan belakang = 0,1

F. 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 = 0,1 (nol).

G. Koreksi Anggota Badan kapal

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

- ☞. Daun Kemudi = Tidak ada koreksi (0).
- ✱. Lunas Bilga = Tidak ada koreksi (0).
- ✚. Bos Baling-baling = $(3\% \sim 5\%) \times 10^3 C_R$
 $= 5\% \times 10^3 C_R$
 $= 5\% \times 6,125$
 $= 0,306$
- ‡. Braket Dan Poros Propeller = $(5\% \sim 8\%) \times 10^3 C_R$
 $= 8\% \times 10^3 C_R$
 $= 8\% \times 6,125$
 $= 0,49$

$$\begin{aligned} \text{Koreksi Anggota Badan Kapal} &= \text{☞} + \text{✱} + \text{✚} + \text{‡} \\ &= 0 + 0 + 0,306 + 0,49 \end{aligned}$$

$$10^3 C_R = 0,796$$

H. Koefisien Hambatan Sisa Total

Menurut Sv. Aa. Harvald dalam buku Tahanan Dan Propulsi Kapal setelah dilakukannya pengoreksian terhadap $10^3 C_R$, maka selanjutnya adalah dilakukannya penjumlahannya terhadap seluruh komponen $10^3 C_R$.

No	Komponen C_R	Hasil
1.	Koefisien hambatan sisa (C_R)	6,125
2.	Koreksi B/T	0,023
3.	Koreksi LCB	0,003
4.	Koreksi penampang depan dan belakang kapal	0,1
5.	Koreksi bentuk haluan kapal	0,1
6.	Koreksi anggota badan kapal	0,796
$\Sigma 10^3 C_R$		7.147

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga $10^3 C_R = 7.145$

I. Menentukan Reynold Number (R_n)

Untuk menentukan Reynold number (R_n) dari kapal rancangan digunakan rumus Reynold halaman 118, yaitu :

$$10^{-6} R_n = \frac{V_s \times LWL}{\nu}$$

Dimana : $10^{-6} R_n$ = Reynold number kapal rancangan.

V_s = Kecepatan kapal rancangan.

= 10Knot = 5,144 m/s.

LWL = Panjang garis air kapal rancangan.

= 30,6 m.

ν = Viskositas

= $1,188 \cdot 10^6$

$$\text{Maka : } 10^{-6} R_n = \frac{5144 \times 30,60}{1,188 \cdot 10^6} = \frac{4,6296 \times 30,60}{1,188 \cdot 10^6}$$

= 132,496

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga $10^{-6} R_n = 132,496$

J. 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 menurut ITTC-57, grafik tersebut didasarkan pada panjang kapal dan kecepatan kapal rancangan.

- Untuk $LWL = 30,60 \text{ m}$, $V_s = 5,144 \text{ m/s}$

$$V_s = 5,00 \text{ m/s} \quad 10^3 C_F = 1,96$$

$$V_s = 5,144 \text{ m/s} \quad 10^3 C_F = \dots\dots\dots$$

$$V_s = 6,00 \text{ m/s} \quad 10^3 C_F = 1,92$$

$$10^3 C_F = \left(\frac{(5,144 - 5,0) \times (1,92 - 1,96)}{6 - 5} \right) + 1,96$$

$$10^3 C_F = 1,954$$

K. Koreksi Anggota Badan Kapal C_F (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 sebagai berikut :

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

Dimana : C_F' = Koefisien hambatan gesek sesungguhnya.

C_F = Koefisien hambatan gesek.

$$= 1,955$$

S = Luas permukaan basah badan kapal.

$$= 300.500 \text{ m}^2.$$

S_l = Luas permukaan basah badan kapal dan anggota badan kapal

= WSA ditambah 8% dari perhitungan koreksi anggota badan kapal diatas (G).

$$= S + (8\% \times S)$$

$$= 300,500 + (8\% \times 300,500)$$

$$= 324,54 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Maka : } C_F' &= 1,955 \times \frac{324,54}{300.500} \\ &= 2,111 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga $10^3 C_F = 2,110$

L. Koefisien Tambahan (C_A)

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

$$\begin{aligned} \text{Dimana : } LWL &= \text{Panjang garis air kapal rancangan.} \\ &= 30,60 \text{ m} \leq 100 \text{ m.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka : } 10^3 C_A &= \text{Koefisien hambatan appendage.} \\ &= + 0,40 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga $10^3 C_A = 0,40$.

M. 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 :

$$10^3 C_{AA} = 0,07$$

N. Koefisien Hambatan Kemudi (C_{AS})

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

$$10^3 C_{AS} = 0,040$$

O. 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 tersebut.

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

No	Koefisien	Hasil
1	Koefisien hambatan sisa ($10^3 C_R$)	6,125
2	Koefisien hambatan gesek ($10^3 C_F$)	2,110
3	Koefisien hambatan appendage ($10^3 C_A$)	0,400
4	Koefisien hambatan udara ($10^3 C_{AA}$)	0,070
5	Koefisien hambatan kemudi ($10^3 C_{AS}$)	0,040
	$\Sigma 10^3 C_T$	8,745

P. Hambatan Total (R_T')

Dalam buku Sv. Aa. Halvard Tahanan Dan Propulsi Kapal halaman 133 (5.5.29) bahwa hambatan total adalah :

$$R_T' = C_T \times \frac{1}{2} \times \rho \times WSA \times V_s^2$$

Dimana : R_T' = Hambatan total kapal rancangan.

C_T = Koefisien hambatan total.

$$= 8,745 \cdot 10^{-3}$$

ρ = Berat jenis air laut.

$$= 104,5 \text{ Kg.s}^2/\text{m}^4.$$

WSA = Wetted Surface Area kapal rancangan.

$$= 674,525 \text{ m}^2.$$

V_s = Kecepatan kapal rancangan.

$$= 10 \text{ Knot}$$

$$= 5,144 \text{ m/s}$$

$$\text{Maka : } R_T' = 8,745 \cdot 10^{-3} \times \frac{1}{2} \times 104,5 \times 674,525 \times 5,144^2$$

$$= 8155,415 \text{ Kg}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga $R_T' = 8155,50 \text{ Kg}$.

III.3.3.3 Perhitungan Daya Mesin Utama Kapal

A. 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.

= 10,00 Knot.

= 5,144 m/s

R_T = Hambatan total kapal rancangan.

= 8155,50K.g.

Maka :

$$EHP = \frac{5,144 \times 8155,50}{75}$$

= 559,38 HP.

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga EHP = 559,4 HP.

B. Shaft Horse Power (SHP)

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

$$SHP = \frac{EHP}{PC}$$

Dimana :

SHP = Shaft Horse Power kapal rancangan.

PC = Propulsive Coefisient.

$$= \eta_{II} \times \eta_{rr} \times \eta_{PO}$$

η_{II} = Hull Efficiency.

$$\eta_{II} = \frac{1-t}{1-w}$$

W = Wake Friction

= Menurut Taylor dalam buku Propulsi Kapal oleh Ir. Teguh Sastrodiwongso MSE, hal. 99 untuk kapal twin screw.

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

$$= 0,194$$

T = Thrust deduction factor.

= untuk twin screw $t = w$.

$$\eta_{II} = \frac{1-0,194}{1-0,194}$$

$$= 1,00$$

η_{rr} = Rotary relatif efficiency.

$$= 1,00$$

η_{PO} = Propulsive Efisiensi.

= Untuk Supply Vessel : 0,55 ~ 0,60

$$= 0,60$$

$$EHP = 559,40 \text{ HP.}$$

Maka :

$$SHP = \frac{559,40}{1 \times 1 \times 0,60}$$

$$= 932,33 \text{ HP.}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga SHP = 932,33 HP.

C. Brake Horse Power Normal Continues Rating (BHP_{NCR})

$$BHP_{NCR} = SHP + (\%Koreksi \times SHP)$$

Dimana koreksi yang dilakukan adalah

- | | |
|---------------------------------------|-------|
| 1. Koreksi Gear Box | = 3% |
| 1. Koreksi letak kamar mesin ditengah | = 5% |
| 2. Koreksi jarak pelayaran Asia timur | = 15% |
| 15% ~ 20% | |
| Σ_{Koreksi} | = 23% |

Maka :

$$\begin{aligned} \text{BHP}_{\text{NCR}} &= 932,33 + (23\% \times 932,33) \\ &= 1146,76 \text{ HP.} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga BHPs = 1146,76 HP.

D.Brake Horse Power Maximum Continues Rating (BHP_{MCR})

$$\text{BHP}_{\text{MCR}} = \frac{\text{BHP}_{\text{NCR}}}{0,85}$$

Dimana :

BHP_{MCR} = BHP Maximum Continues Rating.

BHP_{NCR} = BHP Normal Continues Rating.

$$= 1146,76 \text{ HP}$$

Maka :

$$\begin{aligned} \text{BHP}_{\text{MCR}} &= \frac{1146,76}{0,85} \\ &= 1349,129 \text{ HP.} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga BHP = 1350HP.

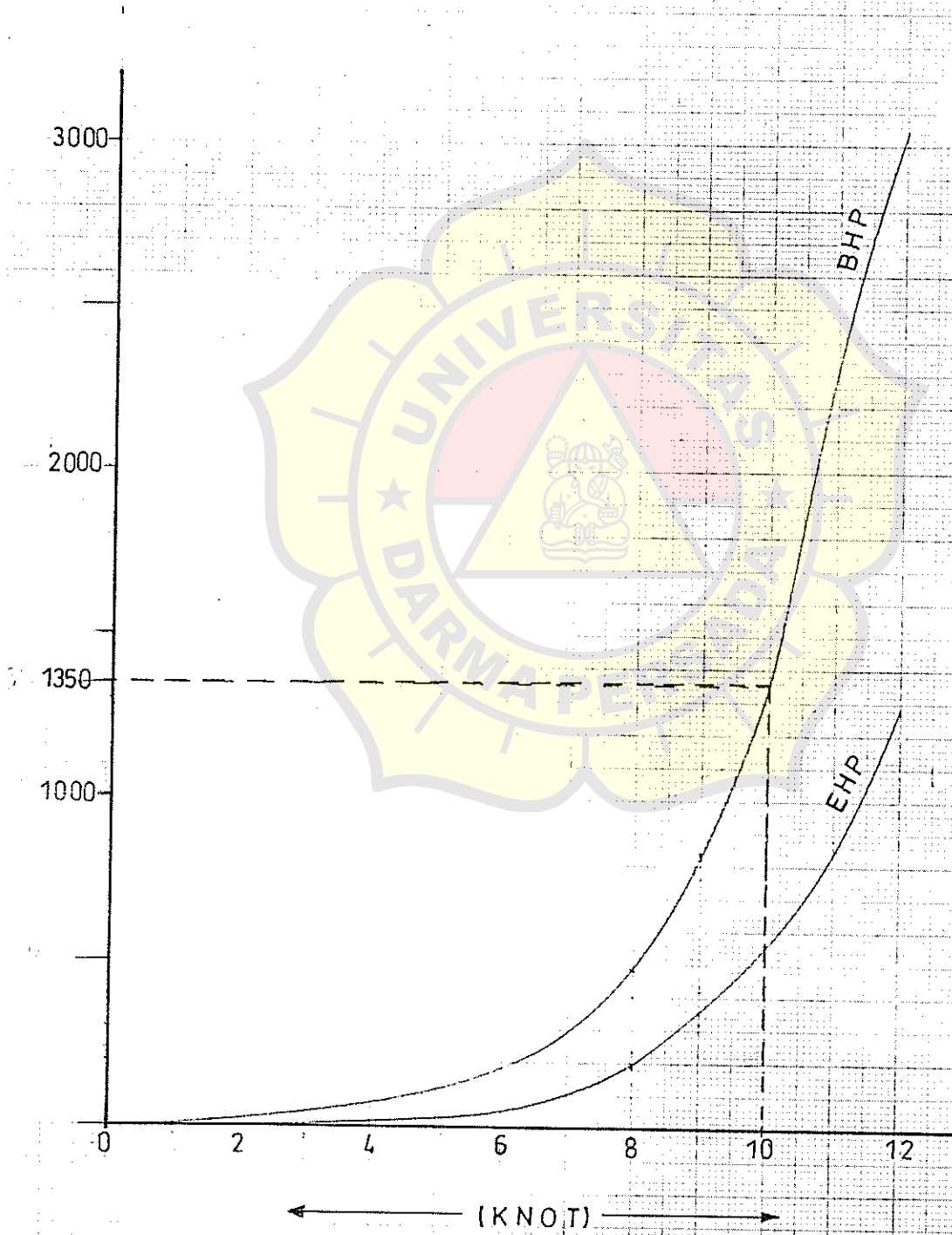
III.3.3.4 Penentuan Mesin Utama Kapal

Dari tabel hasil perhitungan hambatan dengan menggunakan metode Sv. Aa. Harvald, maka dapat ditentukan besarnya daya mesin yang digunakan untuk kapal rancangan ini. Pada kapal rancangan ini menggunakan 2 (dua) mesin utama dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Maker = CARTER PILLAR
- Type = 3412C
- Daya = 680 HP
- Cylinders = 12V
- Bore x Stroke = 137 mm x 162 mm
- Speed = 1800 Rpm
- SFOC = 33,7 US gr/HP/jam.
- P x L x T = 1822mm x 144mm x 1621mm

Dengan telah dipilihnya mesin induk untuk kapal rancangan, maka berdasarkan kurva daya-kecepatan yang terdapat pada gambar untuk daya mesin 1350 HP maka kecepatan kapal rancangan ini = 9 knot.

KURVA DAYA-KECEPATAN



III.3.2.1 Perencanaan Baling-Baling Kapal

Perencanaan penentuan dimensi baling-baling akan sangat menentukan terhadap hasil kinerja kapal rancangan. Adapun perencanaan baling-baling tersebut adalah sebagai berikut.

A. Faktor Arus Ikut (w)

Untuk menentukan faktor arus ikut atau wake friction dari kapal rancangan digunakan rumus Taylor dalam buku Propulsi Kapal oleh Ir. Teguh Sastrodiwongso MSE, halaman 99 untuk kapal twin screw adalah :

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

Dimana : W = Wake Friction

C_b = Coefficient Block kapal rancangan.

$$= 0,6$$

$$\begin{aligned} \text{Maka : } W &= -0,2 + (0,55 \times 0,6) \\ &= 0,13 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga w = 0,13.

B. Advance Speed of Propeller (V_a)

Untuk menentukan advance speed of propeller dari kapal rancangan digunakan rumus yang terdapat dalam buku Propulsi Kapal oleh Ir. Teguh Sastrodiwongso MSE, halaman 27 adalah :

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

Dimana : V_a = Advance speed of propeller.

W = Wake Friction

$$= 0,13$$

V_s = Kecepatan kapal rancangan.

$$= 10,00 \text{ Knot}$$

$$\text{Maka : } W = (1 - 0,13) \times 10,00$$

$$= 8,7 \text{ Knot.}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga V_a = 8,7 Knot.

C. Kecepatan Air Masuk Ke Baling-baling (v_e)

Untuk menentukan advance speed of propeller dari kapal rancangan digunakan rumus yang terdapat dalam buku Propulsi Kapal oleh Ir. Teguh Sastrodiwongso MSE, halaman 27 adalah :

$$V_a = (1 - w) \times V_s \times 1,025$$

Dimana : v_e = Advance speed of propeller.

$$W = \text{Wake Friction} \\ = 0,13$$

$$V_s = \text{Kecepatan kapal rancangan.} \\ = 10,00 \text{ Knot}$$

$$\text{Maka : } W = (1 - 0,13) \times 10,00 \times 1,025 \\ = 8,917 \text{ m/s}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga $v_e = 8,917 \text{ m/s}$.

D. Koreksi RPM Baling-baling (N_K)

Akibat adanya wake fraction, thrust deduction, gesekan pada bantalan poros dan penempatan dari mesin induk akan mengurangi putaran mesin yang sampai ke baling-baling. Untuk itu dilakukan koreksi dari putaran mesin induk.

Untuk menentukan koreksi dari Rpm baling-baling kapal rancangan ketentuan yang terdapat dalam buku Caldwell's Screw Tug Design halaman 141, untuk kapal dengan propeller twin screw koreksinya adalah :

$$N = C \times Rpm$$

Dimana : N_K = Rpm koreksi mesin utama kapal.

$$C = \text{Koefisien koreksi Rpm.} \\ = 0,97 \sim 0,96$$

$$C = 0,97$$

$$Rpm = \text{Rpm mesin utama kapal rancangan.} \\ = 288 \text{ rpm.}$$

$$\text{Maka : } N_K = 0,97 \times 288 \\ = 279,36 \text{ Rpm.}$$

$$n = \frac{279,36 \text{ rpm}}{60}$$

$$= 4,656 \text{ Rps.}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga $N = 279,36 \text{ Rpm.}$

E. Shaft Horse Power (SHP)

Untuk menentukan DeliverY digunakan pernyataan dalam buku Caldwell's Screw Tug Design pada halaman 141, yaitu :

- Koreksi 7% BHP = Untuk reduction gear dan transmission efficiency

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

- Koreksi density dari air = $\frac{1,000}{1,025}$

$$\begin{aligned} \text{Maka : SHP} &= \left(\text{BHP} - \left(\frac{7}{100} \times \text{BHP} \right) \right) \times \frac{75}{76} \times \frac{1,000}{1,025} \\ &= \left(680 - \left(\frac{7}{100} \times 680 \right) \right) \times \frac{75}{76} \times \frac{1,000}{1,025} \\ &= 623,54 \text{ HP.} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga $\text{SHP} = 623,54 \text{ HP.}$

F. Diameter Baling-baling Tentative (D)

Untuk menggunakan diameter tentative digunakan rumus yang terdapat dalam buku Cadwell's Screw Tug Design halaman 181, yaitu :

$$D = 0,7 \times T$$

Dimana : D = Diameter Propeller

T = Draft kapal rancangan.

$$= 3,20 \text{ m.}$$

Maka : D = $0,7 \times 3,20$

$$= 2,24 \text{ m.}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga $D = 2,24 \text{ m.}$

G. Gaya Dorong atau Thrust (T)

$$T = \frac{R_T}{1-t}$$

Dimana : T = Gaya Dorong.

R_T = Hambatan total kapal rancangan.

$$= 8155,50 \text{ Kg}$$

$$t = 0,193$$

Maka : $T = \frac{8155,50}{1-0,193}$

$$= 10105,947 \text{ Kg.}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga S = 10105,947 Kg.

H. Penentuan Jumlah Daun Baling-Baling (Z)

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

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

Untuk kapal rancangan ini adalah :

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

Dimana : D = Diameter Propeller.

$$= 2,24 \text{ m.}$$

ve = Advance speed of propeller.

$$= 8,7 \text{ m/s}$$

S = Angka Dorong.

$$= 10105,947 \text{ Kg.}$$

ρ = Density air laut.

$$= 104,5 \text{ Kg.s}^2/\text{m}^4$$

Maka : $K'd = 2,24 \times 8,7 \times \sqrt{\frac{104,5}{10105,947}}$

$$= 1,98$$

Sedangkan untuk nilai $K'n$ untuk kapal rancangan ini adalah :

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

Dimana : v_e = Advance speed of propeller.

$$= 8,7 \text{ m/s}$$

S = Angka Dorong.

$$= 10105,947 \text{ Kg.}$$

ρ = Density air laut.

$$= 104,5 \text{ Kg.s}^2/\text{m}^4$$

N = Koreksi putaran baling-baling perdetik

$$= 4,656 \text{ Rps.}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka : } K'n &= \frac{8,7}{\sqrt{4,656}} \times \sqrt{\frac{104,5}{10105,947}} \\ &= 0,409 \end{aligned}$$

Karena $K'd \leq 2$ dan $K'n \leq 1$, maka dipilih baling-baling berdaun 4 untuk kapal rancangan.

I. Diameter Optimum, Pitch Ratio dan Propeller Efficiency

1. Koefisien Baling-Baling

Untuk Menentukan koefisien baling-baling rumus yang terdapat dalam Cadwell's Screw Tug Design halaman 141, yaitu :

$$B_p = \frac{N\sqrt{DHP}}{V_a^{2,5}}$$

Dimana : N_K = Koreksi Putaran baling-baling

$$= 288 \text{ Rpm.}$$

SHP = Shaft Horse Power

$$= 623,54$$

V_a = Advance speed of propeller.

$$= 8,7 \text{ Knot.}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka : } B_p &= \frac{288\sqrt{1259,705}}{8,7^{2,5}} \\ &= 32,21 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga $B_p = 45,785$

Untuk perencanaan baling-baling ini menggunakan perbandingan dari beberapa jenis propeller tipe B, yaitu B4-40, B4-55 dan B4-70 dalam buku Principles of Naval Architecture halaman 414. dari grafik B_p - δ diagram itu didapatkan untuk harga $B_p = 45,785$ adalah sebagai berikut :

No	Item	B4-40	B4-55	B4-70
1	Advance Coefisient (δ)	230	223	215
2	Pitch Ratio (Ho/Do)	0,66	0,715	0,755
3	Propeller Efisiensi (η_p)	58,56%	55,1%	54,9%

2. Koreksi Advance Coefisient (δ_K)

Dalam perencanaan baling-baling tunggal (twin screw) (δ) ini dari "Open condition" menjadi "Behind condition" perlu dilakukan koreksi. Untuk menentukan koreksi advance coefisient (δ_K) digunakan pernyataan yang terdapat dalam buku Propulsi Kapal oleh Ir. Teguh Sastrodiwongso MSE halaman 116 untuk kapal dengan twin screw, yaitu :

$$\delta_K = \delta - (2\% \sim 4\%)$$

Dimana : δ_K = Koreksi Advance Coefisient.

% = Persentase koreksi.

= 2%

Maka Koreksi Advance Coefisient. (δ_K) adalah :

No	Item	B4-40	B4-55	B4-70
1	Advance Coefisient (δ)	230	223	215
2	Koreksi	2%	2%	2%
3	(δ_K)	225,4	218,54	210,7

3. Diameter Optimum (Do)

Untuk menentukan Diameter Optimum (Do) digunakan rumus yang terdapat dalam buku Propulsi Kapal oleh Ir. Teguh Sastrodiwongso MSE halaman 117, yaitu :

$$D_o = \frac{\delta_K \times V_a}{N_K} \times 0,3048 \dots \dots \dots (m)$$

Dimana : D_o = Diameter Optimum.
 δ_K = Koreksi Advance Coefisient.
 V_a = Advance Speed dari propeller.
= 8,7 Knot.
 N_K = Koreksi Putaran baling-baling
= 288 Rpm.

Maka Diameter Optimumnya (D_o) adalah :

- Untuk B4-40

$$D_o = \frac{225,4 \times 8,7}{288}$$

$$= 2,075 \text{ m}$$

- Untuk B4-55

$$D_o = \frac{218,54 \times 8,7}{288}$$

$$= 2,012 \text{ m}$$

- Untuk B4-70

$$D_o = \frac{210,7 \times 8,7}{288}$$

$$= 1,94 \text{ m}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan :

No	Item	B4-40	B4-55	B4-70
1	Kor. Advance Coef. (δ_K)	225,4	218,54	210,7
2	Diameter optimum (D_o)	2,075	2,012	1,94

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

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

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

Pemilihan ukuran baling-baling dengan resiko kavitasi terkecil dengan memakai diagram kavitasi (Burrill).

A. Konstanta Kavitasi

Untuk menentukan kavitasi pada propeller yaitu pada posisi $\sigma_{0,7}$ digunakan rumus yang terdapat dalam buku Propulsi kapal oleh Ir. Teguh Sastrodiwongso MSE, yaitu :

$$\sigma_{0,7} = \frac{(P - P_v) - \left(0,7 \times \frac{D}{2} \times \gamma\right)}{0,5 \times \rho \left(V_a^2 + (0,7 \times \pi \times D \times n)^2 \right)}$$

$P - P_v$ = Beda tekanan statik pada sumbu baling-baling

D_o = Diameter optimum.

ρ = Kerapatan air laut.

= 104,5 Kg.s²/m⁴.

V_a = Advance Speed dari propeller.

= 8,7 Knot.

n = Koreksi putaran baling-baling perdetik

= 4,656 Rps.

Untuk menentukan beda tekanan statik pada sumbu baling-baling digunakan cara yang terdapat dalam buku Propulsi Kapal oleh Ir. Teguh Sastrodiwongso halaman 125, yaitu :

1. Tekanan statik pada sumbu baling-baling adalah :

a. Draft	T	=	3,20	m
b. Tinggi Poros baling-baling	h_1	=	1,12	m
c. Tinggi Gelombang (0,75 % L_{pp})	h_2	=	0,42	m
Tinggi tekanan ($h = T - h_1 + h_2$)	h	=	2,5	m
d. Tekanan air ($h \times 1,025$)		=	2562,5	kg/m^2
e. Tekanan udara		=	10300,00	kg/m^2
f. Tekanan uap		=	200,00	kg/m^2 +
Tekanan statik =				13065 kg/m^2

Dari perhitungan ditetapkan harga $P-P_v = 13065 \text{ Kg/m}^2$.

Maka konstanta kavitasinya adalah :

- Untuk B4-40 dan $Do = 2,075$

$$\sigma_{0,7} = \frac{13065,000 - \left(0,7 \times \frac{2,075}{2} \times 1,025 \right)}{0,5 \times 104,5 \times \left(8,7^2 + \left(0,7 \times 3,14 \times 2,075 \times 4,656 \right)^2 \right)}$$

$$= 0,474$$

- Untuk B4-55 dan $Do = 2,012$

$$\sigma_{0,7} = \frac{13065,000 - \left(0,7 \times \frac{2,012}{2} \times 1,025 \right)}{0,5 \times 104,5 \times \left(8,7^2 + \left(0,7 \times 3,14 \times 2,012 \times 4,656 \right)^2 \right)}$$

$$= 0,500$$

- Untuk B4-70 dan $Do = 1,94$

$$\sigma_{0,7} = \frac{13065,000 - \left(0,7 \times \frac{1,94}{2} \times 1,025 \right)}{0,5 \times 104,5 \times \left(8,7^2 + \left(0,7 \times 3,14 \times 1,94 \times 4,656 \right)^2 \right)}$$

$$= 0,532$$

Untuk menentukan koefisien gaya dorong ini digunakan diagram Burril pada buku Principles of Naval Architecture halaman 409. Dari diagram tersebut didapatkan harganya adalah sebagai berikut :

No	Item	B4-40	B4-55	B4-70
1	Diameter optimum (Do)	2,075	2,012	1,94
2	Konstanta kavitasi ($\sigma_{0.7}$)	0,474	0,500	0,532
3	Thrust Coefisient (τ_c)	0,15	0,160	0,167

D. Penentuan Thrust

Setelah didapatkan harga thrust coefisient (τ_c) selanjutnya adalah menentukan thrust

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

T = Thrust

SHP = Shaft Horse Power

$$= 623,54 \times 2$$

$$= 1247,08$$

η_p = Propulsive Efficiency

η_{rr} = Rotative Efficiency

$$= 0,99$$

V_e = Adance speed of propeller

$$= 8,7$$

Untuk B4-40 dan $\eta_p = 58,56\%$

$$T = \frac{1247,08 \times 0,5856 \times 0,99 \times 75}{8,7} = 6232,647 \text{ Kg}$$

Untuk B4-55 dan $\eta_p = 55\%$

$$T = \frac{1247,08 \times 0,55 \times 0,99 \times 75}{8,7} = 5853,750 \text{ Kg}$$

Untuk B4-70 dan $\eta_p = 54,96\%$

$$T = \frac{1247,08 \times 0,5496 \times 0,99 \times 75}{8,7} = 5849,493 \text{ Kg}$$

E. Projected Blade Area

Untuk menentukan projek blade area digunakan rumus yang terdapat dalam buku propulsi kapal (ship Propulsion) oleh Ir Teguh Sastrodiwongso MSE halaman 126 yaitu;

$$FP' = \frac{T}{\tau_c \times 0,5 \times \rho \times (Va^2 + (0,7 \times \pi \times Do \times n)^2)}$$

dimana :

- F_p = Project blade area
- T = Gaya dorong (Thrust)
- τ_c = Koefisien gaya dorong
- Do = Diameter optimum
- ρ = kerapatan air laut
= $104,5 \text{ kg s}^2/\text{m}^4$
- Va = Advanced of speed
= 8,7
- n = Koreksi putaran baling-baling per detik
= 3,133 rps

Untuk B4-40

$$Do = 2,075 \quad \tau_c = 0,15 \quad T = 6232,647 \text{ Kg}$$

$$FP' = \frac{6232,647}{0,15 \times 0,5 \times 104,5 \times (8,7^2 + (0,7 \times 3,14 \times 2,075 \times 3,133)^2)}$$

$$= 1,510 \text{ m}^2$$

Untuk B4-55

$$Do = 2,012 \quad \tau_c = 0,133 \quad T = 5853,750 \text{ Kg}$$

$$FP' = \frac{5853,750}{0,133 \times 0,5 \times 104,5 \times (8,7^2 + (0,7 \times 3,14 \times 2,012 \times 3,133)^2)}$$

$$= 1,40 \text{ m}^2$$

Untuk B4-70

$$D_o = 1,94 \quad \tau_c = 0,167 \quad T = 5849,493 \text{ Kg}$$

$$FP' = \frac{5849,493}{0,167 \times 0,5 \times 104,5 \times (8,7^2 + (0,7 \times 3,14 \times 1,94 \times 3,133)^2)}$$
$$= 1,426 \text{ m}^2$$

No	Item	B4-40	B4-55	B4-70
1	Diameter optimum	3,425	3,317	3,263
2	Thrust Coefisient	0,129	0,133	0,135
3	Project blade area	4,185	4,185	4,140

F. Developed Blade Area (F)

Untuk menentukan developed blade area digunakan rumus yang terdapat dalam buku propulsi kapal (ship Propulsion) oleh Ir Teguh Sastrodiwongso MSE halaman 125 yaitu;

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

- Untuk series B4-40 dengan $\text{Ho/D} = 0,76$

$$\begin{aligned} \frac{F_p}{F_a} &= 1,067 - 0,229 \text{ Ho/D} \\ &= 1,067 - (0,229 \times 0,76) \\ &= 0,869 \end{aligned}$$

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)

$$\begin{aligned} F &= \pi / 4 \cdot D^2 \\ &= 3,14 / 4 \times (4,305)^2 \\ &= 3,379 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Developed Blade Area (F)

$$\begin{aligned}F_a &= 0,4 \times F \\ &= 0,4 \times 3,379 \\ &= 1,351 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Projected area of the blade

$$\begin{aligned}F_p &= F_a \times (F_p/F_a) \\ &= 1,351 \times 0,869 \\ &= 1,174 \text{ m}^2\end{aligned}$$

- Untuk series B4-55 dengan $H_o/D = 0,815$

$$\begin{aligned}\frac{F_p}{F_a} &= 1,067 - 0,229 H_o/D \\ &= 1,067 - 0,229 (0,815) \\ &= 0,853\end{aligned}$$

Developed Blade Area Ratio

$$\frac{F_p}{F_a} = \frac{\text{expanded area of the blades}}{\text{disc area of the screw}} = 0,55$$

Disc Area of The Screw (F)

$$\begin{aligned}F &= \pi / 4 \cdot D^2 \\ &= 3,14 / 4 \times (4,048)^2 \\ &= 3,177 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Developed Blade Area (F)

$$\begin{aligned}F_a &= 0,55 \times F \\ &= 0,55 \times 3,177 \\ &= 1,747 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Projected area of the blade

$$\begin{aligned}F_p &= F_a \times (F_p/F_a) \\ &= 1,747 \times 0,853 \\ &= 1,488 \text{ m}^2\end{aligned}$$

- Untuk series B4-70 dengan $H_o/D = 0,755$

$$\begin{aligned}\frac{F_p}{F_a} &= 1,067 - 0,229 H_o/D \\ &= 1,067 - 0,229 (0,755) \\ &= 0,894\end{aligned}$$

Developed Blade Area Ratio

$$\frac{F_p}{F_a} = \frac{\text{expanded area of the blades}}{\text{disc area of the screw}} = 0,70$$

Disc Area of The Screw (F)

$$\begin{aligned}F &= \pi / 4 \cdot D^2 \\ &= 3,14 / 4 \times (3,763)^2 \\ &= 2,953 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Developed Blade Area (F)

$$\begin{aligned}F_a &= 0,70 \times F \\ &= 0,70 \times 2,953 \\ &= 2,067 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Projected area of the blade

$$\begin{aligned}F_p &= F_a \times (F_p/F_a) \\ &= 2,067 \times 0,894 \\ &= 1,847 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Tabel Hasil Perhitungan Kavitas

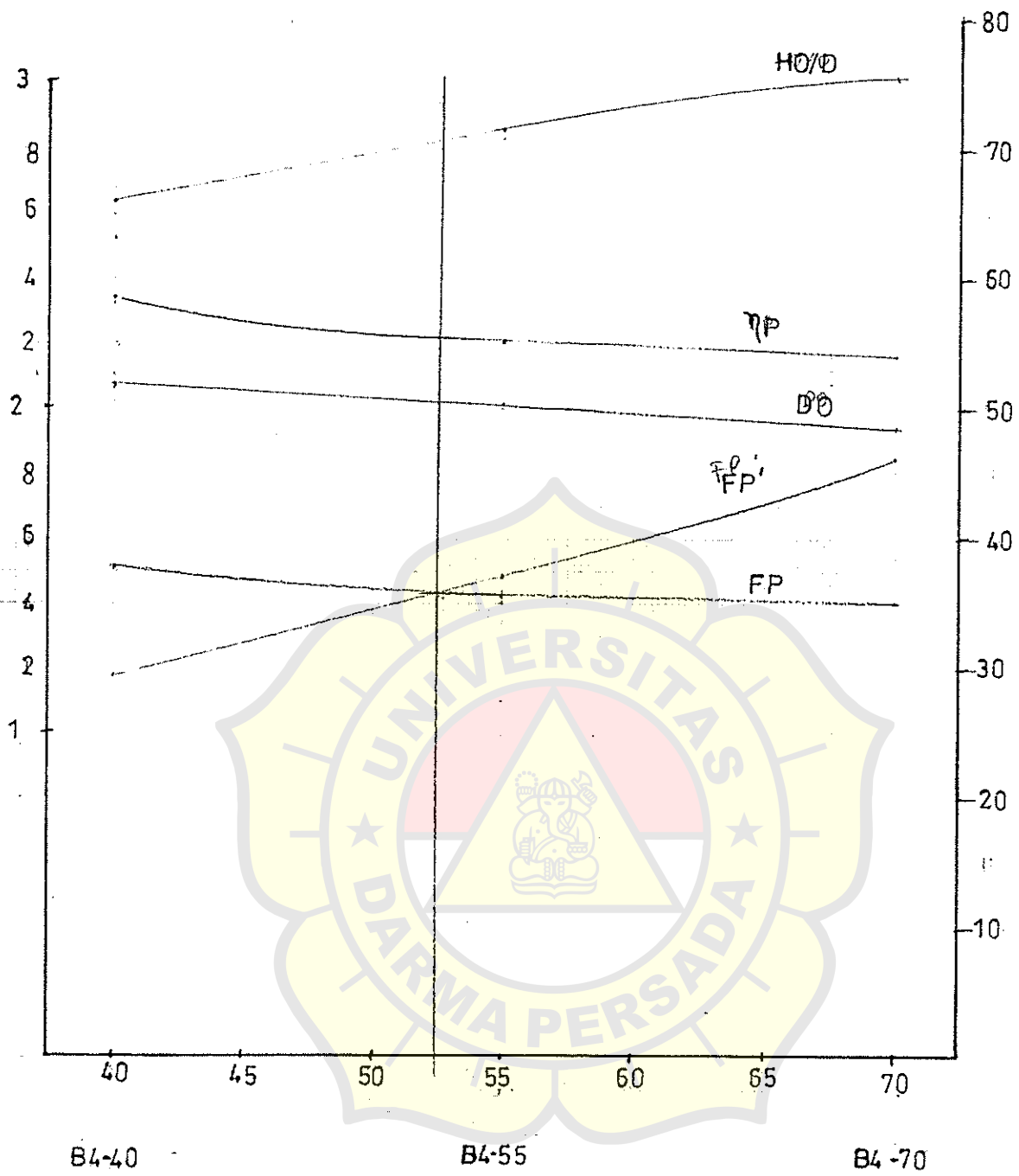
No	Item	B4-40	B4-55	B4-70
1	Diameter optimum(D_o)	2,075	2,012	1,94
2	Pitch Ratio (H_o/D)	0,66	0,715	0,755
3	Propeller Efisiensi (η_p)	58,56	55,1	54,9
4	Konstanta kavitasi ($\sigma_{0,7}$)	0,474	0,500	0,532
5	Thrust Coefisient (τ_c)	0,15	0,16	0,167
6	Kavitas	<2,5%	<2,5%	<2,5%
7	Project blade area (F_p)	1,510	1,40	1,42
8	Developed blade area(F_p/F_a)	0,869	0,853	0,894
9	Developed blade ratio (F_a/F)	40	55	70
10	Disk area of the screw (F)	3,579	3,177	2,953
11	Developed blade area (Fa)	3,351	1,488	2,067
12	Project blade area (F_p)	1,174	1,488	1,847

Berdasarkan tabel hasil perhitungan dan grafik rancangan baling-baling, maka dapat ditentukan Blade Area Ratio optimum untuk baling-baling kapal rancangan ini.

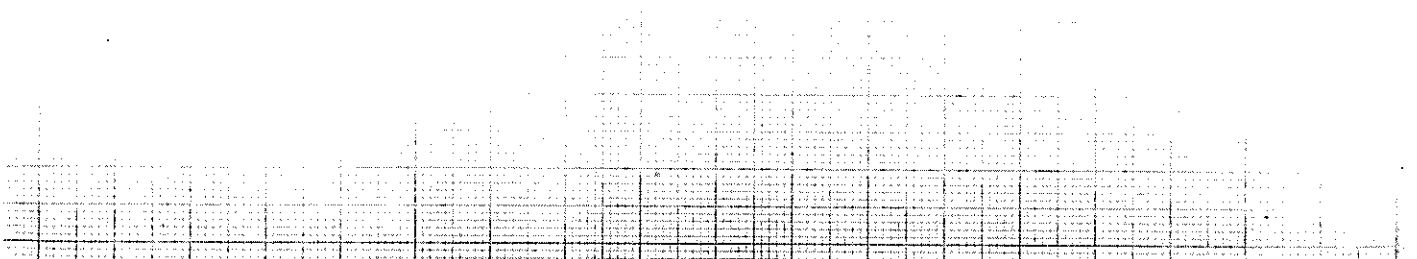
Pemilihan Baling-baling

Harga-harga perbandingan tersebut diperoleh dari proyeksi perpotongan kurva F_p dan F_p' pada absisnya, didapatkan $F_a / F = 0,525$. Dengan demikian spesifikasi baling-baling yang diperlukan untuk penggerak kapal rancangan ini adalah sebagai berikut:

- Tipe baling-baling berada pada : B4 - 40 ~ B4 - 55
- Diameter baling-baling : $D = 2,2$ m
- Pitch Ratio baling-baling : $H_o/D = 0,707$
- Blade Area Ratio baling-baling : $F_a/F = 0,525$
- Efisiensi baling-baling : $\eta_p = 55,56$
- Jumlah daun baling-baling : $Z = 4$
- Diameter baaling-baling : $D = 1,98$ m
- Pitch Ratio baling-baling : $H_o/D = 0,560$
- Blade Area Ratio baling-baling : $F_a/F = 0,523$
- Efisiensi baling-baling : $\eta_p = 0,470$
- Jumlah daun baling-baling : $Z = 4$



GRAFIK RANCANGAN BALING-BALING



TABEL PERHITUNGAN DAYA MESIN DAN KECEPATAN KAPAL
(Metode Sv. Aa. Harvald Dan Guldhammer)

No	Rumus	Sumber Rumus	Satuan	Kecepatan Kapal (Knot)				
				8	9	10	11	12
(1)	Kecepatan (Vs)		m/s	4,1152	4,6296	5,144	5,658	6,1720
(2)	$F_n = \frac{V_r}{\sqrt{g \times LBP}}$	hal 44 (4.1.1)		0,237	0,267	0,296	0,326	0,356
(3)	$10^3 C_R$	hal 120-128 (4.1.5) (4.1.13)		1,733	3,221	6,125	7,232	6,944
(4)	Koreksi B/T	hal 119 (5.5.17)		0,024	0,024	0,024	0,024	0,024
(5)	Koreksi LCB	hal 130 (5.5.15)-(5.5.16)		0,0	0,003	0,003	0,018	0,025
(6)	Kor. Penampang	hal 131 (5.5.20)		0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
(7)	Kor. Haluan	hal 131 (5.5.21)		0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
(8)	Kor. Badan Kpl	hal 132 (5.5.22)		0,224	0,418	0,796	0,939	0,920
(9)	$10^3 C_R$ total	(3)+(4)+(5)+(6)+(7)+(8)		2,181	3,866	7,147	9,390	0,902
(10)	$10^3 C_F$	Grafik ITTC-57 hal 129 (5.5.14)		2,278	2,093	1,954	1,933	1,907
(11)	S_r/S	rumus 5.5.25		1,080	1,080	1,080	1,080	1,080
(12)	$10^3 C_F'$	(10) x (11)		2,278	2,193	2,110	1,933	1,907
(13)	$10^3 C_{A_1}$	hal 132 (5.5.23)		0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
(14)	$10^3 C_{A_2}$	hal 132 (5.5.26)		0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
(15)	$10^3 C_{A_3}$	hal 132 (5.5.27)		0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
(16)	$10^3 C_T$	(9)+(12)+(13)+(14)+(15)		5,959	7,459	8,745	11,846	11,502
(17)	$R_T' = C_T \times \rho \times S \times V_s^2$	hal 133 (5.5.29)	Kg	3556,611	5634,454	8155,50	13367,289	15446,216
(18)	$EHP = (V_s \times R_T')/75$	((1) x (17))/75	HP	195,148	347,803	559,40	1008,499	1271,283
(19)	Propulsive Coefficient (PC)			0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
(20)	$SHP = EHP/PC$	(20)/(21)	HP	325,246	579,671	932,33	1680,83	2118,808
(21)	Koreksi SHP			23%	23%	23%	23%	23%
(22)	$BHP_{MCR} = SHP + Kor.$	(22)+(23)x(22)	HP	400,052	712,995	1146,76	1680,83	2118,808
(23)	$BHP_{MCR} = 1$ Mesin	(25)-2		470,649	838,917	1350,000	2325,327	30,66,038

II.4. RENCANA UMUM

II.4.1. Penentuan Letak Sekat

Dalam Chapter 11 Watertight Bulkheads (Biro Klasifikasi Indonesia, 1996) jumlah sekat kedap air (Number of Watertight Bulkheads) bahwa kapal dengan $L < 65$ jumlah sekatnya adalah antara 3 dan 4 .

Untuk kapal dengan ukuran panjang (L_{pp}) = 30 m

Jumlah Watertight Bulkheads = 3

1. Sekat Tubrukan (Collision Bulkheads)

Posisi sekat tubrukan tidak boleh kurang dari 0,05 L_{pp} dan tidak boleh lebih dari 0,08 L_{pp} dari F_p .

$$0,05 L_{pp} = 0,05 \times 30$$

$$= 1,50 \text{ m}$$

$$0,08 L_{pp} + 3,05 = (0,08 \times 30) + 3,05$$

$$= 5,45 \text{ m}$$

Untuk jarak sekat tubrukan pada kapal rancangan ini ditetapkan = 5,00 m.

2. Sekat Buritan (After Peak Bulkheads)

Diletakkan sekurang - kurangnya 3 kali jarak gading dari ujung depan Boss baling – baling.

3. Jarak Gading (Frame Spacing)

Jarak standar dari gading melintang berdasarkan Transverse Frame Spacing dalam Klasifikasi Indonesia 1986: adalah :

$$FS = 450 + 2 Lpp$$

$$= 450 + (2 \times 30) = 510 \text{ mm}$$

Pada bagian belakang dari bagian depan, jarak gading < 610mm,
ditetapkan jarak gading untuk kapal rancangan = 500 mm.

II.4.2 Susunan Awak Kapal

Perwira

1. Nahkoda (master)	: 1 orang
2. Kepala Kamar Mesin (Chief Engineer)	: 1 orang
3. Mualim I (1 ST officer)	: 1 orang
4. Operator Radio	: 1 orang
5. Masinis I (1 ST Enginer)	: 1 orang
<hr/>	
Jumlah Perwira	: 5 orang

Bintara

1. Juru Mudi (Quarter Master)	: 1 orang
2. Oiler	: 1 orang

Jumlah keseluruhan Anak Buah Kapal : 7 orang

II.4.3 Perlengkapan dan Peralatan Deck

1. Jangkar dan Peralatannya

a. Jangkar

Menurut klasifikasi BKI 2000 : Section 18 – 1

$$\text{Angka petunjuk (Z)} = D^{2/3} + 2h \cdot B + \frac{A}{10}$$

dimana :

$$\Delta = \text{Displasemen} = 501,84 \text{ Ton}$$

h = Tinggi efektif diukur dari garis muat sampai puncak teratas rumah geladak.

$$h = f + h'$$

dimana : f = Tinggi lambung Timbul (H - T)

$$= 4,00 - 3,20$$

$$= 0,80 \text{ m}$$

h' = Tinggi dari uppermost continuous deck sampai

ke puncak rumah geladak = 5,4 m.

$$h = 0,80 + 5,4$$

$$= 6,20 \text{ m}$$

$$B = \text{Lebar kapal} = 8,50 \text{ m}$$

$$A = fL + \Sigma h"L$$

dimana : A = Luas pandangan samping lambung kapal atau

bangunan atas di atas garis muat.

$$fL = 0,80 \times 30$$

$$= 24,00 \text{ m}$$

$\Sigma h"L$ = Jumlah perkalian tinggi dan panjang dari tiap

bangunan atas.

$$\text{Bulwark} = 1,00 \times 74 = 74,00 \text{ m}^2$$

$$\text{Upperdek} = 1,00 \times 80 = 80,00 \text{ m}^2$$

$$\text{Nav. Bridge Deck} = 2,5 \times 7,35 = 18,37 \text{ m}^2$$

$$\Sigma h^2 L = 172,39 \text{ m}^2$$

$$A = 24,00 + 172,39$$

$$= 196,39 \text{ m}^2$$

$$Z = (501,84)^{2/3} + 2(6,2)(8,5) + 0,1(196,39)$$

$$Z = 102,945 \text{ m}^2$$

Dari angka Z tersebut diatas ditentukan jangkar yang digunakan berdasarkan tabel 18, 2 BKI 1996:

Untuk $Z = 400 - 450$:

Jumlah jangkar tanpa tongkat = 2 buah

Berat tiap jangkar : Haluan = 1140 kg

b. Rantai jangkar

Berdasarkan Tabel 18.2 (BKI 1996)

Diameter rantai = 30 mm

Panjang total = 385,00 m

c. Tali Temali

Berdasarkan Tabel 18.2 (BKI 1997:135)

Panjang = 180 m

Beban putus = 15,300 Kg

d. Tali Tambat

Berdasarkan Tabel 18.2 (BKI 1996)

Jumlah = 4 buah

Panjang = 140 m

$$\text{Beban putus} = 10,000 \text{ Kg}$$

2. Chain Locker (bak penyimpanan rantai jangkar)

Dalam buku karangan Soekarsono N.A. (1995:38), perhitungan volume chain locker adalah sebagai berikut :

$$S_m = d^2$$

dimana :

S_m adalah volume chain locker untuk panjang rantai jangkar 100 fathoms (183 m) dalam m^3 .

d : Diameter rantai dalam inch.

$$\begin{aligned} 30 \text{ mm} &= 30 \times 0,0394 \\ &= 1,182 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_m &= (1,182)^2 \\ &= 1,397 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Panjang total rantai jangkar} = 385,00 \text{ m}$$

Jadi volume chain locker yang diperlukan :

$$\begin{aligned} V &= (385,00/183) \times 1,397 \\ &= 2,939 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

3. Mesin Jangkar dan Mesin Tambat

a. Mesin Jangkar

Tipe : Electro Hydraulic

Lokasi : Haluan

Jumlah : 1 buah

Jumlah roda rantai : 2 buah

Jumlah drum penggulung tali : 2 buah

Mesin jangkar harus mampu mengangkat 2 buah jangkar dan 80 meter rantai pada kecepatan yang ditetapkan.

Tiap roda rantai jangkar dan drum penggulung harus dipasangkan alat pengerem (hand brake) dan kopling yang dioperasikan dengan tangan.

b. Mesin Tambat

Tipe : Electro Hydraulic

Lokasi : Buritan

Jumlah : 1 buah

Jumlah drum penggulung tali : 2 buah

Tiap drum penggulung harus dilengkapi dengan kopling dan rem (hand brake) yang dioperasikan dengan tangan.

II.4.4. Akomodasi

Akomodasi pada kapal yang dirancang adalah sebagai berikut :

1. Ruang umum (ruang makan Perwira, ABK)
2. Ruang pribadi
3. Ruang saniter
4. Ruang Navigasi
5. Comissary space (dapur, pantri)
6. Ruang binatu
7. Gudang
8. Tangga dan lain-lain.

II.4.5. Mesin Kemudi dan Instrumen Nautis

1. Mesin Kemudi

Mesin Kemudi :

Jumlah : 1 set

Tipe : Electro Hydraulic, trunk piston type

Pompa :

Pompa : 2 set

Tipe : Vane

Motor :

Motor : 2 set

Mesin kemudi harus dipasang di dalam ruang mesin kemudi dan dilengkapi 2 (dua) unit pompa hydraulic yang dapat bekerja sendiri dan tidak saling berkaitan. Kedua pompa mempunyai kapasitas yang sama dan mampu menggerakkan daun kemudi dari posisi 35° pada salah satu sisi ke sisi lain 30° dalam waktu 28 detik saat kapal melaju pada kecepatan yang ditentukan.

2. Instrumen Nautis

Instrumen Nautis harus sesuai dengan ketentuan dan peraturan yang berlaku dan standar yang ditentukan Pabrik. Adapun Instrumen Nautis yang dipakai adalah sebagai berikut :

- a. Kompas Magnit (Magnetic Compass)
 - 1 (satu) Standar Kompas Magnit yang dilengkapi dengan alat baringan antara lain 1 (satu) shadow pin, 1 (satu) azimuth mirror, 1 (satu) course magnifier dan 1 (satu) azimuth circle.
 - 1 (satu) Spare bowl.
- b. Instrumen Lainnya
 - 1 (satu) Sextant
 - 1 (satu) Prismatic Binoculars
 - 1 (satu) Chronometer
 - 1 (satu) Radio Clock di ruang radio
 - 1 (satu) Stop Watch
 - 1 (satu) Thermometer air laut 5°C sampai 60°C

- 1 (satu) Thermometer atmosfir -20° C sampai 60° C
 - 1 (satu) Clinometer, tipe jam di ruang kemudi
 - 1 (satu) Clinometer tipe pendulum 300 mm di ruang mesin
 - 2 (dua) Mistar sejajar
 - 2 (dua) Jangka semat
 - 8 (delapan) pemberat peta
 - 2 (dua) Hand Lead, 3,2 kg
 - 1 (satu) Deep sea lead, 12,7 kg
 - 1 (satu) barometer
 - 1 (satu) set Radar
 - 1 (satu) set Echo sounder dan 1 (satu) set Anemometer
- c. Bendera dan Buku Isyarat
- 1 (satu) Intenational signal flag set, 0,86 x 0,71 m
 - 1 (satu) Ships name flag set, 0,86 x 0,71 m
 - 1 (satu) Blue peter, 0,86 x 0,71 m
 - 1 (satu) Quarantine flag, 0,86 x 0,71 m
 - 1 (satu) Pilot flag, 0,86 x 0,71 m
 - 1 (satu) National flag, 1,20 x 1,80 m dan 0,90 x 1,20 m
 - 1 (satu) Signal code book
 - 1 (satu) Register book
 - 1 (satu) Tide table, domestic issue and foreign issue each
 - 1 (satu) Nautical almanac

- 1 (satu) Daftar ilmu pelayaran
- 1 (satu) set peta laut

d. Isyarat dan Komunikasi

1) Tabung Suara

2) Seruling

3) Instrumen isyarat

- 1 (satu) Lonceng diameter 300 mm pada haluan, terbuat dari perunggu
- 1 (satu) Gong diameter 400 mm dilengkapi dengan pemukul
- 2 (dua) Megaphone, dari kuningan
- 3 (tiga) Bola hitam diameter 600 mm
- 1 (satu) Kerucut hitam diameter 600 mm.

4) Telepon VHF

5) Radio Detected Finder (RDF)

6) Sistem Komunikasi Satelit

7) Search and Rescue Transponder

8) Lampu navigasi dan lampu isyarat

Menurut International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS) 1974, adalah sebagai berikut :

- Lampu Tiang (Masthead Light)

Lampu berwarna putih yang ditempatkan di atas sumbu tengah muka dan belakang kapal yang memperlihatkan

cahaya yang tidak terputus meliputi busur cakrawala 225° dipasang sedemikian rupa sehingga memperlihatkan cahaya dari lurus ke muka sampai $22,5^{\circ}$ lebih ke belakang dari arah melintang pada setiap sisi kapal. Daya tampak dari lampu tiang harus dapat dilihat pada jarak minimum 6 mil.

- Lampu Lambung (Side Light)

Lampu hijau di lambung kanan dan merah di lambung kiri masing-masing memperlihatkan cahaya yang tidak terputus meliputi busur cakrawala sebesar $122,5^{\circ}$ dan dipasang sedemikian rupa sehingga memperlihatkan cahaya dari lurus ke muka $22,5^{\circ}$ lebih ke belakang dari arah melintang pada sisi masing-masing. Daya tampak dari lampu lambung harus dapat dilihat pada jarak minimum 3 mil.

- Lampu Buritan (Stern Light)

Lampu yang ditempatkan sedekat mungkin yang dapat dilaksanakan di buritan memperlihatkan cahaya yang tidak terputus meliputi busur cakrawala dari 135° dan dipasang sedemikian rupa hingga memperlihatkan cahaya $67,5^{\circ}$ dari lurus ke belakang pada masing-masing sisi kapal. Daya tampak dari lampu buritan harus dapat dilihat pada jarak minimum 3 mil.

- **Lampu Keliling**

Sebuah lampu yang memperlihatkan cahaya yang tidak terputus-putus meliputi busur cakrawala dari 360°. Daya tampak dari lampu keliling harus dapat dilihat pada jarak minimum 3 mil.

II.4.6. Alat-Alat Keselamatan Pelayaran

Kapal ini harus dilengkapi dengan peralatan keselamatan yang diperlukan untuk memenuhi peraturan keselamatan jiwa di laut yang berlaku untuk kapal dengan 20 orang pelayar. Alat keselamatan ini harus dilengkapi dengan sertifikat yang berlaku.

1. Sekoci Penolong dan Dewi-Dewi

a. Sekoci

Jumlah : 1 buah

Tipe : Enclosed, harus sesuai dengan SOLAS

Kapasitas : 23 orang/sekoci

b. Dewi-Dewi

Jumlah : 2 set

Tipe : Gravitasi

Motor penggerak : Motor listrik

Jumlah motor penggerak : 1 motor listrik untuk setiap boat
winch
Kapasitas boat winch : Sesuai dengan ketentuan SOLAS.

2. Rakit Penolong (Life Raft)

Tipe : Rakit penolong mengembang sendiri
Kapasitas angkut : 100 % jumlah pelayar
Jumlah : 4

3. Alat Keselamatan Lainnya

- 8 Gelang pelampung (tipe cincin)
 - 2 dengan tali panjang 30 m
 - 6 tanpa tali
- 1 Pelempar tali penolong
- 2 Tangga embarkasi (anak tangga kayu dan tali manila)
- 4 Self igniting light
- 2 Self activating smoke signal
- 12 Parachute signal
- 6 Rocket star signal
- 12 Red Hans Flare
- 3 Immersion suits

Alat keselamatan lainnya harus dilengkapi sesuai dengan ketentuan yang berlaku

II.4.7. Pemadam Kebakaran

Secara umum sistem pemadam kebakaran harus dilengkapi sebagai berikut:

1. Ruang muat

Sistem pemadam dengan CO₂, sistem pemadam dengan air laut dan sistem deteksi asap.

2. Ruang mesin

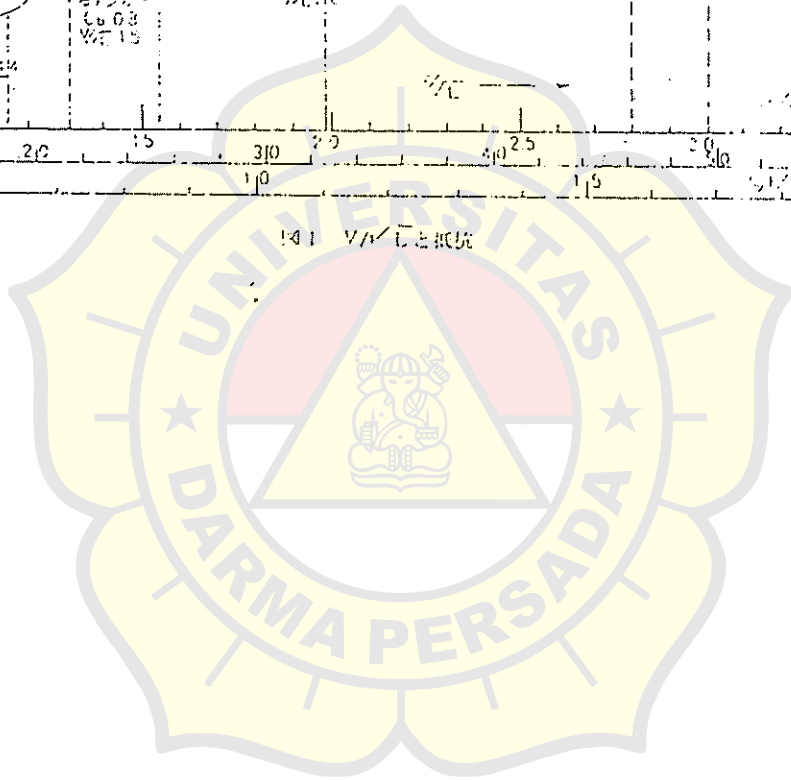
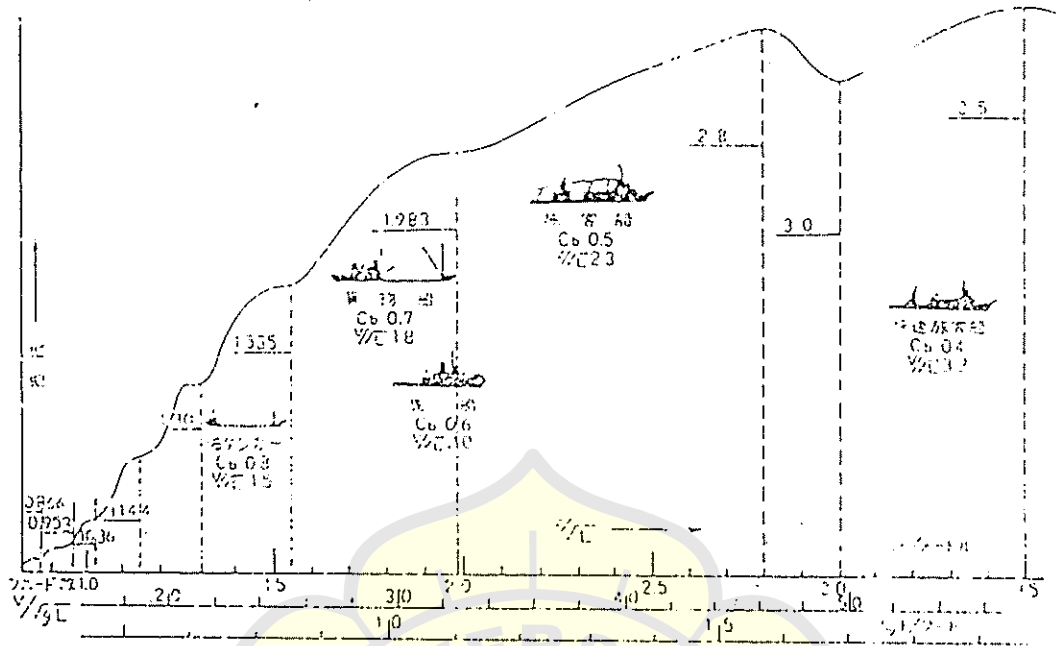
Sistem pemadam dengan , sistem pemadam dengan air laut, pemadam kebakaran jinjing dan sistem deteksi asap.

3. Ruang akomodasi dan gudang

Sistem pemadam dengan air laut, pemadam kebakaran jinjing dan sistem deteksi asap untuk koridor, anak tangga dan lorong-lorong.

Di atas sistem pemadam kebakaran harus dilengkapi dengan peralatan-peralatan lain sesuai persyaratan pemadam kebakaran.

Lampiran 1. Diagram *Speed Length Ratio* (Fn)



Lampiran 2. Diagram untuk menentukan h^* (Prohaska)

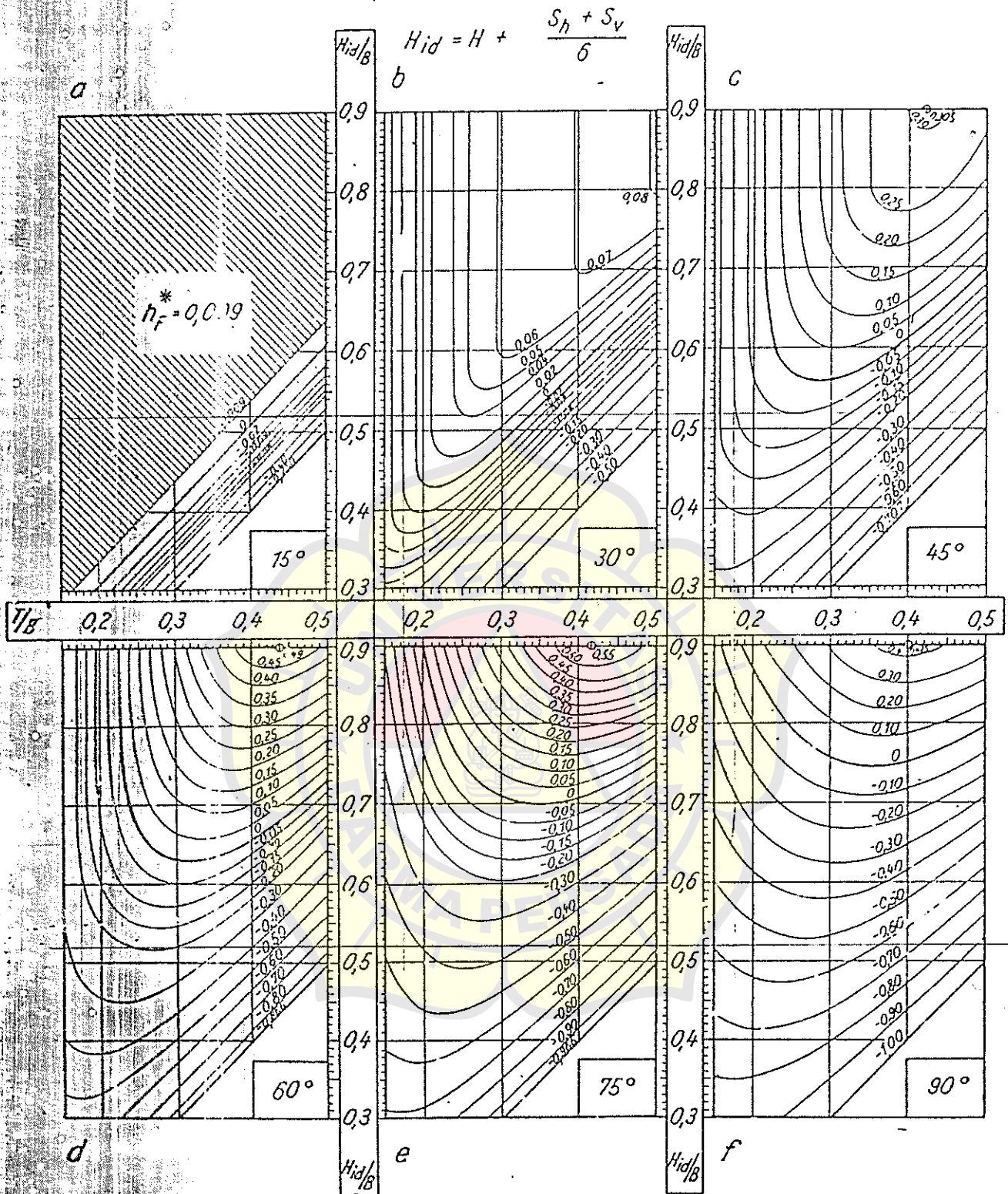


Bild 1.102 h_F^* über H_{id}/B und T/B

Lampiran 3. Diagram untuk menentukan letak *LCB*

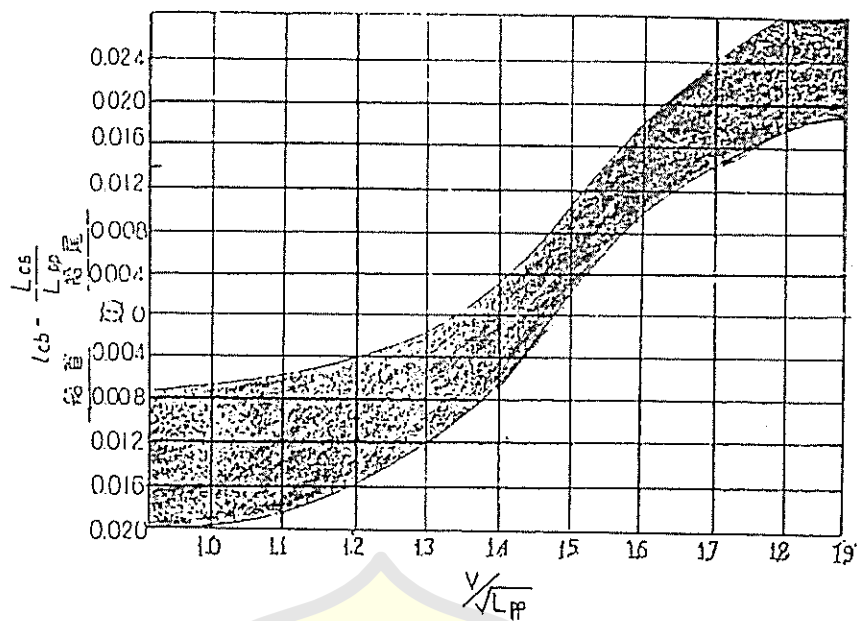
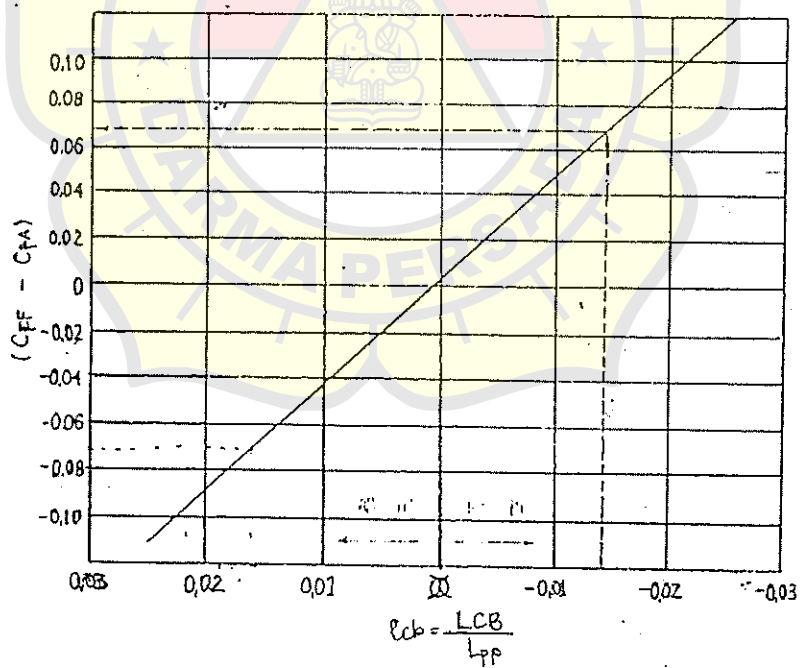


Diagram untuk menentukan koefisien depan dan belakang (*Cpf* – *Cpa*)



Lampiran 4. Diagram untuk menentukan prosentase luasan bagian depan

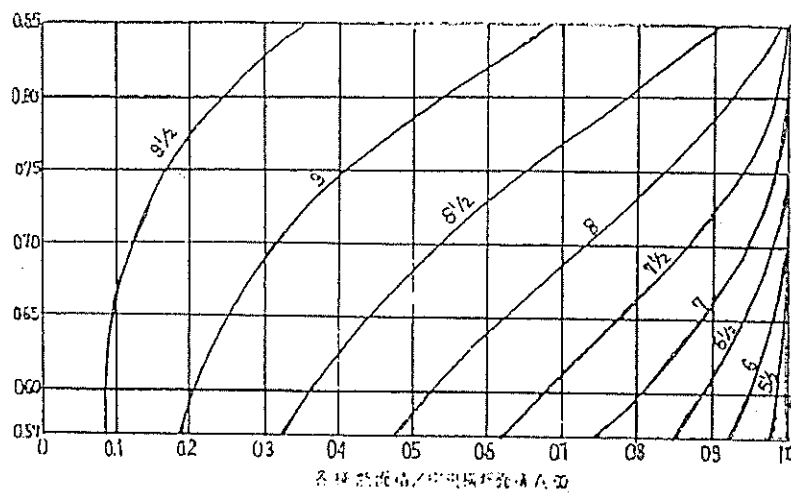
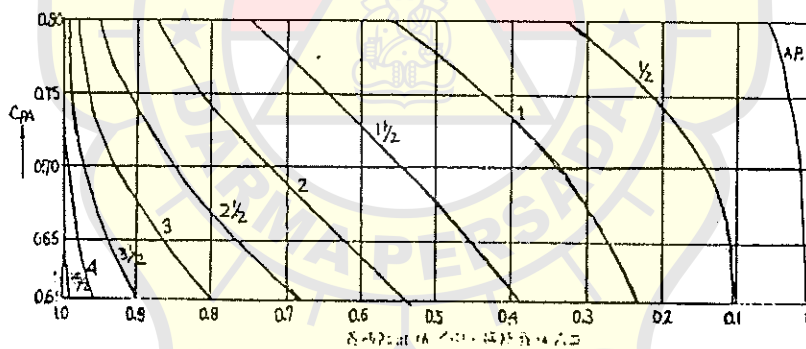
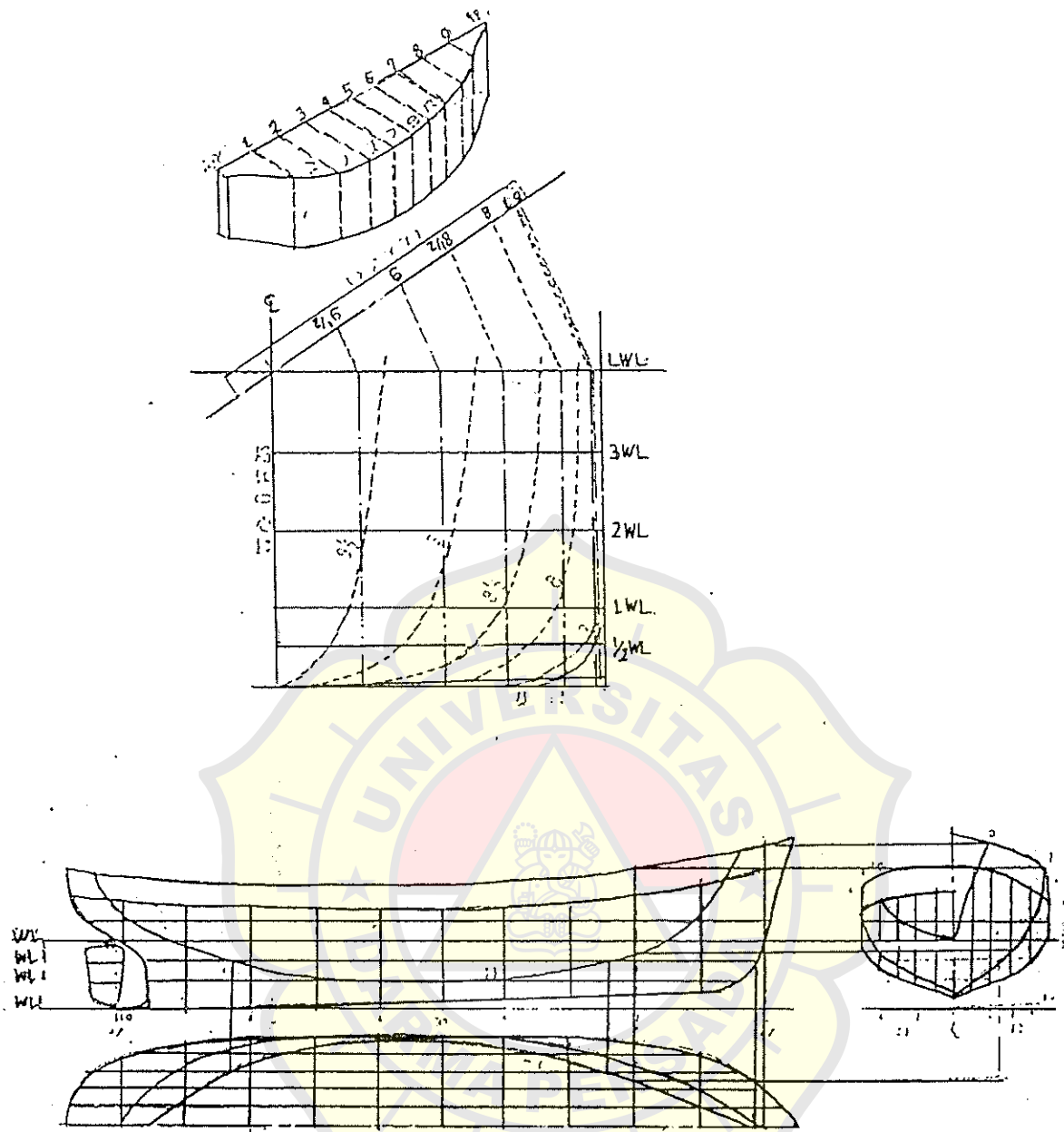
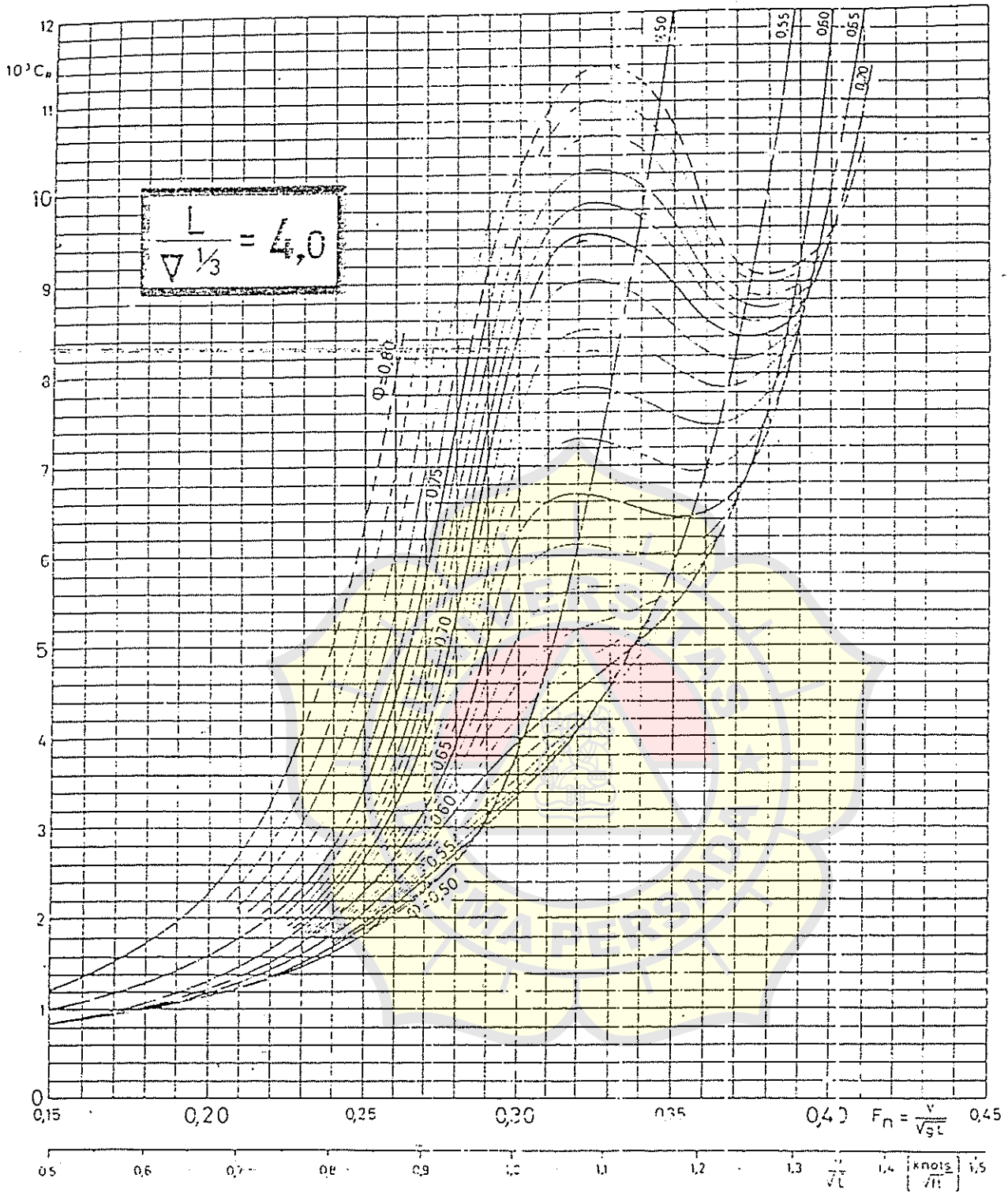


Diagram untuk menentukan prosentase luasan bagian belakang



Lampiran 5. Gambar cara pembuatan *Body Plan*





Gambar 5.5.5. Koefisien tahanan sisa terhadap rasio kecepatan-pangang untuk harga koefisien prismatik longitudinal yang berbeda-beda. $L/\Delta^{1/3} = 4,0$

Lampiran 8. Diagram untuk menentukan *LCB* standar

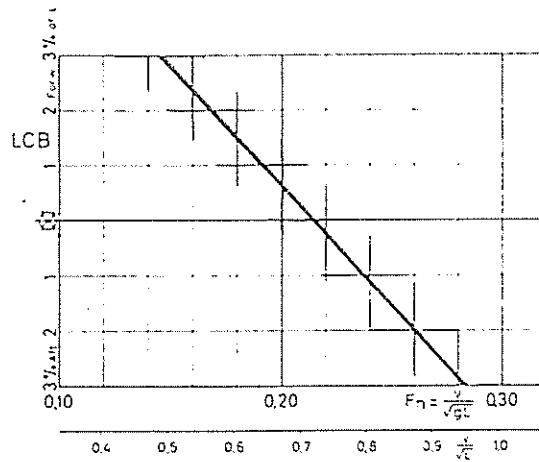


Figure 5.5.15. Standard LCB. The longitudinal position of the center of buoyancy that is considered the best possible.

Diagram untuk menentukan koreksi hambatan sisa

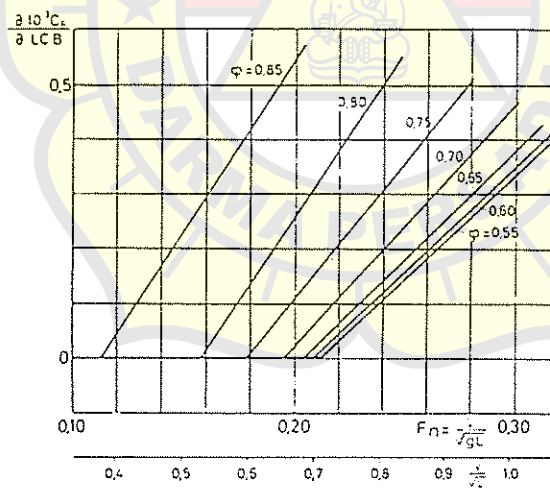


Figure 5.5.16. The correction of the residual resistance coefficient for LCB 1% forward of standard. The correction is thus $(\partial 10^3 C_R / \partial LCB) \Delta LCB$, where ΔLCB is the longitudinal distance between actual and standard LCB in percent of L . There is no correction for LCB aft of standard. The correction is always positive.

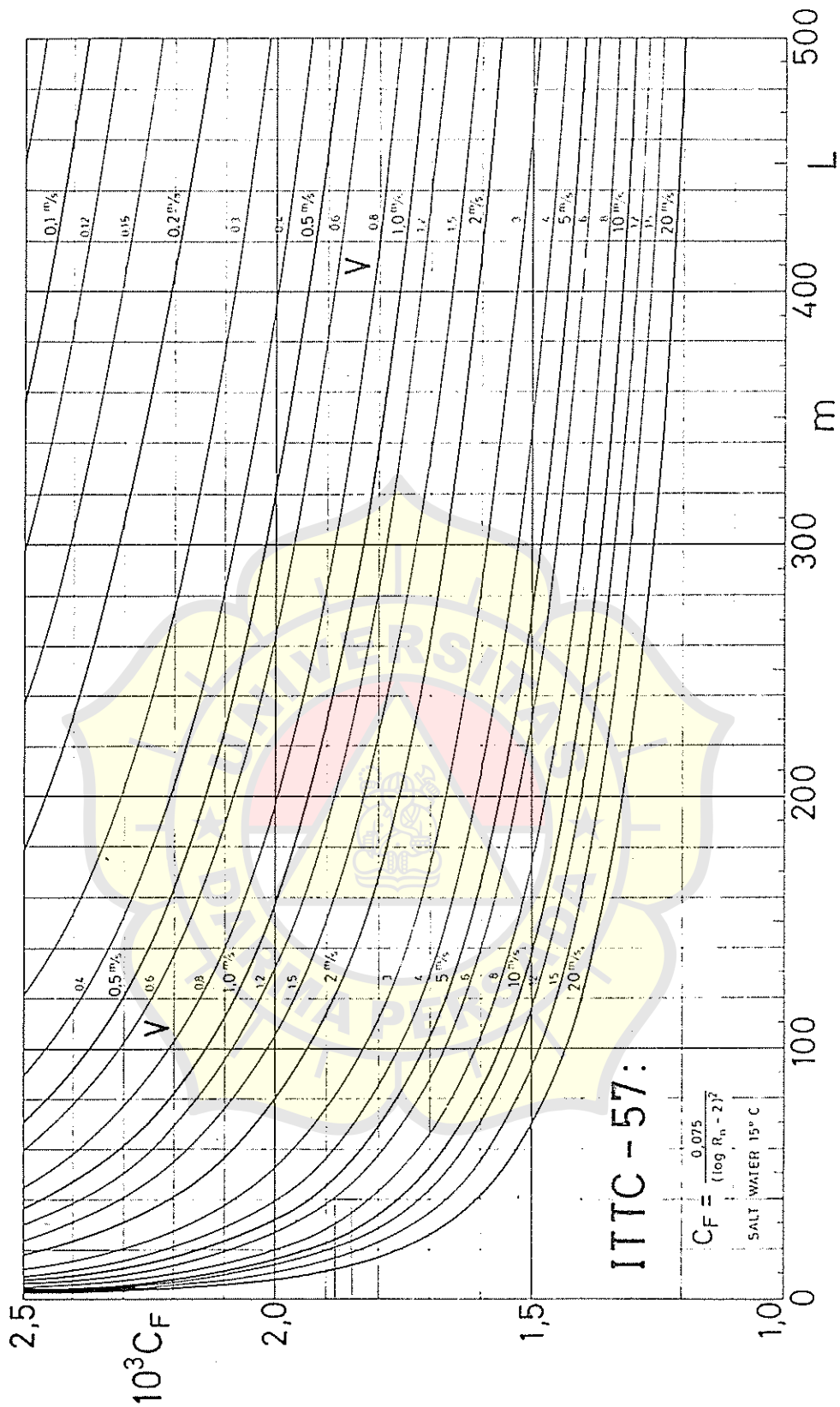
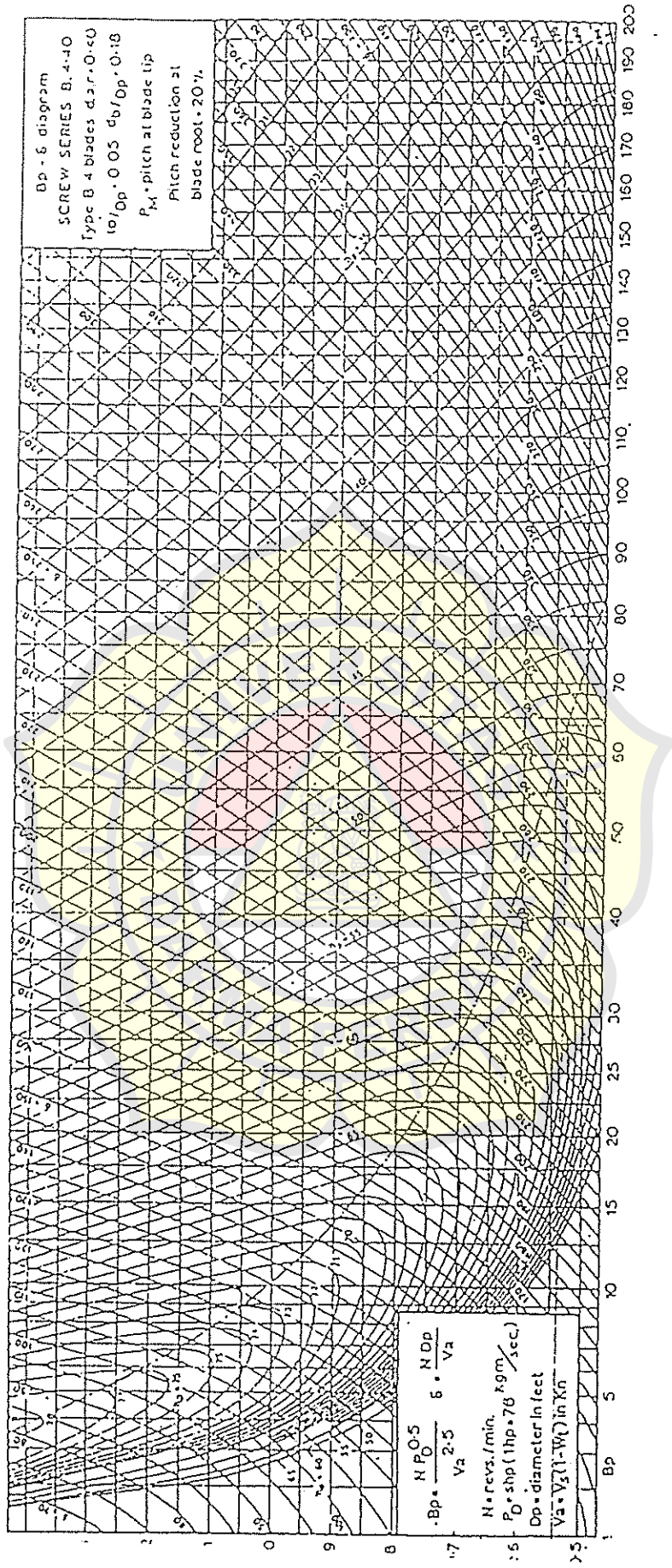
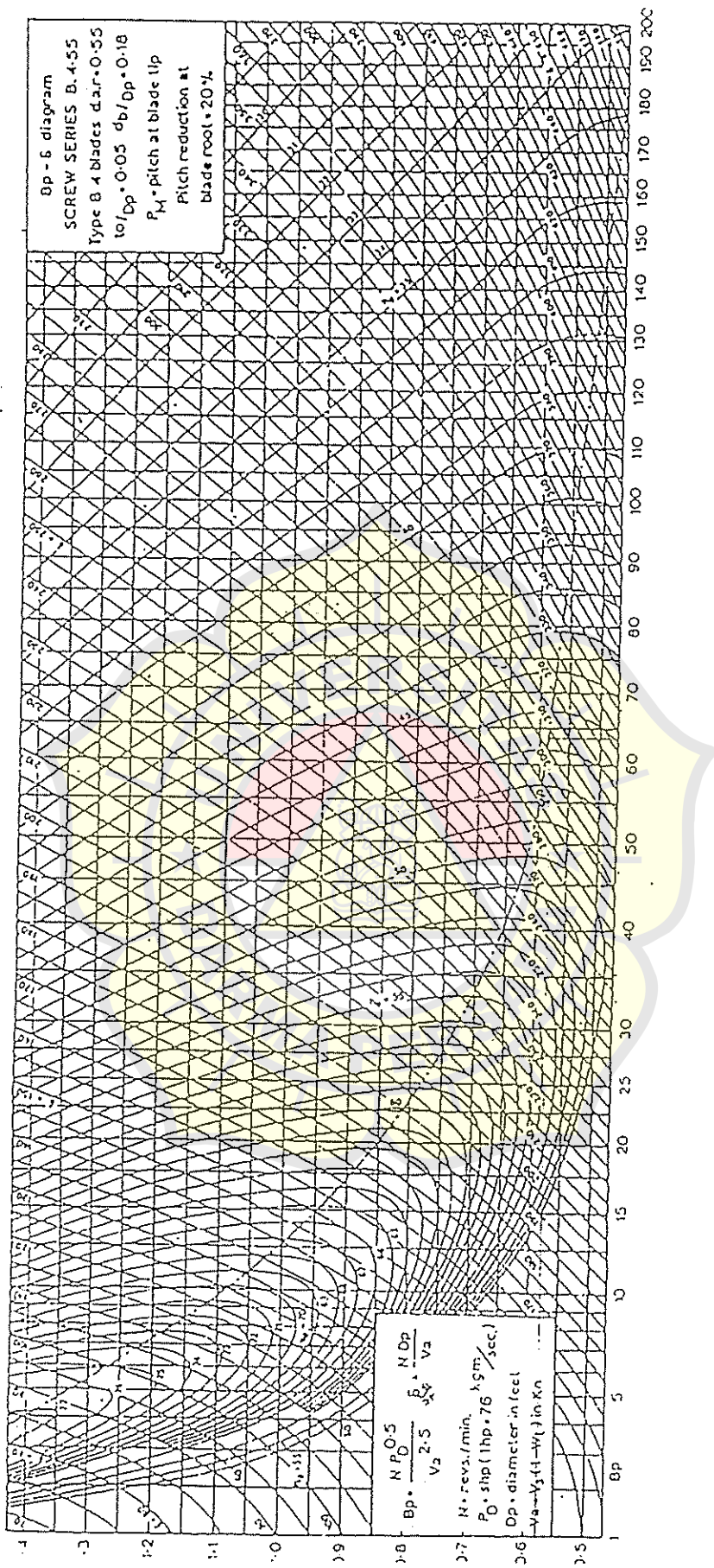


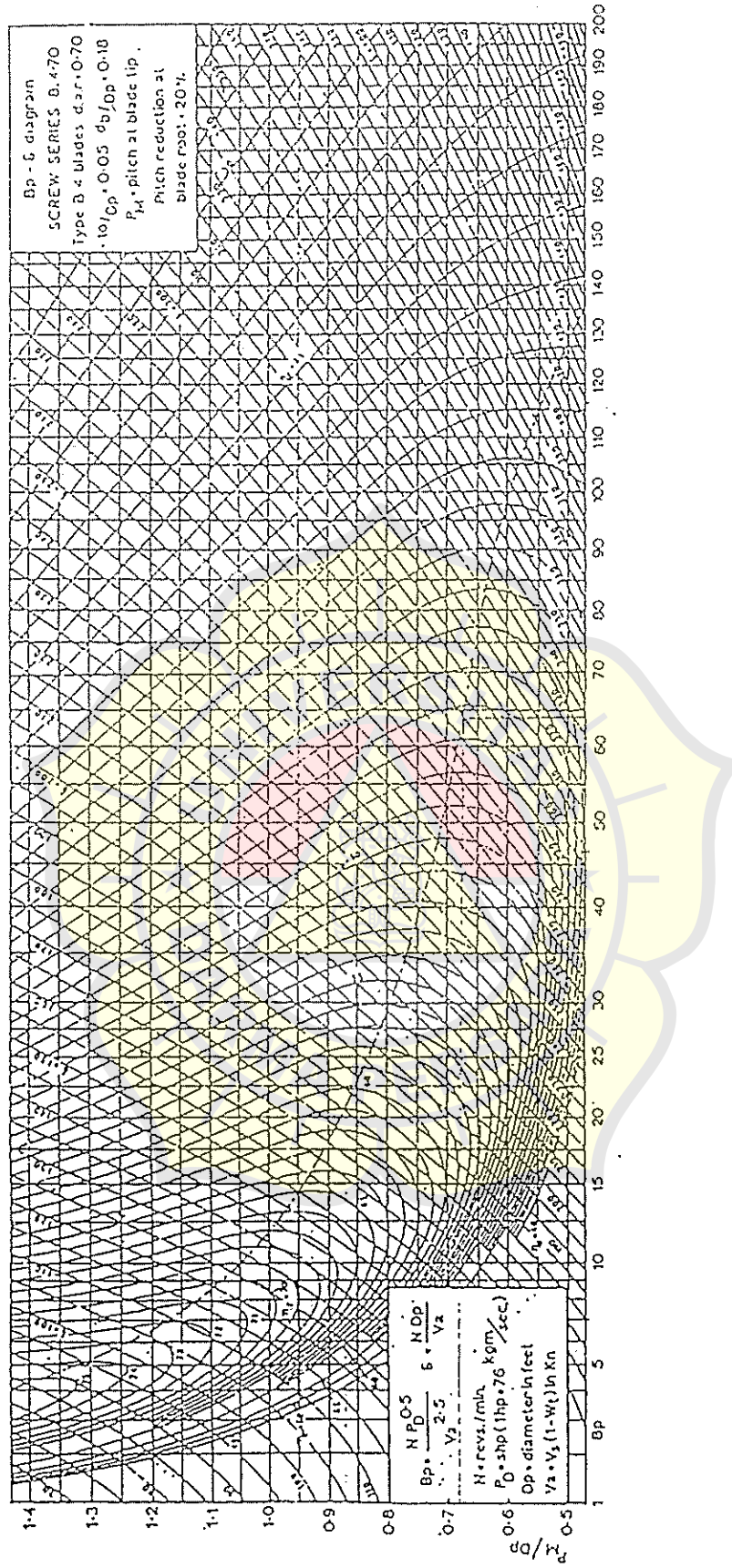
Figure 5.5.14. The frictional resistance coefficient C_f (according to ITTC 1957) as a function of ship length L and speed V .

Lampiran 10. Diagram Bp - δ Series B4-40





Lampiran 12. Diagram Bp - δ Series B4-70



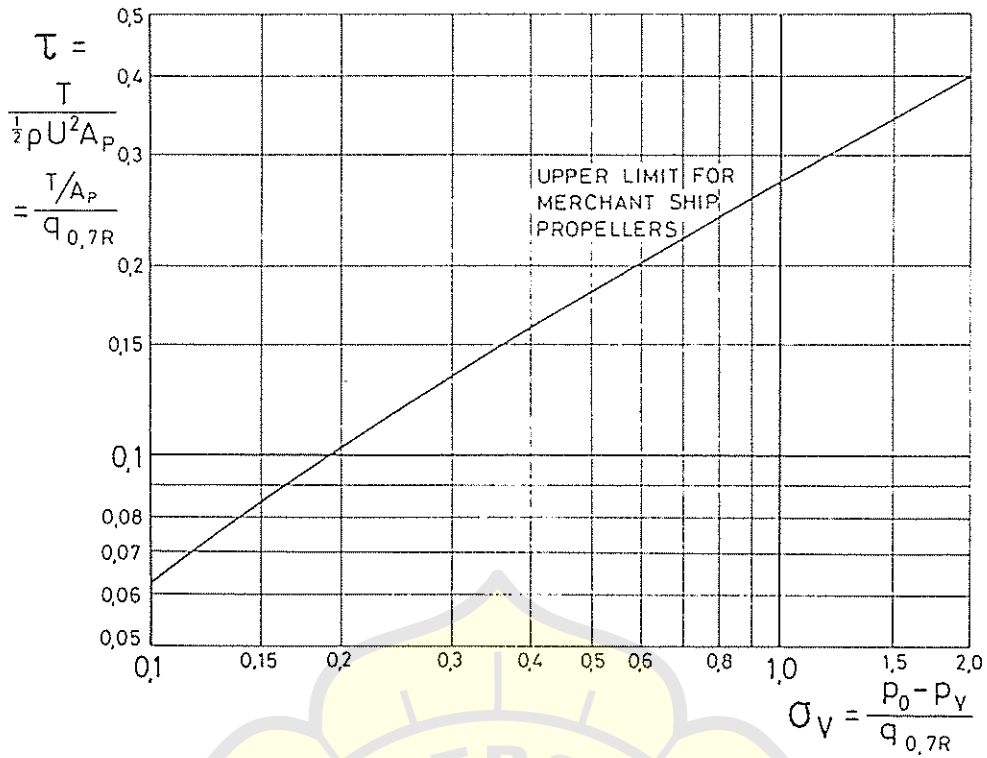


Figure 6.6.8. Cavitation diagram (Burrill).

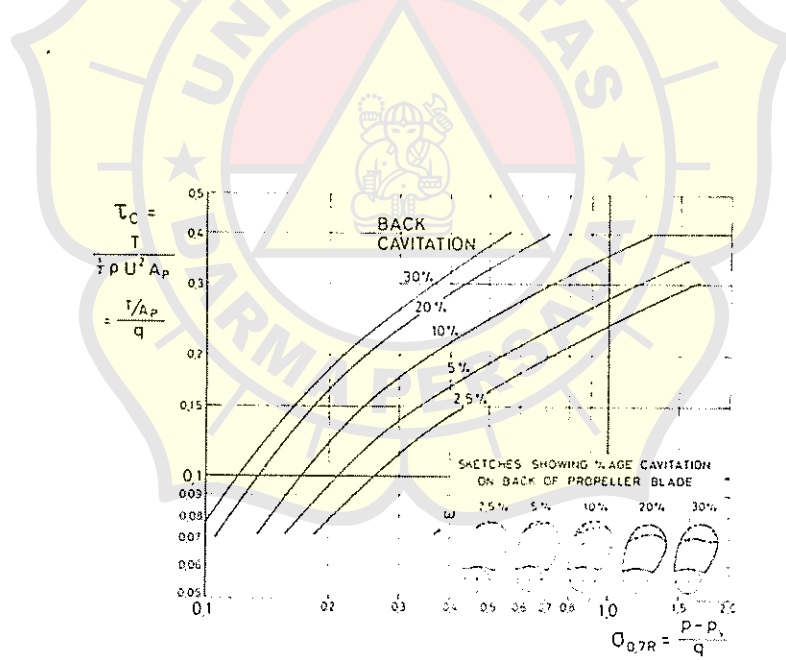
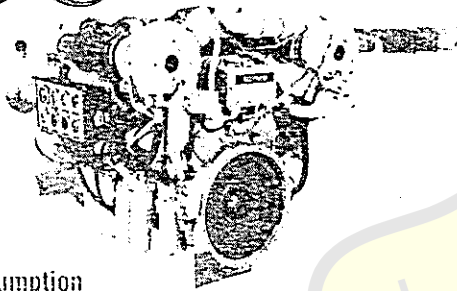
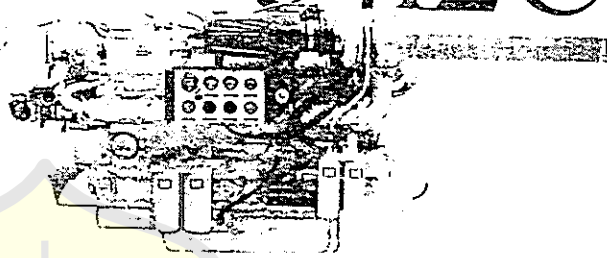


Figure 6.6.9. Cavitation diagram for a series four-bladed merchant ship propeller models.

3408C



3412C



3408C Ratings and Fuel Consumption

LE	LkW	mhp	Asp.	rpm	U.S. gph	L/h
350	261	355	TA	1250	17.9	67.7
375	280	380	TA	1300	19.0	72.1
400	294	400	TA	1350	20.5	77.5
425	309	408	TA	1800	20.9	79.3
455	329	461	TA	1800	23.0	87.0
475	350	477	TA	1800	24.4	92.5
480	358	487	TA	1800	24.3	91.8
510	380	517	TA	2100	27.5	104.1
515	384	522	TA	2100	27.3	103.3
525	399	542	TA	2100	28.9	109.4
540	403	548	TA	2100	28.8	108.9
570	425	578	TA	2100	30.7	116.1
585	436	593	TA	2100	32.1	121.4
600	448	608	TTA	2300	31.0	117.2
700	522	710	TTA	2300	35.9	135.9
800	597	811	TTA	2300	40.6	154.0

LE = 100% SAE standards. Fuel use reflecting ISO standards is typically 2-3% less. Consult your Cat representative for details.

3412C Ratings and Fuel Consumption

LE	bhp	bkW	mhp	Asp.	rpm	U.S. gph	L/h
A	425	317	431	TA	1200	21.1	80.0
B	475	354	481	TA	1200	23.5	88.8
A	503	375	510	T	1800	25.8	97.6
B	540	403	548	T	1800	27.6	104.4
C	540	403	548	T	1800	27.6	104.4
A	600	448	608	T	1800	31.6	119.5
B	615	459	624	T	1800	32.4	122.8
A	634	465	633	TA	1800	31.3	118.6
C	635	474	644	T	1800	33.7	127.7
A	650	485	659	TA	1800	32.5	123.0
B	671	500	680	TA	1800	33.7	127.6
B	720	537	730	TA	1800	36.1	136.6
C	764	570	775	TA	2100	40.9	155.0
C	825	615	837	TTA	2100	40.3	152.5
C	850	634	862	TTA	2300	43.1	163.0
D	900	671	913	TTA	2100	43.9	166.3
E	1000	746	1014	TTA	2100	48.7	184.5
D	1050	783	1065	TTA	2300	53.6	202.8
E	1300	970	1318	TA	2300	67.9	257.1

Fuel use reflects SAE standards. Fuel use reflecting ISO standards is typically 2-3% less. Consult your Cat representative for details.

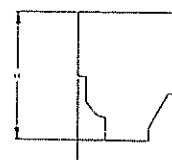
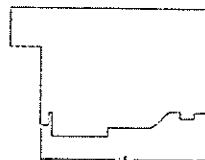
	LE in/mm	H in/mm	WE in/mm
min.	58.0/1468	52.0/1326	52.3/1328
max.	58.3/1481	54.7/1390	53.0/1354



3408C 4-Stroke-Cycle Diesel

Bore X Stroke	5.4 x 6.0 in	137 x 152 mm
Displacement	1099 cu in	18.0 liter
Rotation (from flywheel end)	Counterclockwise	
Engine dry weight (approx)	3645-4000 lb	1657-1818 kg

	LE in/mm	H in/mm	WE in/mm
min.	71.0/1808	52.0/1352	53.0/1354
max.	71.7/1822	63.8/1621	56.9/144



3412C V12, 4-Stroke-Cycle Diesel

Bore X Stroke	5.4 x 6.0 in	137 x 152 mm
Displacement	1649 cu in	27.0 liter
Rotation (from flywheel end)	Counterclockwise	
Engine dry weight (approx)	5100-5420 lb	2313-2459 kg