

BAB IV ANALISA DATA

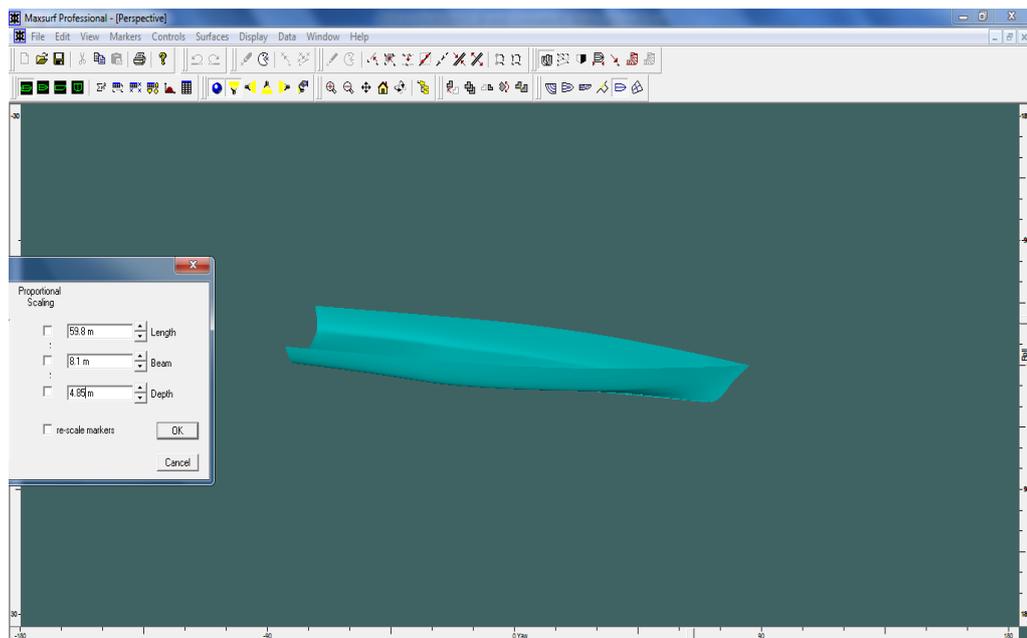
4.1 Pengumpulan data

Data Kapal Patroli Cepat 60M

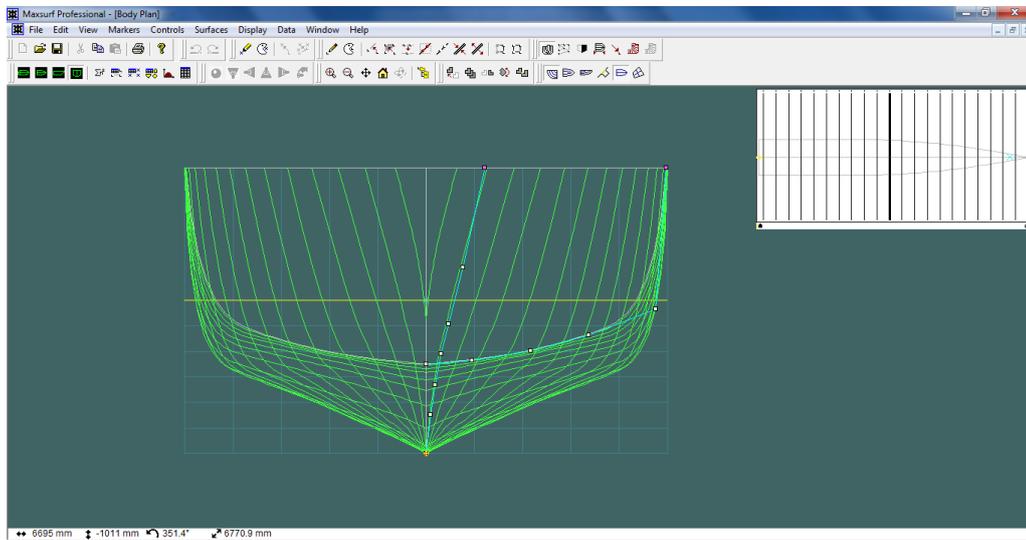
Lpp	:	56.00 meter
Lwl	:	57.03 meter
B	:	8.10 meter
H	:	4.85 meter
T	:	2.60 meter
Cb	:	0.39
Cbwl	:	0.38
Vs	:	28.00 knots 14.40 m/s

4.2 Pemodelan Maxsurf

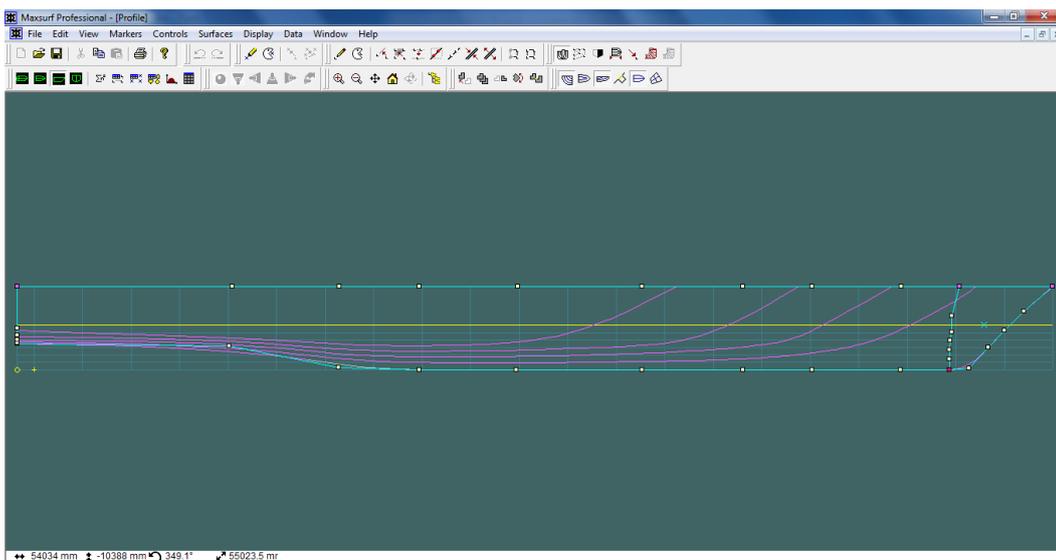
Maxsurf Pro adalah suatu program untuk menganalisa perhitungan rancangan desain kapal yang digunakan oleh Marine Engineer untuk membuat model kapal. Program ini bertujuan untuk membentuk lambung kapal, yang akan dapat dipergunakan untuk menganalisa segala hal yang berkaitan dengan badan kapal baik bentuk 2 dimensi maupun 3 dimensi.



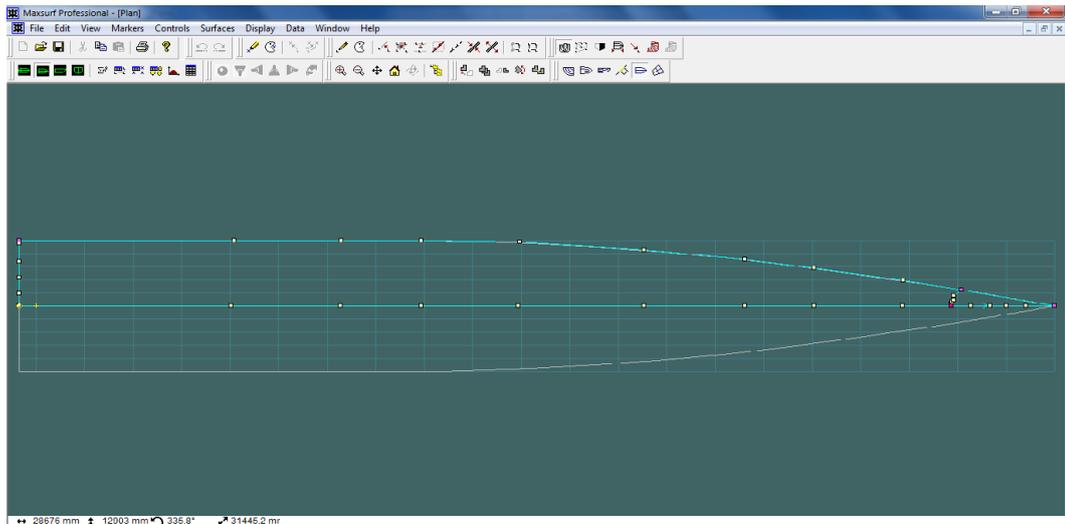
Gambar 4.1 : Model kapal patroli cepat menggunakan maxsurf



Gambar 4.2 : Model Body Plan

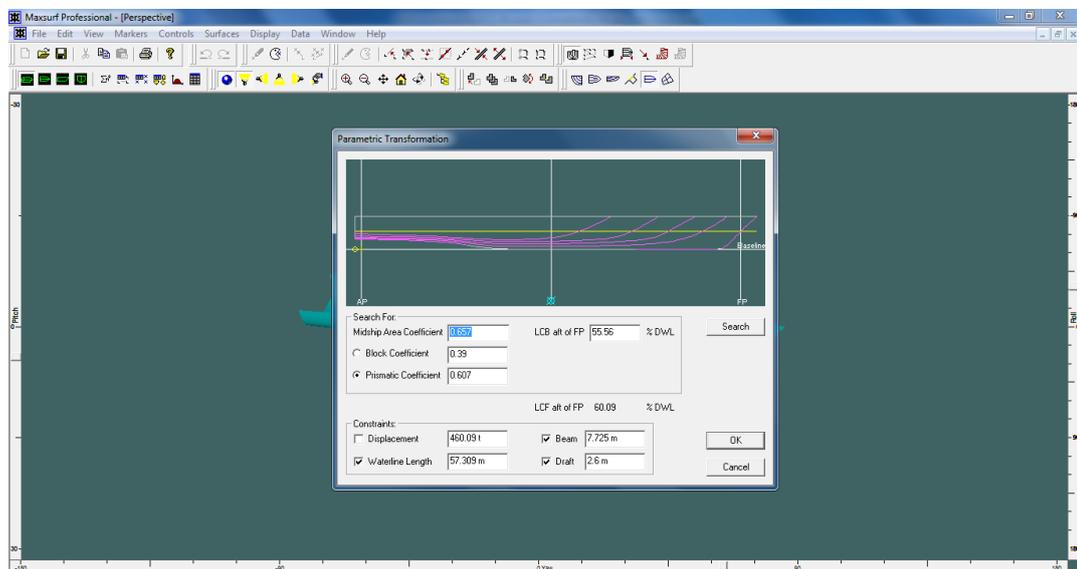


Gambar 4.3: Model Profile dari tampak samping



Gambar 4.4 : Model plan dari tampak atas

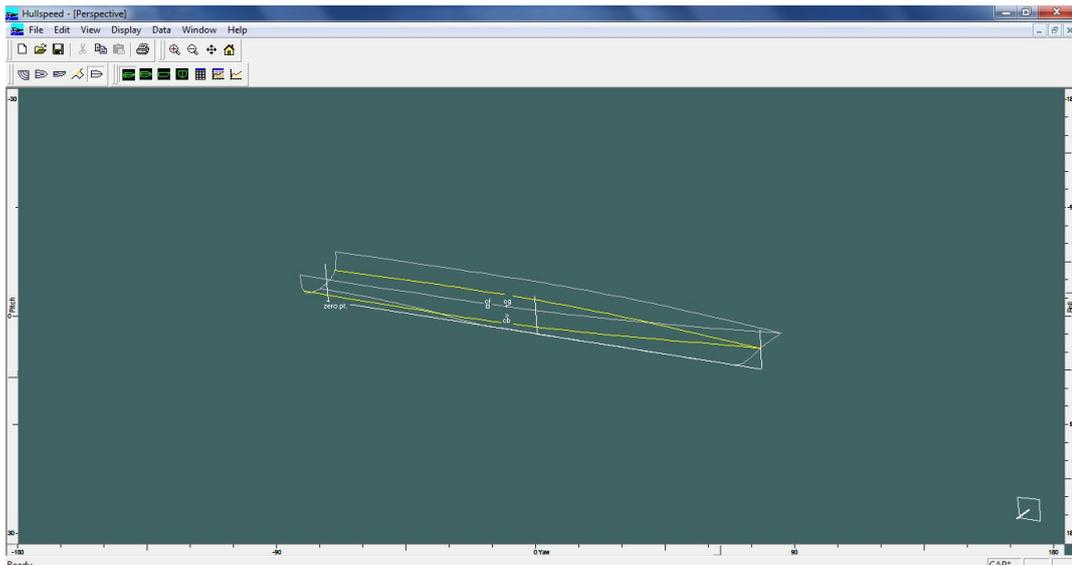
Sehingga didapat hasil C_b : 0,39 dan displacement 460 kN dengan mendekati hasil data dari dimensi utama kapal patroli cepat 60M sebagai acuan membuat model baru dari maxsurf. Hasil data tranformasi parametik sebagai gambar berikut :



Gambar 4.5 : Hasil tranformasi parametik

4.3 Running data dari maxsurf ke Hull Speed

Hull Speed adalah software yang diperuntungkan menganalisa hambatan dan power suatu kapal untuk beberapa kondisi kecepatan. Hasil yang pemodelan dari maxsurf di masukan kedalam aplikasi Hull Speed untuk mengetahui hasil tahanan dan power secara otomatis.



Gambar 4.6 : Model dari maxsurf dimasukkan ke Hull Speed

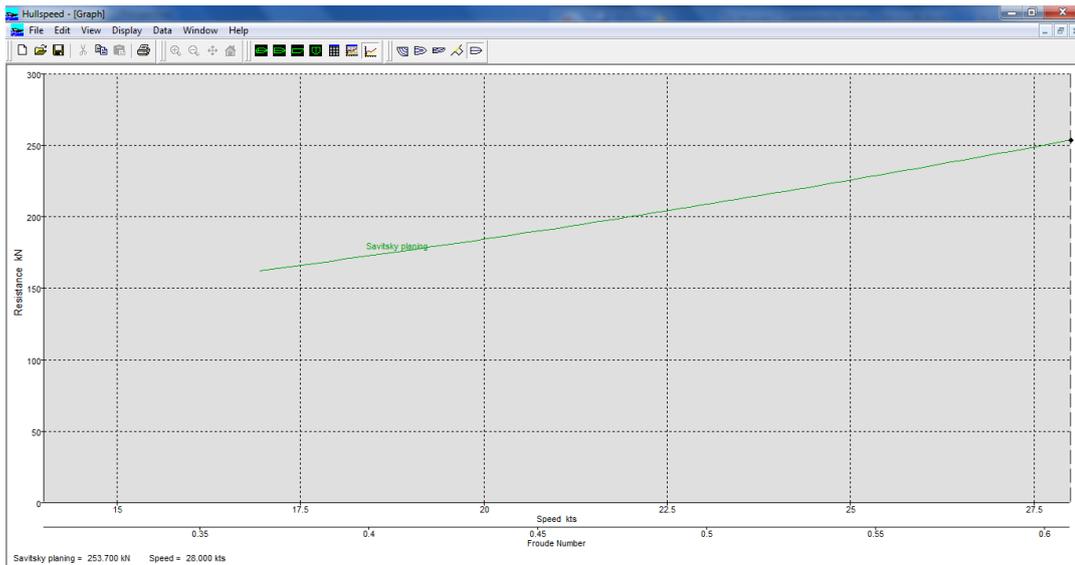
Dengan menggunakan perbandingan antara metode Holtrop dan Savitsky, demi mencapai hasil yang mendekati dengan data sebagai berikut :

Vs : 28 knot
Effisiensi : 60 %

4.4 Perhitungan Daya Mesin

4.4.1 Perhitungan Daya Mesin yang diperoleh dari Tahanan Kapal pada Model Maxsurf menggunakan Hull Speed

Perhitungan Daya Mesin yang diperoleh dari hasil result Hull Speed di masukan sebagai perhitungan tahanan yang digunakan sebagai gambar berikut :



Gambar 4.7 : Grafik Tahanan metode savitsky dari Hull speed

Penggunaan metode savitsky dikarenakan kapal patroli hanya mengandalkan kecepatan tidak untuk kapal yang berfungsi sebagai kapal muat atau penumpang. Sehingga hasil result tahanan dan power pada metode savitsky didapatkan sebagai berikut :

	Speed (kts)	Savitsky Resist. (kN)	Savitsky Power (kW)
2	18.25	171.45	2682.84
3	18.5	173.24	2748
4	18.75	175.05	2814.22
5	19	176.88	2881.51
6	19.25	178.72	2949.87
7	19.5	180.59	3019.32
8	19.75	182.47	3089.87
9	20	184.37	3161.53
10	20.25	186.28	3234.3
11	20.5	188.21	3308.2
12	20.75	190.16	3383.24
13	21	192.13	3459.42
14	21.25	194.11	3536.75
15	21.5	196.12	3615.25
16	21.75	198.13	3694.91
17	22	200.17	3775.76
18	22.25	202.22	3857.8
19	22.5	204.29	3941.03
20	22.75	206.37	4025.47
21	23	208.47	4111.12
22	23.25	210.59	4197.99
23	23.5	212.72	4286.1
24	23.75	214.87	4375.44
25	24	217.03	4466.03
26	24.25	219.21	4557.87
27	24.5	221.41	4650.97
28	24.75	223.62	4745.34
29	25	225.84	4840.98
30	25.25	228.08	4937.89
31	25.5	230.34	5036.11
32	25.75	232.61	5135.62
33	26	234.9	5236.44
34	26.25	237.2	5338.57
35	26.5	239.51	5442.02
36	26.75	241.84	5546.79
37	27	244.19	5652.89
38	27.25	246.54	5760.32
39	27.5	248.92	5869.09
40	27.75	251.54	5984.91
41	28	253.7	6090.69

Tabel 4.1: Hasil result tahanan kapal dari Hull speed

Untuk mempermudah dalam perhitungan tahanan kapal digunakan software *Hull Speed* sehingga tahanan kapal yang didapatkan dari metode Savitsky RT = 253.7 KN.

Dalam hal ini tahanan total masih dalam pelayaran percobaan, untuk kondisi rata-rata pelayaran dinas harus diberikan kelonggaran tambahan pada tahanan dan daya efektif. Kelonggaran rata-rata untuk pelayaran dinas disebut sea margin/service margin. Untuk rute pelayaran Laut di daerah Asia Tenggara (perairan indonesia) sea marginnya adalah sebesar 10-15%.

Diambil sea margin 1+15%, maka :

$$\begin{aligned}
 \text{RT dinas} &= (1+15\%) \times \text{RT} \\
 &= 291.755 \text{ KN}
 \end{aligned}$$

4.4.2 Perhitungan Daya efektif Kapal (EHP)

Daya Efektif atau EHP adalah daya yang diperlukan untuk menggerakkan kapal di air atau untuk menarik kapal kecepatan V . Perhitungan daya efektif kapal (EHP) menurut buku *Harvard, Tahanan Dan Propulsi Kapal*, 6.2.1 hal 135 sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{EHP} &= RT \text{ dinas} \times V_s \\ &= 4202.53 \text{ KW} (5635.69 \text{ HP}) \end{aligned}$$

4.4.3 Menghitung Daya Pada Tabung Poros Baling-Baling (DHP)

Adalah daya yang diserap oleh propeller dari sistem perporosan atau daya yang dihantarkan oleh sistem perporosan ke propeller untuk diubah menjadi daya dorong (thrust).

$$\begin{aligned} \text{DHP} &= \text{EHP}/P_c \\ \text{Dimana, } P_c &= \eta_H \times \eta_{rr} \times \eta_o \end{aligned}$$

a. Effisiensi lambung (η_H)

$$\eta_H = (1-t)(1-w)$$

- Menghitung Wake Friction (w)

Wake friction atau arus ikut merupakan perbandingan antara kecepatan kapal dengan air yang menuju propeller. Dengan menggunakan rumus yang diberikan oleh Taylor, maka didapat :

$$w = 0,5C_b - 0,05 \text{ (Resistance, Propulsion and Steering Ships, Van Lammeren)}$$

$$w = 0.145$$

- Menghitung Thrust Deduction Factor (t)

Nilai t dapat dicari dari nilai w yang telah diketahui yaitu

$$t = k \times w \quad \text{nilai } k \text{ antara } 0.7-0.9 \text{ dan diambil nilai } k = 0.9$$

$$t = 0.131 \quad \text{(PNA hal 158)}$$

$$\text{maka, } \eta_H = (1-t)(1-w)$$

$$= 1.017 \text{ (Tahanan dan Propulsi Kapal, hal 136)}$$

b. Efisiensi Relatif Rotatif

Harga η_{rr} untuk kapal dengan propeller tipe twin screw berkisar 0,99 pada perencanaan propeller dan tabung poros propeller ini diambil harga

$$\eta_{rr} = 0,99$$

c. Koefisien propulsif (P_c)

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

$$P_c = 0.06041$$

Maka, daya pada tabung poros baling-baling dihitung dari perbandingan antara daya efektif dengan koefisien propulsif, yaitu:

$$DHP = EHP/P_c$$

$$DHP = 6956.98 \text{ KW (9329.47 Hp)}$$

$$THP = EHP/\eta_H$$

$$THP = 4132.45 \text{ KW (5541.70 Hp)}$$

4.4.4 Menghitung Daya Pada Poros Baling-Baling (SHP)

Untuk kapal yang kamar mesinnya terletak dibagian belakang akan mengalami proses sebesar 2%, sedangkan kapal yang kamar mesinnya pada daerah midship kapal mengalami lossest sebesar 3%. (*PNA hal131*)

$$SHP = DHP/\eta_{\sigma b}$$

$$(\eta_{\sigma b}/\text{Efisiensi shaft transmisi } 0.98)$$

$$SHP = 7098.96 \text{ KW (9519.86 Hp)}$$

4.4.5 Menghitung Daya Penggerak Utama Yang Diperlukan

a. BHP scr

$$\text{BHP scr} = \text{SHP} / \eta_G \quad \eta_G = 0.98 \text{ (Menggunakan reduction gear)}$$

$$\text{BHP scr} = 7243.84 \text{ KW (9714.15 Hp)}$$

b. BHP mcr

Daya keluaran pada kondisi maksimum dari motor induk, dimana besarnya 100%

$$\text{BHP mcr} = \text{BHP scr} / 100\%$$

$$\text{BHP mcr} = 7243.84 \text{ KW (9714.15 Hp)}$$

Sehingga, Untuk Daya mesin untuk propeller pada 3 mesin dicapai 2414 KW dengan penambahan 15% dari batas sea margin.

4.5 Penentuan Mesin dan Gear Box

Pada perhitungan daya mesin yang didapatkan 2414 KW, untuk mencapai hasil maksimal maka diambil daya dari tipe mesin yang mendekati di atasnya dan dipilih mesin MTU 12V 4000 M93L dengan daya max 2580 Kw.

4.5.1 Tipe Mesin Yang Dipilih

Jenis = MTU
 Type = 12V 4000 M93L
 Cycle = 4-Stroke
 Daya Max = 2580 KW (3460 Hp)
 Jmlh. Silinder = 12
 RPM = 2100
 Bore = 170 mm
 Stroke = 190 mm

Diesel engines for fast vessels with low load factors

Series 4000

Average load: $\leq 60\%$ of rated power
 Rated power: 2040 kW - 3440 kW

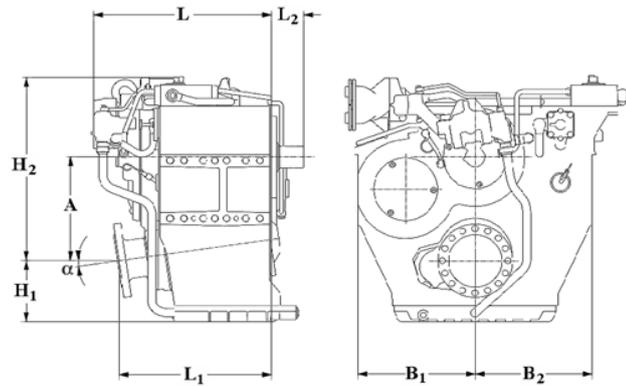


Engine model	12V 4000 M90	12V 4000 M93	12V 4000 M93L	16V 4000 M90	16V 4000 M93	16V 4000 M93L
Rated power ICFN	2040 (2736)	2340 (3140)	2580 (3460)	2720 (3648)	3120 (4185)	3440 (4615)
Speed	2100	2100	2100	2100	2100	2100
Exhaust optimization	IMO I	IMO II/ EPA 2	IMO II/ EPA 2	IMO I	IMO II/ EPA 2	IMO II/ EPA 2
Fuel consumption at rated power	209	216	217	209	224	230
	513.7 (135.7)	609.0 (160.8)	674.5 (178.1)	685 (181)	847.0 (222.3)	953.3 (251.9)
Optimum value	195	205	205	197	205	205
Dimensions and masses - engine						
Length (L)	2835 (111.6)	2870 (113)	2870 (113)	3380 (133.1)	3510 (138.2)	3510 (138.2)
Width (W)	1520 (59.8)	1850 (72.8)	1850 (72.8)	1520 (59.8)	1850 (72.8)	1850 (72.8)
Height (H)	1835 (72.2)	2185 (86)	2185 (86)	1835 (72.2)	2185 (86)	2185 (86)
Mass, dry	6800 (14991)	8460 (18651)	8460 (18651)	8030 (17703)	9690 (21803)	9690 (21803)
Dimensions and masses - with gearbox						
Gearbox model standard	on request	ZF 7600	ZF 7600	on request	ZF 9000	ZF 9050
Gearbox model alternative	please contact your MTU dealer	on request	on request	please contact your MTU dealer	on request	on request
Length (L)		3910 (153.9)	3910 (153.9)		4930 (194.1)	4930 (194.1)
Width (W)		1850 (72.8)	1850 (72.8)		1850 (72.8)	1850 (72.8)
Height (H)		2340 (88.2)	2240 (88.2)		2345 (92.3)	2345 (92.3)
Mass, dry		9880 (21627)	9880 (21627)		11380 (25088)	11380 (25088)
Engine main data						
No. of cylinders	12	12	12	16	16	16
Bore/stroke	165/190 (6.5/7.5)	170/190 (6.7/7.5)	170/190 (6.7/7.5)	165/190 (6.5/7.5)	170/190 (6.7/7.5)	170/190 (6.7/7.5)
Displacement, total	48.7 (2973)	51.7 (3153)	51.7 (3153)	65.0 (3967)	69.0 (4211)	69.0 (4211)
Classification, restricted service	X	X	X	X	X	X

Gambar 4.8 Spesifikasi MTU Engine 12V 4000 M93L

4.5.2 Tipe Gear Box Yang Dipilih

Tipe Gear Box didapatkan dari pemilihan mesin diatas sehingga digunakan Gear Box Tipe ZF 7600. Dengan Spesifikasi dan dimensi sebagai berikut :

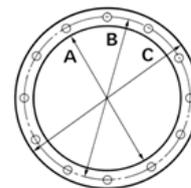


mm (inches)										
Angle	A	B ₁	B ₂	H ₁	H ₂	L	L ₁	L ₂	L ₃	Bell Hsg.
8.0	448 (17.6)	500 (19.7)	500 (19.7)	263 (10.4)	868 (34.2)	760 (29.9)	653 (25.7)	138 (5.41)	-	00
Weight kg (lb)						Oil Capacity Litre (US qt)				
1125 (2475)						75.0 (79.5)				

mm (inches)										
Angle	A	B ₁	B ₂	H ₁	H ₂	L	L ₁	L ₂	L ₃	Bell Hsg.
8.0	448 (17.6)	500 (19.7)	500 (19.7)	263 (10.4)	868 (34.2)	760 (29.9)	653 (25.7)	138 (5.41)	-	00
Weight kg (lb)						Oil Capacity Litre (US qt)				
1125 (2475)						75.0 (79.5)				

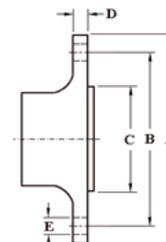
SAE Bell Housing Dimensions

SAE No.	A		B		C		Bolt Holes		
	mm	in	mm	in	mm	in	No.	Diameter	
00	787.4	31	850.9	33.5	882.65	34.75	16	13.49	17/32



Output Coupling Dimensions

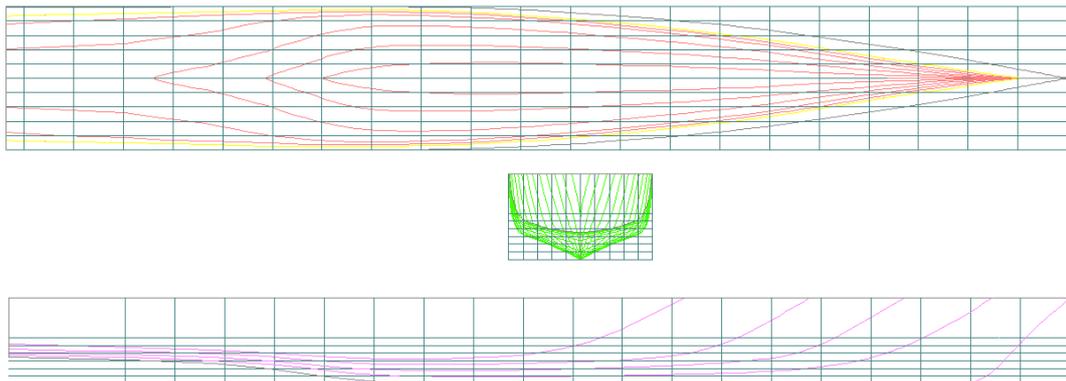
A		B		C		D		Bolt Holes		
mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	No.	Diameter (E)	
320	12.6	280	11.0	230	9.06	30.0	1.18	16	24.2	0.95



Gambar 4.9 : Dimensi dan spesifikasi Gearbox ZF 7600

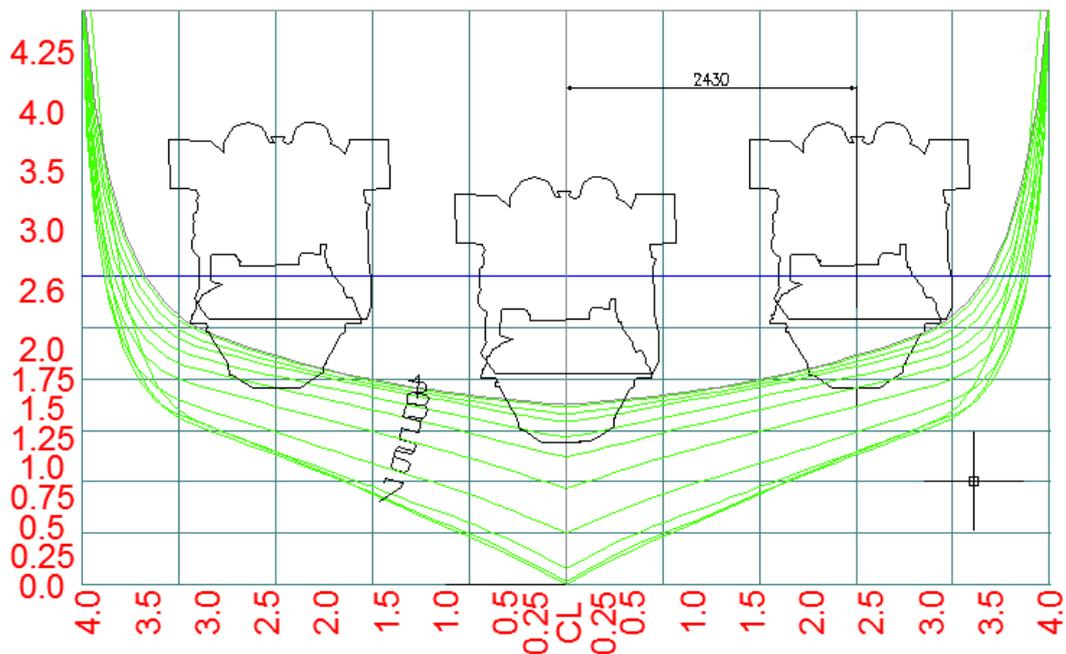
4.6 Penentuan Tata Letak Mesin

Pada penempatan 3 mesin yang sudah dijelaskan pemodelan pada maxsurf di export kedalam software Auto-CAD dengan menggunakan perbandingan 1:1 sehingga didapat gambar sebagai berikut :

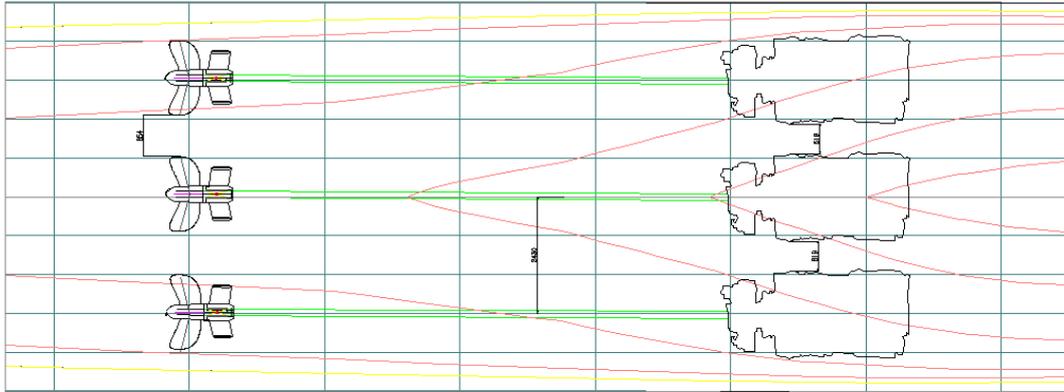


Gambar 4.10 : Hasil Export dari model maxsurf ke dalam Auto-CAD

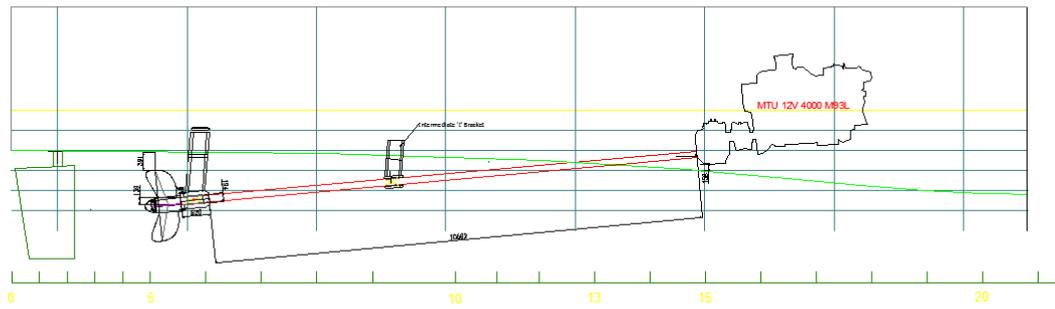
Penempatan mesin disesuaikan dimensi dari mesin MTU 12V 4000 M93L dengan jarak pada setiap mesin sekitar 600mm agar dalam pengoperasian untuk orang bisa lewat dicelah antara 3 mesin. Pemodelan outline 3 mesin sebagai berikut :



Gambar 4.11: Penempatan 3 mesin pada posisi Body Plan



Gambar 4.12 : Penempatan 3 mesin pada posisi dari atas



Gambar 4.13 : Penempatan 3 mesin pada posisi dari samping

4.7 Perhitungan Pemilihan Propeller

Dimensi Utama Kapal

Lpp	:	56.00 meter
Lwl	:	57.03 meter
B	:	8.10 meter
H	:	4.85 meter
T	:	2.60 meter
Cb	:	0.39
Cbwl	:	0.38
Vs	:	28.00 knots
		14.40 m/s

Perencanaan

Diameter propeller (Db) = 1.326 m (4.349 feet)

Diameter propeller maksimum (Dmax) = 1.8 m (5.971 feet)

Langkah pengerjaan :

Untuk menjelaskan langkah pengerjaan/pemilihan propeller dalam hal ini diambil perhitungan propeller antara jenis B4 –100 dan B5 -105

4.7.1 Perhitungan perkiraan daya mesin dengan mengasumsikan η propeller = 0.6

BHP (MCR)	=	7243.84 kW
w	=	0.145
t	=	0.131

Va	=	(1 - w) Vs	
	=	<table border="1"><tr><td>23.94</td></tr></table> knot	23.94
23.94			
	=	<table border="1"><tr><td>12.32</td></tr></table> m/s	12.32
12.32			

Daya mesin yang diketahui melalui perhitungan BHP mcr dengan 2414 kW maka dipilih pada mesin MTU 12V 4000M93L dengan power 2580 kW dan putaran propeller 2100 Rpm.

4.7.2 Menghitung BP

$$BP = \frac{N \times P^{0.5}}{V_a^{2.5}} \quad (\text{Tahanan dan Propulsi kapal, hal 145})$$

Dimana : N = putaran propeller = putaran mesin/ rasio gearbox
P = SHP Mesin

Untuk penggunaan gearbox pembalik arah putaran mesin,

Putaran mesin = 2100 RPM

Gearbox Ratio = 1 : 2.957

ZF 7600 A Ratings

Medium Duty

RATIOS	MAX. TORQUE		POWER/RPM		MAXIMUM RATED POWER						MAX. RPM
	Nm	ftlb	kW	hp	1600 rpm		1800 rpm		2000 rpm		
1.486*, 2.033*, 2.250*, 2.538, 2.957	11800	8703	1.2356	1.6570	1977	2651	2224	2983	2471	3314	2300
3.286*	9510	7014	0.9958	1.3354	1593	2137	1792	2404	1992	2671	2300
3.450*	8700	6417	0.9110	1.2217	1458	1955	1640	2199	1822	2443	2300

Tabel 4.2 : Rasio pada Gearbox ZF 7600

Putaran propeller = putaran mesin/ rasio gearbox
= 710.18 RPM (11.84 RPS)

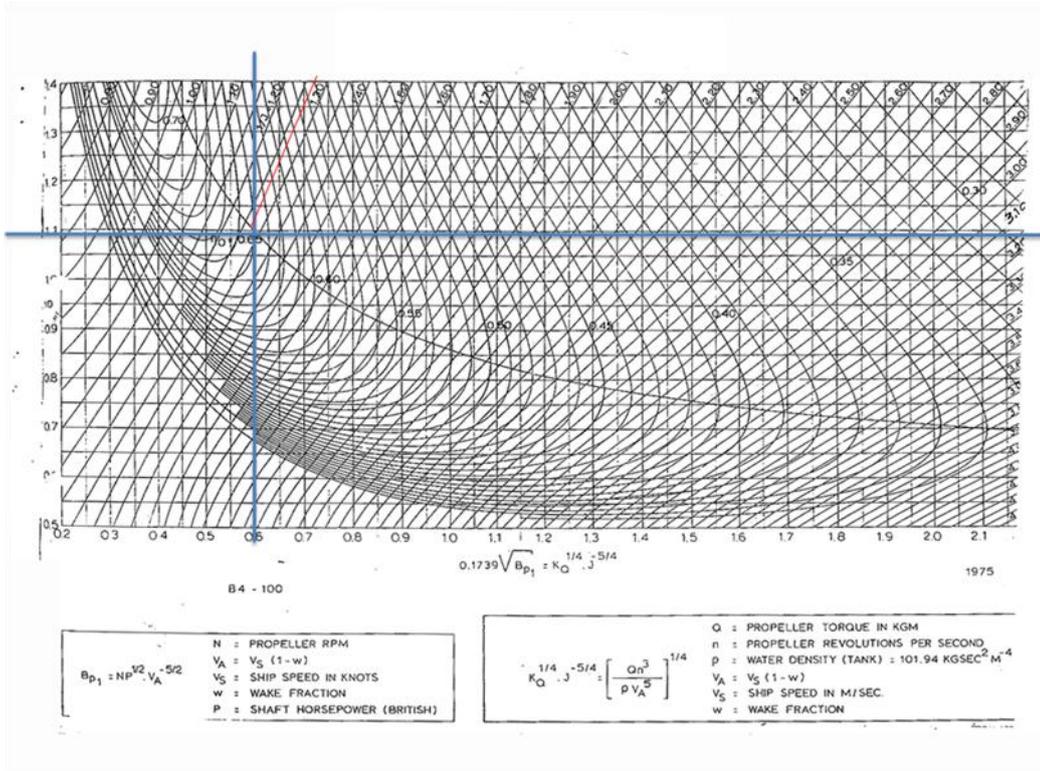
Sehingga, didapatkan

$$BP = \frac{N \times P^{0.5}}{V_a^{2.5}} = 12.196$$

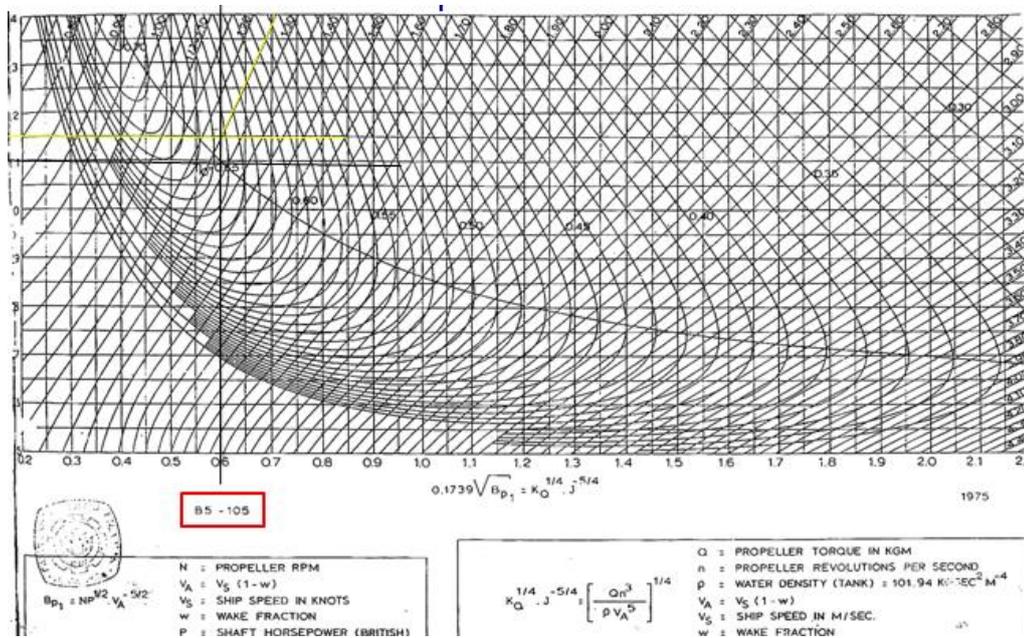
$$0,1739 \cdot \sqrt{Bp} = 0.607$$

4.7.3 Memotongkan nilai $0,1739 \cdot \sqrt{Bp}$ dengan optimum line

Nilai yang diproyeksikan tergantung dari jenis diagram pada propeller BP B4-100 dan B5-105 sebagai perbandingan penentuan kebutuhan epm yang akan dipakai, hal ini untuk memotongkan ke optimum line digunakan nilai Bp1 dan ditarik garis pada nilai 0.6 melintang keatas, sehingga didapatkan nilai P/D 1.09 atau diasumsikan 1.1



Gambar 4.15: Grafik Bp Diagram B4-100



Gambar 4.16: Grafik Bp Diagram B5-105

4.7.4 Mendapatkan nilai δ_o dan D_o

Dari hasil perpotongan Bp dengan optimum line didapatkan nilai B4-100 :

$$1/j = 1.3$$

$$\delta_o = 131.646$$

Dan nilai dari B5-105 :

$$1/j = 1.28$$

$$\delta_o = 129.62$$

diketahui bahwa untuk D_o dengan British unit

$$D_o = \frac{\delta_o \times Va}{N}$$

$$D_o = 4.438 \text{ feet (1.353 m)} \gg \gg \text{ B4-100}$$

$$D_o = 4.469 \text{ feet (1.331 m)} \gg \gg \text{ B5-105}$$

4.7.5 Menghitung D_b

Besarnya D_b tergantung dari jumlah propeller yang dipakai untuk Twin Screw propeller $D_b = 0.98 D_o = 4.348 \text{ feet (1.325 m)}$ pada B4-100 dan $D_o = 4.282 \text{ feet (1.305 m)}$ pada B5-105.

Catatan : dalam hal ini harus diperhitungkan /dipertimbangkan pula diameter propeller yang bisa dipasang.

$$\begin{aligned} \text{Koreksi B4-100 } D_b &= B_b < D_{\max} \\ &= 1.325 < 1.82 \\ &= \text{Terpenuhi} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Koreksi B5-105 } D_b &= B_b < D_{\max} \\ &= 1.305 < 1.82 \\ &= \text{Terpenuhi} \end{aligned}$$

4.7.6 Mendapatkan nilai δ_b

$$\delta_b = \frac{D_b \times N}{Va} = 129.0126582$$

$$1/j = 1.274 \text{ (B4-100)}$$

$$\delta_b = \frac{D_b \times N}{V_a} = 127.0278481$$

$$1/j = 1.254 \text{ (B5-105)}$$

4.7.7 Memotong kembali nilai 1/j di diagram BP1

Dari hasil perpotongan nilai BP yang baru dengan optimum line didapatkan :

(B4-100)	(B5-105)
P/Db = 1.1	P/Db = 1.15
$\eta = 0.65$	$\eta = 0.655$

4.7.8 Menghitung Kavitas Propeller

Perhitungan kavitas ini dilakukan untuk mengecek apakah propeller mengalami kavitas atau tidak . Perhitungan dilakukan dengan menggunakan diagram Burrill.

B4-100		B5-105	
Ae/A0	= 1	Ae/A0	= 1
n (rpm)	= 710.18 rpm	n (rpm)	= 710.18 rpm
n (rps)	= 11.836 rps	n (rps)	= 11.836 rps
D	= 1.33 m	D	= 1.31 m
P/D	= 1.1	P/D	= 1.15
Z	= 4	Z	= 5
T (thrust)	= 220.592 kN	T (thrust)	= 220.592 kN
g	= 9.81 m/s	g	= 9.81 m/s
Va	= 12.32 m/s	Va	= 12.32 m/s
E	= 0.77979 (0,045T+0.5D)	E	= 0.76959 (0,045T+0.5D)
h _{geil} (m)	= 0.4 (0.75%Lpp)	h _{geil} (m)	= 0.42 (0.75%Lpp)
h' (m)	= 2.2402 [(T-E)+h _{geil}]	h' (m)	= 2.25041 [(T-E)+h _{geil}]
T (sarat)	= 2.6 m	T (sarat)	= 2.6 m
Lpp	= 56 m	Lpp	= 56 m

Tabel 4.3 : Hasil parameter antara B4-100 dan B5-105

Perhitungan developed Area dengan rumus

$$\begin{aligned} & \text{B4-100} \\ A_D &= (A_e/A_o) 0.25 \pi D^2 \\ &= 1.3793567 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{B5-105} \\ A_D &= (A_e/A_o) 0.25 \pi D^2 \\ &= 1.3372414 \end{aligned}$$

Perhitungan Project Area Ratio dengan rumus :

$$\begin{aligned} A_p/A_D &= 1.067 - 0.229 P/D \\ &= 0.8151 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_p/A_D &= 1.067 - 0.229 P/D \\ &= 0.80365 \end{aligned}$$

Perhitungan Projected Area dengan rumus :

$$\begin{aligned} A_p &= A_p/A_D \cdot A_D \text{ m}^2 \\ &= 1.1243136 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_p &= A_p/A_D \cdot A_D \text{ m}^2 \\ &= 1.0746741 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Perhitungan Relative Velocity of Water at dengan rumus :

$$\begin{aligned} V_R &= \sqrt{(V_a)^2 + 0.7n \pi D^2} \\ &= 14.051054 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_R &= \sqrt{(V_a)^2 + 0.7n \pi D^2} \\ &= 14.001253 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Perhitungan mean thrust loading in blade dengan rumus :

$$\begin{aligned} \tau_C &= \frac{T/A_p}{(0.5)\rho V_R^2} \\ &= 3.784E-06 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \tau_C &= \frac{T/A_p}{(0.5)\rho V_R^2} \\ &= 3.986E-06 \end{aligned}$$

Perhitungan Local Cavitation Number at 0.7 radius dengan rumus :

$$\begin{aligned} \sigma_{0,7R} &= \frac{1,882 + 19,62 h'}{V a^2 + 4,836 \times n^2 \times D^2} \\ &= 0.03414995 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{0,7R} &= \frac{1,882 + 19,62 h'}{V a^2 + 4,836 \times n^2 \times D^2} \\ &= 0.03525375 \end{aligned}$$

Besarnya cavitasi number 5% dengan diagram burril yaitu :

$$y = 0.452x^3 + 0.012x^3 + 0.0435x - 0.574$$

$$\text{dimana, } y = \sigma$$

$$x = \log \sigma_{0,7R}$$

$$a = 0.452$$

$$b = 0.012$$

$$c = 0.0435$$

$$d = -0.574$$

Sehingga, dapat dihitung :

(B4-100)

$$\begin{aligned}x &= \log \sigma_{0,7R} \\ &= \log (0.034) \\ &= -1.466\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}y &= 0.452x^3 + 0.012x^3 + 0.0435x - 0.574 \\ &= 0.452(-1.46^3) + 0.012(-1.46^3) + 0.0435x(-1.46) - 0.574 \\ &= -2.1\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\tau_C &= 10^y \\ &= 10^{(-2.1)} \\ &= 0.007\end{aligned}$$

$$\tau_C' = 3.784E-06 \times 1000 = 0.0037$$

selanjutnya , $\tau_C > \tau_C' = 0.007 > 0.0037$ (Tidak terjadi kavitasi)

(B5-105)

$$\begin{aligned}x &= \log \sigma_{0,7R} \\ &= \log (0.035) \\ &= -1.452\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}y &= 0.452x^3 + 0.012x^3 + 0.0435x - 0.574 \\ &= 0.452(-1.45^3) + 0.012(-1.45^3) + 0.0435x(-1.45) - 0.574 \\ &= -2.05\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\tau_C &= 10^y \\ &= 10^{(-2.05)} \\ &= 0.008\end{aligned}$$

$$\tau_C' = 3.986E-06 \times 1000 = 0.0039$$

selanjutnya , $\tau_C > \tau_C' = 0.008 > 0.0039$ (Tidak terjadi kavitasi)

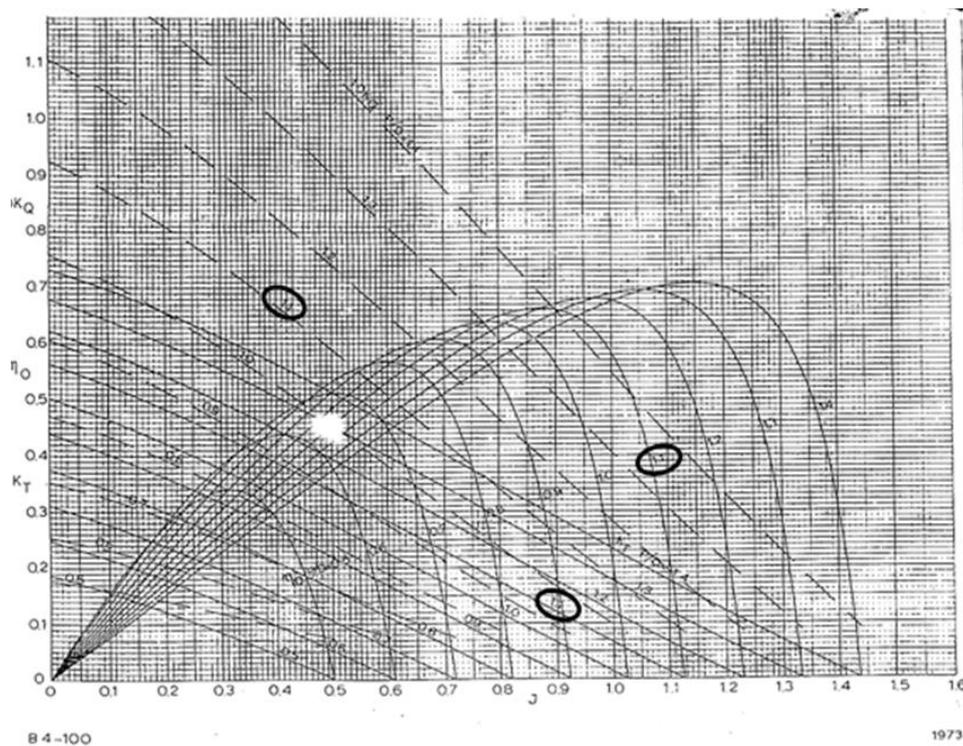
4.8 Perhitungan Engine Propeller Matching

Dari perhitungan tahanan dan daya mesin diperoleh data sebagai berikut :

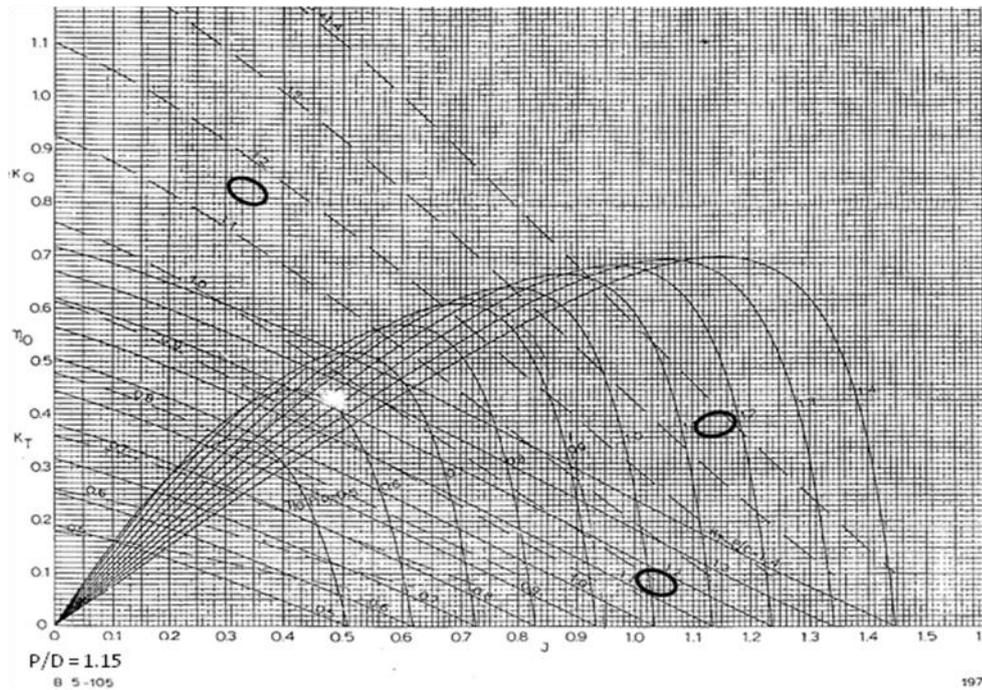
$R_{t\text{clean}}$	= 253.7 KN
$R_{t\text{servis}}$	= 291.75 KN
V_s	= 28 knot
V_a	= 12.316 m/s
w	= 0.145
t	= 0.1305
ρ	= 1025 ton/m ³

4.8.2 Mencari KQ KT J

Dengan diketahui P/D 1.1 maka dibuat grafik pada perpotongan J dan nilai KT KQ dan effisien pada P/D 1.1



Gambar 4.17 : Grafik KT KQ J B4-100



Gambar 4.18 : Grafik KT KQ J B5-105

Maka dapat diketahui nilai perpotongan pada P/D dan KT KQ dan efisiensi sebagai berikut :

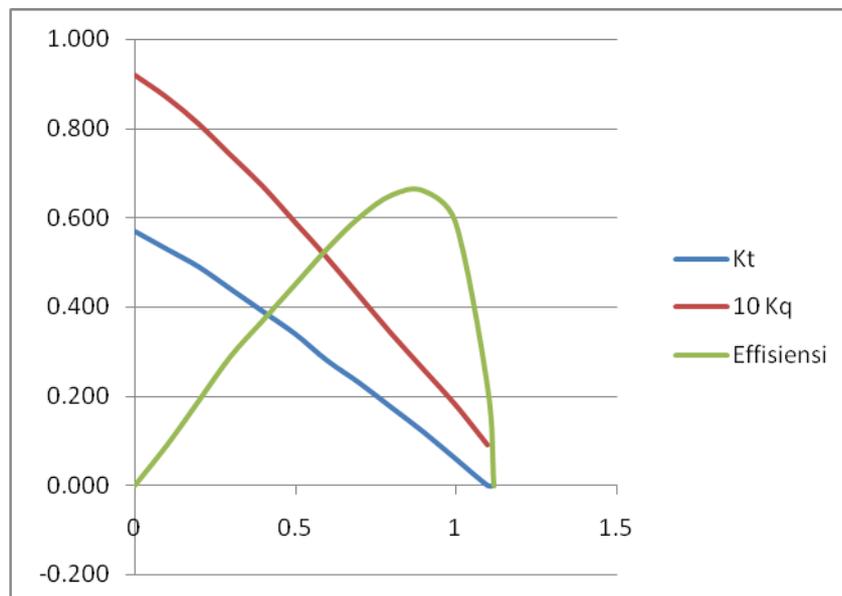
J	Kt	10 Kq	Effisiensi
0	0.570	0.920	0
0.1	0.530	0.870	0.090
0.2	0.490	0.810	0.190
0.3	0.440	0.740	0.290
0.4	0.390	0.670	0.370
0.5	0.340	0.590	0.450
0.6	0.280	0.510	0.530
0.7	0.230	0.425	0.600
0.8	0.175	0.340	0.650
0.9	0.120	0.260	0.660
1	0.060	0.180	0.590
1.1	0	0.090	0.220

Tabel 4.4 : Hasil perpotongan nilai P/D terhadap KT KQ dan J pada B4-100

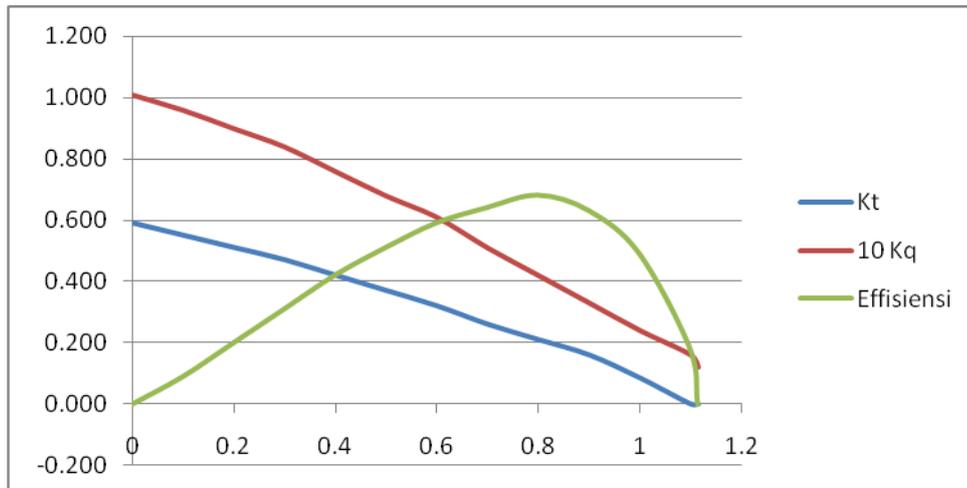
J	Kt	10 Kq	Effisiensi
0	0.590	1.010	0
0.1	0.550	0.960	0.090
0.2	0.510	0.900	0.200
0.3	0.470	0.840	0.310
0.4	0.420	0.760	0.420
0.5	0.370	0.680	0.510
0.6	0.320	0.610	0.590
0.7	0.260	0.510	0.640
0.8	0.210	0.420	0.680
0.9	0.160	0.330	0.630
1	0.085	0.240	0.490
1.1	0	0.160	0.180

Tabel 4.5 : Hasil perpotongan nilai P/D terhadap KT KQ dan J pada B5-105

Sehingga dibuat grafik agar dapat mengetahui engine propeller matching nya. Seperi dibawah ini :



Gambar 4.18 : Hasil nilai perpotongan P/D 1.1 pada B4-100



Gambar 4.20 : Hasil nilai perpotongan P/D 1.15 pada B5-105

$$J = \frac{V_a}{N \cdot D}$$

$$J = 14.40 / (710.18 \times 1.326)$$

$$= 0.91 \text{ (B4-100)}$$

$$J = J = 14.40 / (710.18 \times 1.305)$$

$$= 0.93 \text{ (B5-105)}$$

4.8.3 Perhitungan mencari C1 dan C2

Untuk Perhitungan hull condition hanya menggunakan Clean Hull Condition agar proses yang didapatkan pada engine propeller matching bisa dapat diketahui.

- Clean Hull Condition

$$R_t = C_1 \times V_s^2$$

$$C_1 = R_t / V_s^2$$

$$C_1 = 253.7 / 28$$

Sehingga nilai C1 adalah 1222.74

$$C_2 = \frac{C_1}{(1-t)(1-w)^2 \rho D^2}$$

$$C_2 = 1.068 \text{ (B4-100)}$$

$$C_2 = 1.102 \text{ (B5-105)}$$

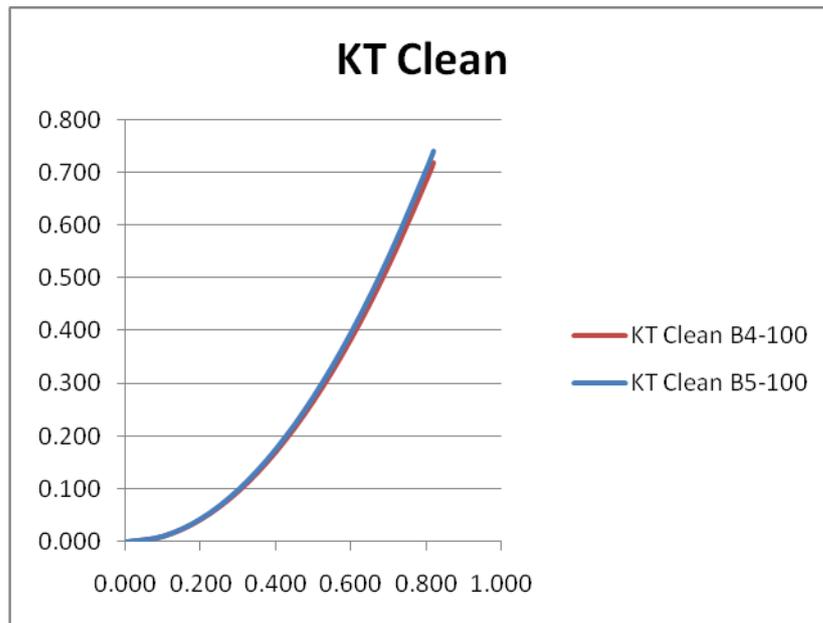
$$Kt = C_2 \times J^2$$

<i>Kondisi Ideal</i>		
<i>J</i>	<i>C2</i>	<i>Kt Clean</i>
0.000	1.068	0.000
0.100	1.068	0.011
0.200	1.068	0.043
0.300	1.068	0.096
0.400	1.068	0.171
0.500	1.068	0.267
0.600	1.068	0.385
0.700	1.068	0.523
0.800	1.068	0.684
0.820	1.068	0.718

Tabel 4.6 : Hasil KT clean hull condition B4-100

<i>Kondisi Ideal</i>		
<i>J</i>	<i>C2</i>	<i>Kt Clean</i>
0.000	1.102	0.000
0.100	1.102	0.011
0.200	1.102	0.044
0.300	1.102	0.099
0.400	1.102	0.176
0.500	1.102	0.275
0.600	1.102	0.397
0.700	1.102	0.540
0.800	1.102	0.705
0.820	1.102	0.741

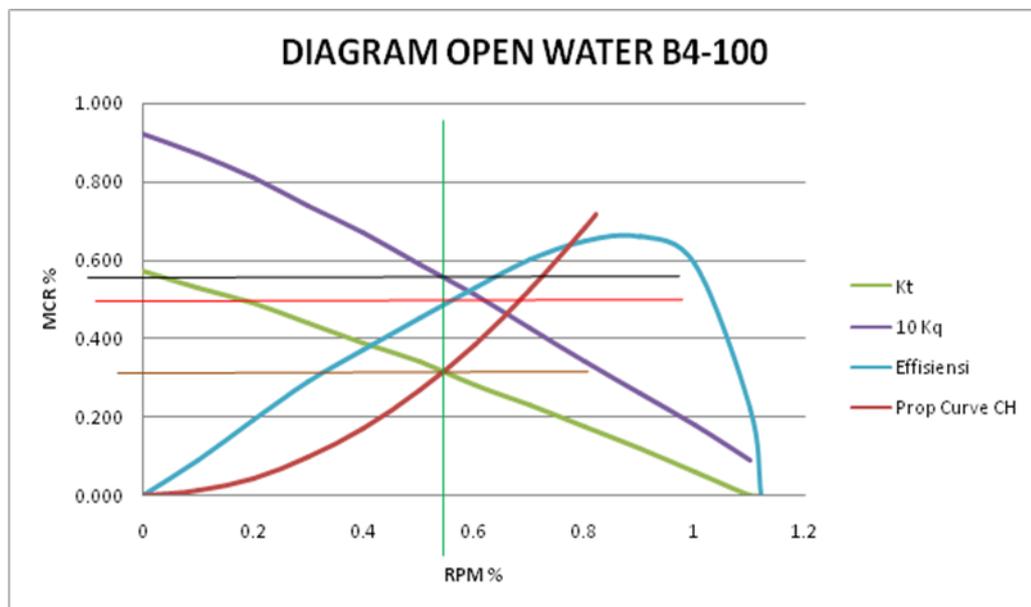
Tabel 4.7 : Hasil KT clean hull condition B5-105



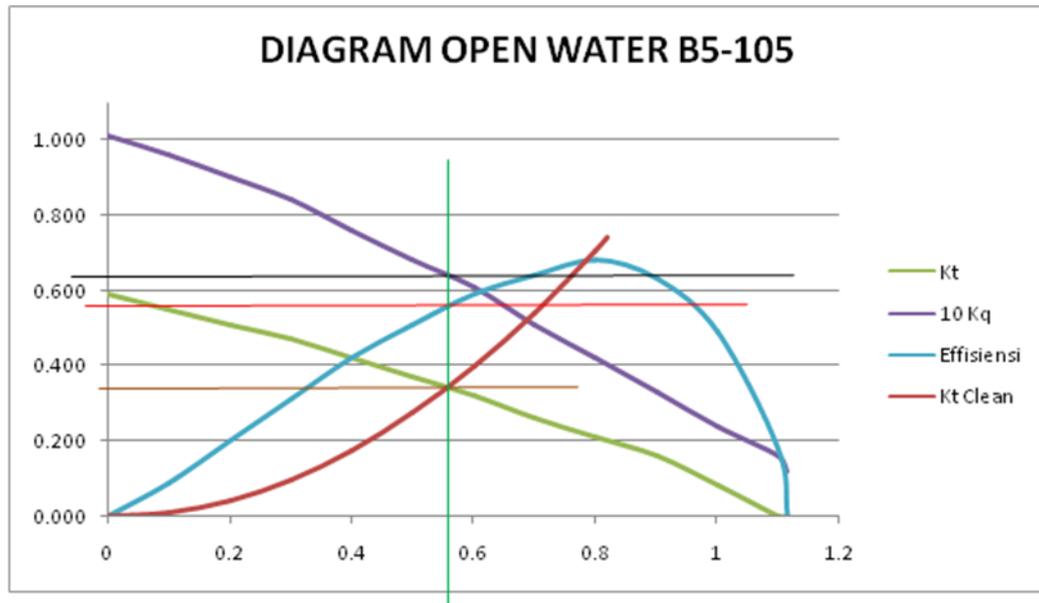
Gambar 4.21 : Grafik hasil KT clean hull condition

4.8.4 OPEN WATER PADA CLEAN HULL CONDITION

Nilai-nilai yang diperlukan menghitung propeller ,Hasil nilai perpotongan antara KT KQ J dengan KT clean.



Gambar 4.22 : Diagram open water B4-100



Gambar 4.23 : Diagram open water B5-105

Dari hasil perpotongan Kt pada kondisi open water dengan Kt hasil perhitungan (perpotongan kedua diagram) maka dapat ditentukan titik - titik operasi engine-propeller pada tabel sebagai berikut :

	J	Kt	10Kq	Effisiensi
B4-100	0.560	0.310	0.570	0.500
B5-105	0.560	0.330	0.620	0.580

Tabel 4.8 : Hasil perpotongan J dengan KT 10KQ efisiensi pada diagram open water

Karena Nilai efisiensi hasil perpotongan lebih besar dari nilai terpenuhi dalam perancangan propeller maka, dikatakan kondisi ini memenuhi syarat efisiensi.

Engine yang dipakai MTU 12V 4000 M93L

Max power 2580 KW dengan putaran 710.179 RPM (11.84 RPS)

Besarnya torsi propeller

$$Q = Kq \times \rho \times n^2 \times D^5$$

DHP (propeller)

$$DHP = 2\pi \times Q \times n$$

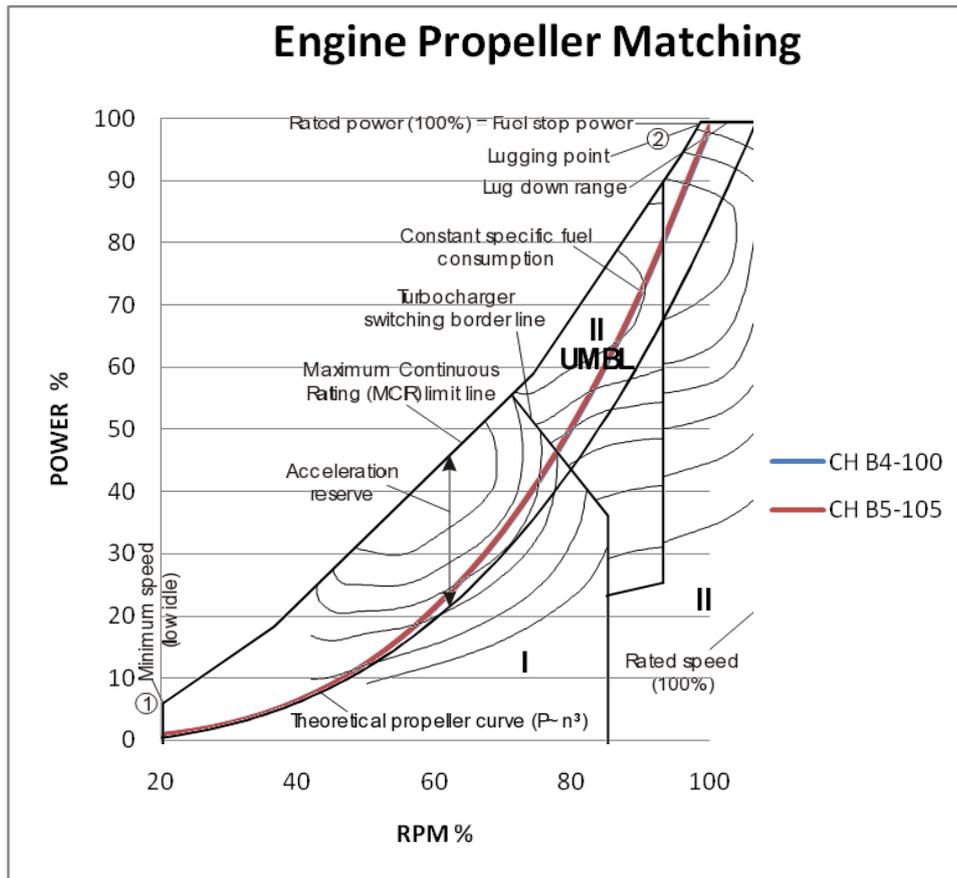
$$BHP = \frac{DHP}{\eta_s}$$

Diambil efisiensi shaft 98% sesuai dengan yang ditentukan di referensi.

Perhitungan diatas disajikan dalam bentuk tabel dibawah ini :

%	N engine		Nprop		Q		DHP CH		BHP		Daya CH	
	Rpm (B4-100)	Rpm (B5-105)	Rps (B4-100)	Rps (B5-105)	CH (B4-100)	CH (B5-105)	kW (B4-100)	kW (B5-105)	kW (B4-100)	kW (B5-105)	%(B4-100)	%(B5-105)
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.00	0	0.0	0.0	0	0
10	71.02	71.02	1.18	1.18	335.0	337.2	2.49	2.51	2.5	2.56	0	0
20	142.04	142.04	2.37	2.37	1340.0	1348.8	19.92	20.05	20.3	20.46	1	1
30	213.05	213.05	3.55	3.55	3015.0	3034.9	67.23	67.68	68.6	69.06	3	3
40	284.07	284.07	4.73	4.73	5360.1	5395.3	159.37	160.42	162.6	163.69	6	6
50	355.09	355.09	5.92	5.92	8375.1	8430.2	311.27	313.32	317.6	319.71	12	12
60	426.11	426.11	7.10	7.10	12060.1	12139.5	537.87	541.41	548.8	552.46	21	21
70	497.13	497.13	8.29	8.29	16415.2	16523.2	854.12	859.75	871.6	877.29	34	34
80	568.14	568.14	9.47	9.47	21440.2	21581.4	1274.96	1283.35	1301.0	1309.54	50	51
90	639.16	639.16	10.65	10.65	27135.3	27313.9	1815.32	1827.27	1852.4	1864.56	72	72
100	710.18	710.18	11.84	11.84	33500.4	33720.9	2490.15	2506.55	2541.0	2557.70	98	99

Tabel 4.7 : Hasil open water pada clean hull condition



Gambar 4.24 : Diagram kurva performa mesin diesel MTU

Dari grafik diatas didapatkan hasil *engine propeller matching* yang sesuai dengan kebutuhan yang mendekati hasil 100%. Maka, digunakan propeller menggunakan B5-105 dengan persentase power 99% pada kurva performa mesin diesel MTU 12V 4000 M93L.

4. 9 Perhitungan perbedaan 2 unit dan 3 unit mesin mengetahui perubahan sarat kapal.

Perbandingan antara penggunaan 2 unit mesin dan 3 unit mesin mempengaruhi sarat. Berat kapal apa semakin ringan atau malah semakin berat . Dan untuk menentukan analisa tersebut maka pengumpulan data berat mesin , gearbox , shaft dan propeller sebagai berikut :

ITEM	2 ENGINE	3 ENGINE
Mesin	9.885 Ton	8.4 Ton
GearBox	1.385 Ton	0.8 Ton
Shaft & Propeller	2.864 Ton	1.5 Ton

Tabel 4.8 : Perbandingan berat antara 2 mesin dan 3 mesin pada 1 unit mesin 1 propeller

Sehingga dapat diketahui berat total antara penggunaan 2 unit mesin dan 3 unit mesin sebagai berikut :

ITEM	2 ENGINE	3 ENGINE
Mesin	19.77 Ton	25.2 Ton
GearBox	2.77 Ton	2.4 Ton
Shaft & Propeller	5.728 Ton	4.5 Ton
TOTAL =	28.268 Ton	32.1 Ton

Tabel 4.9 : Berat total antara penggunaan 2 unit mesin dan 3 unit mesin

4. 9.1 Penentuan sarat kapal pada 3 unit mesin

Berat total yang sudah diketahui kemudian dilakukan perhitungan menggunakan *maxsurf* dan *hull speed* untuk menentukan perubahan sarat pada penggunaan 3 unit mesin dengan selisih 3.832 Ton.

Diketahui :

Pada Kapal yang menggunakan 2 engine :

Displasement = 460 Ton

T Sarat = 2.6 m

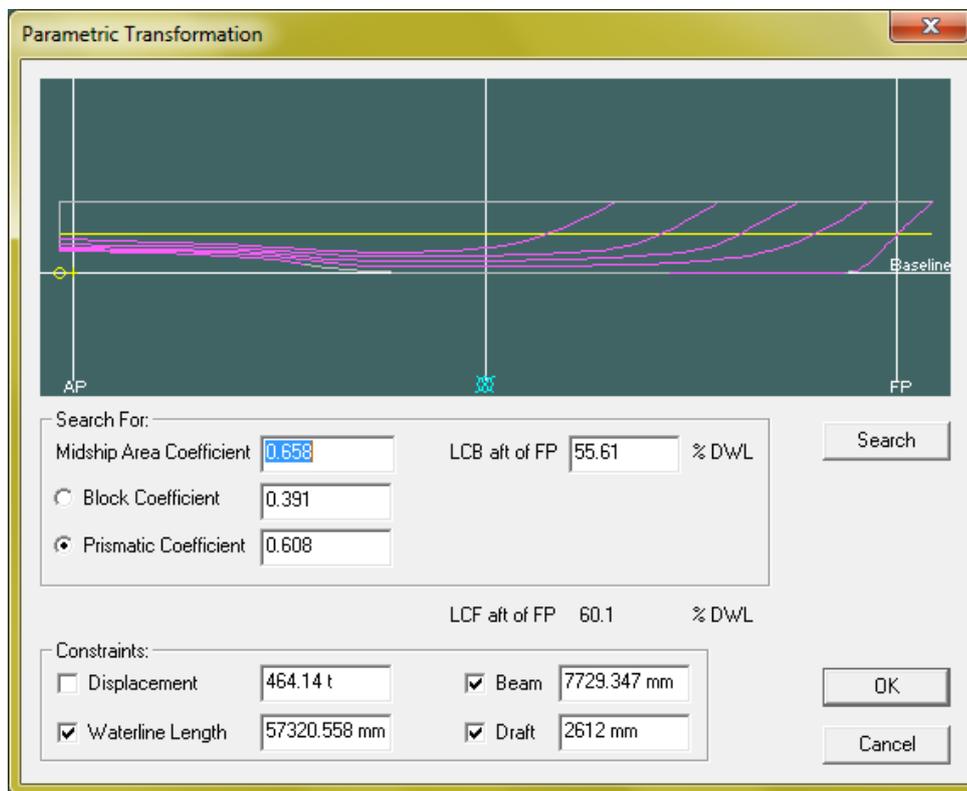
Selisih berat antara 2 mesin dan mesin yaitu 3,832 Ton.

Dimana,

$$\begin{aligned}\text{Displacement } (\Delta) &= 460 \text{ Ton} + 3.832 \text{ Ton} \\ &= 463.832 \text{ Ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{V Displacement} &= \Delta / \rho \\ &= 463.832 / 1.025 \\ &= 452.51 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Dengan penambahan displacement menjadi 463.832 ton kemudian dicari menggunakan software maxsurf seperti dibawah ini :



Gambar 4.25 : Hasil parametik tranformasi pada maxsurf

Setelah mengganti sarat kapal dari 26 m atau 2600 mm menjadi 2612 mm secara otomatis berat displacement pada parametik transformasi menjadi 464.14 ton. Hasil ini diasumsikan mendekati displacement yang diketahui tadi sebesar 463.832 Ton. Kemudian hasil dari *maxsurf* ini langsung di simulasikan kedalam *hull speed* untuk mengetahui berapa persen margin setelah perubahan sarat menjadi 2612 mm.

	Speed (kts)	Savitsky Resist. (kN)	Savitsky Power (kW)
2	18.25	173.59	2716.35
3	18.5	175.39	2782.07
4	18.75	177.21	2848.85
5	19	179.04	2916.69
6	19.25	180.89	2985.62
7	19.5	182.76	3055.64
8	19.75	184.65	3126.77
9	20	186.55	3199
10	20.25	188.47	3272.35
11	20.5	190.41	3346.84
12	20.75	192.37	3422.46
13	21	194.34	3499.23
14	21.25	196.33	3577.16
15	21.5	198.34	3656.25
16	21.75	200.36	3736.52
17	22	202.41	3817.98
18	22.25	204.46	3900.63
19	22.5	206.54	3984.47
20	22.75	208.63	4069.53
21	23	210.74	4155.81
22	23.25	212.86	4243.31
23	23.5	215	4332.05
24	23.75	217.16	4422.03
25	24	219.33	4513.26
26	24.25	221.51	4605.74
27	24.5	223.72	4699.5
28	24.75	225.93	4794.52
29	25	228.17	4890.83
30	25.25	230.42	4988.4
31	25.5	232.68	5087.28
32	25.75	234.96	5187.48
33	26	237.25	5288.97
34	26.25	239.56	5391.79
35	26.5	241.88	5495.92
36	26.75	244.22	5601.39
37	27	246.57	5708.18
38	27.25	248.94	5816.32
39	27.5	251.32	5925.8
40	27.75	253.71	6036.64
41	28	256.12	6148.83

Tabel 4.10 : Hasil result pada perubahan sarat 2612 mm.

Setelah diketahui power pada sarat 2612 mm sebesar 6148 kW maka dibandingkan dengan hasil pada kapal yang menggunakan sarat 2600 mm sebesar 6090 kW.

Jadi, Power mesin MTU 12V 4000 M93L

$$(2580 \text{ kW} \times 3 \text{ mesin}) > 6148 \text{ kW}$$

$$= 7740 \text{ kW} > 6148 \text{ kW}$$

$$= 7740/6148 = 1.25\% (\leq 15\% \text{ sea margin})$$

Sehingga perubahan berat displacement kapal pada sarat 2612 mm masih diperbolehkan selama batasan tidak boleh lebih besar dari sea margin 15%.

4.10 Perhitungan tangki bahan bakar dan minyak pelumas

4.10.1 Perhitungan tangki bahan bakar dan minyak pelumas pada 2 unit mesin

1. Tangki bahan bakar HSD untuk motor induk adalah bertipe empat langkah dengan menggunakan bahan bakar HSD/Solar.

a. Berat bahan bakar (WHSD)

Radius pelayaran = Alur pelayaran barat surabaya

S = 2400 mil laut

Lama berlayar = 5 hari = 120 jam

BHP at MCR = 4239.68 Hp
3161.53 kW

SFOC = 220 g/kWh

Vs = 20 knot

Series 4000

Average load: 60 - 80% of rated power
Rated power: 2320 kW - 3600 kW



Engine model	16V4000 M70	16V4000 M71	16V4000 M73	16V4000 M73L	20V4000 M73	20V4000 M73L
Rated power ICFH	2320 (3111)	2465 (3306)	2560 (3435)	2880 (3860)	3200 (4290)	3600 (4830)
Speed	2000	2000	1970	2050	1970	2050
Exhaust optimization	1130 I	1130 I	1130 II/ EPA 2			
Fuel consumption at rated power	205	209	218	220	213	212
	561.8 (148.4)	620.7 (164.0)	672.4 (177.0)	763.4 (201.5)	821.2 (217.0)	919.5 (242.9)
Optimum value	196	196	205	205	210	210
Dimensions and masses - engine						
Length (L)	3380 (133.1)	3380 (133.1)	3510 (138.2)	3510 (138.2)	4040 (159.1)	4040 (159.1)
Width (W)	1520 (59.8)	1520 (59.8)	1850 (72.8)	1850 (72.8)	1470 (57.9)	1470 (57.9)
Height (H)	1835 (72.2)	1835 (72.2)	2185 (86)	2185 (86)	2440 (96.1)	2440 (96.1)
Mass, dry	8170 (18012)	8170 (18012)	9890 (21800)	9890 (21800)	12900 (28439)	12900 (28439)
Dimensions and masses - with gearbox						
Gearbox model, standard	on request, please	on request, please	ZF 7650	ZF 9050	ZF 9055	ZF 24000
Gearbox model, alternative	contact your MTU dealer	contact your MTU dealer	on request, please	on request, please	on request, please	on request, please
Length (L)	mm (in)	mm (in)	4770 (187.8)	4930 (194.1)	5650 (222.4)	5220 (205.2)
Width (W)	mm (in)	mm (in)	1850 (72.8)	1850 (72.8)	1470 (57.9)	1470 (57.9)
Height (H)	mm (in)	mm (in)	2240 (88.2)	2345 (92.3)	2610 (102.9)	2250 (88.6)
Mass, dry	kg (lb)	kg (lb)	10665 (23473)	11380 (25088)	14395 (31735)	15685 (34358)
Engine main data						
No. of cylinders	16	16	16	16	20	20
Bore / stroke	mm (in)	165/190	166/190	170/190	170/190	170/190
		16.5/19.0	16.5/19.0	16.7/19.0	16.7/19.0	16.7/19.0
Displacement, total	litre (cu ft)	65.0 (2305)	65.0 (2305)	69.0 (2470)	66.2 (2360)	86.2 (3060)
Classification, unrestricted service	X	X	X	X	X	X

Gambar 4.26 : Spesifikasi 16V 4000 M73L pada 2 unit mesin

	Speed (kts)	Savitsky Resist. (kN)	Savitsky Power (kW)
2	18.25	171.45	2682.84
3	18.5	173.24	2748
4	18.75	175.05	2814.22
5	19	176.88	2881.51
6	19.25	178.72	2949.87
7	19.5	180.59	3019.32
8	19.75	182.47	3089.87
9	20	184.37	3161.53
10	20.25	186.28	3234.3
11	20.5	188.21	3308.2
12	20.75	190.16	3383.24
13	21	192.13	3459.42
14	21.25	194.11	3536.75
15	21.5	196.12	3615.25
16	21.75	198.13	3694.91
17	22	200.17	3775.76
18	22.25	202.22	3857.8
19	22.5	204.29	3941.03
20	22.75	206.37	4025.47
21	23	208.47	4111.12
22	23.25	210.59	4197.99
23	23.5	212.72	4286.1
24	23.75	214.87	4375.44
25	24	217.03	4466.03
26	24.25	219.21	4557.87
27	24.5	221.41	4650.97
28	24.75	223.62	4745.34
29	25	225.84	4840.98
30	25.25	228.08	4937.89
31	25.5	230.34	5036.11
32	25.75	232.61	5135.62
33	26	234.9	5236.44
34	26.25	237.2	5338.57
35	26.5	239.51	5442.02
36	26.75	241.84	5546.79
37	27	244.19	5652.89
38	27.25	246.54	5760.32
39	27.5	248.92	5869.09
40	27.75	251.54	5984.91
41	28	253.7	6090.69

Tabel 4.11 : Hasil result hull speed pada penggunaan 2 unit mesin.

Konstanta penambahan bahan bakar sebesar 1 : 1, Pemberian 15% dari batasan sea margin untuk mengatasi jika kekurangan bahan bakar sehingga dirancang untuk penyimpanan bahan bakar ditambah.

$$WHSD = ((BHP \times 15\%) + BHP) \times SFOC \times \text{lama berlayar}$$

$$WHSD = 98.984051 \text{ Ton/5hari}$$

- b. Volume tangki penyimpanan (VHSD)

Berat spesifik (ρ) = 0.86 Ton

$$VHSD = WHSD / \rho$$

$$VHSD = 111.60936 \text{ m}^3$$

- c. Kapasitas service tank (Vsvt)

Kapasitas service tank atau tangki harian untuk HSD yang dibutuhkan terutama harus mampu untuk mensuplai konsumsi bahan bakar motor induk selama 8 jam pada saat operasi beban penuh

dengan menggunakan HSD dan mensuplai konsumsi bahan bakar motor-motor bantu dalam waktu yang sama.

Dalam hal ini diambil waktu ketersediaan bahan bakar HSD untuk kebutuhan suplai konsumsi adalah setiap 8jam.

$$V_{svt} = \frac{\text{BHP} \times \text{SFOC} \times 10^{-6} \times H}{\rho}$$

$$V_{svt} = 6.4701079 \text{ m}^3$$

d. Kapasitas Drain tank / dirty oil

Kapasitas drain tank atau dirty tank pada umumnya berkisar antara 0.4-2 m³ bergantung dari daya keluaran motor induk.

MAIN ENGINE (BHP)	DRAIN TANK VOLUME (m ³)
< 10000	0.4
10000 – 20000	0.6 – 1.0
> 20000	1.0 – 2.0

Maka untuk BHP 4239.68 Hp diambil 0.4 m³

2. Tangki Minyak pelumas

Kapasitas tangki minyak pelumas disini adalah tangki minyak pelumas untuk minyak pelumas mesin atau *lube oil* dan minyak pelumas silinder atau *Cylinder Oil*

- a. Spesifik Lubricating Oil Consumption (SLOC) = 1.3 g/kWh
 Berat jenis minyak pelumas (plo) = 1.18 Ton/m³

b. Berat minyak pelumas (Wlo)

$$W_{lo} = \text{BHP} \times \text{SLOC} \times S/V_s \times 10^{-6}$$

$$W_{lo} = 0.4931987 \text{ Ton}$$

c. Volume tangki minyak pelumas

$$V_{lo} = \frac{W_{lo}}{\rho_{lo}}$$

$$V_{lo} = 0.417965 \text{ m}^3$$

4.10.2 Perhitungan tangki bahan bakar dan minyak pelumas pada 3 unit mesin

1. Tangki bahan bakar HSD untuk motor induk adalah bertipe empat langkah dengan menggunakan bahan bakar HSD/Solar.

a. Berat bahan bakar (WHSD)

Radius pelayaran = Alur pelayaran barat surabaya

S = 2400 mil laut

Lama berlayar = 5 hari = 120 jam

BHP at MCR = 4289.93 Hp

3199 kW

SFOC = 217 g/kWh

Vs = 20 knot

Series 4000

Average load: ≤ 60% of rated power
Rated power: 2040 kW - 3440 kW

Engine model	12V4000 M90	12V4000 M93
Rated power ICFN	2040 (2736)	2340 (3140)
Speed	2100	2100
Exhaust optimization	IMO I	IMO II/ EPA 2
Fuel consumption at rated power	209	216
	g/kWh	g/kWh
	513.7 (135.7)	609.0 (160.8)
	l/h (gpi/h)	l/h (gpi/h)
Optimum value	195	205
	g/kWh	g/kWh
Dimensions and masses - engine		
Length (L)	2825 (111.6)	2870 (113)
	mm (in)	mm (in)
Width (W)	1520 (59.8)	1850 (72.8)
	mm (in)	mm (in)
Height (H)	1825 (72.2)	2185 (86)
	mm (in)	mm (in)
Mass, dry	6800 (14991)	8460 (18651)
	kg (lbs)	kg (lbs)
Dimensions and masses - with gearbox		
Gearbox model standard	on request,	ZF 7600
	please	on request
Gearbox model alternative		
Length (L)	contact your	3910 (153.9)
	MTU dealer	mm (in)
Width (W)		1850 (72.8)
		mm (in)
Height (H)		2240 (88.2)
		mm (in)
Mass, dry		9680 (21427)
		kg (lbs)
Engine main data		
No. of cylinders	12	12
Bore / stroke	165/190	170/190
	(6.5/7.5)	(6.7/7.5)
	mm (in)	mm (in)
Displacement, total	48.7 (2972)	51.7 (3155)
	l (cu in)	l (cu in)
Classification, restricted service	X	X



12V 4000 M93L	8V 4000 M90	16V 4000 M93	16V 4000 M93L
2580 (3460)	2720 (3648)	3120 (4185)	3440 (4615)
2100	2100	2100	2100
IMO II/ EPA 2	IMO I	IMO II/ EPA 2	IMO II/ EPA 2
217	199	224	230
674.5 (178.1)	495 (131)	642.0 (222.5)	953.3 (251.9)
205	197	205	205
2870 (113)	3300 (133.1)	3530 (138.2)	3530 (138.2)
1850 (72.8)	520 (99.8)	1850 (72.8)	1850 (72.8)
2185 (86)	2325 (72.2)	2185 (86)	2185 (86)
8460 (18651)	10300 (17703)	9690 (21803)	9690 (21803)
ZF 7600	on request,	ZF 9000	ZF 9050
	please	on request	on request
3910 (153.9)	contact your	4920 (194.1)	4920 (194.1)
1850 (72.8)	MTU dealer	1850 (72.8)	1850 (72.8)
2240 (88.2)		2345 (92.3)	2345 (92.3)
9680 (21427)		11280 (25088)	11280 (25088)
12	6	16	16
170/190	65/190	170/190	170/190
(6.7/7.5)	(6.5/7.5)	(6.7/7.5)	(6.7/7.5)
51.7 (3155)	5.0 (3067)	69.0 (4211)	69.0 (4211)
X	X	X	X

Gambar 4.28 : Spesikasi 12V 4000 M93L pada 3 unit mesin

	Speed (kts)	Savitsky Resist. (kN)	Savitsky Power (kW)
2	18.25	173.59	2716.35
3	18.5	175.39	2782.07
4	18.75	177.21	2848.85
5	19	179.04	2916.69
6	19.25	180.89	2985.62
7	19.5	182.76	3055.64
8	19.75	184.65	3126.77
9	20	186.55	3199
10	20.25	188.47	3272.35
11	20.5	190.41	3346.84
12	20.75	192.37	3422.46
13	21	194.34	3499.23
14	21.25	196.33	3577.16
15	21.5	198.34	3656.25
16	21.75	200.36	3736.52
17	22	202.41	3817.98
18	22.25	204.46	3900.63
19	22.5	206.54	3984.47
20	22.75	208.63	4069.53
21	23	210.74	4155.81
22	23.25	212.86	4243.31
23	23.5	215	4332.05
24	23.75	217.16	4422.03
25	24	219.33	4513.26
26	24.25	221.51	4605.74
27	24.5	223.72	4699.5
28	24.75	225.93	4794.52
29	25	228.17	4890.83
30	25.25	230.42	4988.4
31	25.5	232.68	5087.28
32	25.75	234.96	5187.48
33	26	237.25	5288.97
34	26.25	239.56	5391.79
35	26.5	241.88	5495.92
36	26.75	244.22	5601.39
37	27	246.57	5708.18
38	27.25	248.94	5816.32
39	27.5	251.32	5925.8
40	27.75	253.71	6036.64
41	28	256.12	6148.83

Tabel 4.12 : Hasil result hull speed pada penggunaan 3 unit mesin yang mengalami perubahan sarat.

Konstanta penambahan bahan bakar sebesar 1 : 1, Pemberian 15% dari batasan sea margin untuk mengatasi jika kekurangan bahan bakar sehingga dirancang untuk penyimpanan bahan bakar ditambah.

$$\text{WHSD} = ((\text{BHP} \times 15\%) + \text{BHP}) \times \text{SFOC} \times \text{lama berlayar}$$

$$\text{WHSD} = 95.79725 \text{ Ton/5hari}$$

b. Volume tangki penyimpanan (VHSD)

Berat spesifik (ρ) = 0.86 Ton

$$\text{VHSD} = \text{WHSD} / \rho$$

$$\text{VHSD} = 111.3922 \text{ m}^3$$

c. Kapasitas service tank (Vsvt)

Kapasitas service tank atau tangki harian untuk HSD yang dibutuhkan terutama harus mampu untuk mensuplai konsumsi bahan bakar motor induk selama 8 jam pada saat operasi beban penuh dengan menggunakan HSD dan mensuplai konsumsi bahan bakar motor-motor bantu dalam waktu yang sama.

Dalam hal ini diambil waktu ketersediaan bahan bakar HSD untuk kebutuhan suplai konsumsi adalah setiap 8jam.

$$V_{svt} = \frac{BHP \times SFOC \times 10^{-6} \times H}{\rho}$$

$$V_{svt} = 6.457516 \text{ m}^3$$

d. Kapasitas Drain tank / dirty oil

Kapasitas drain tank atau dirty tank pada umumnya berkisar antara 0.4-2 m³ bergantung dari daya keluaran motor induk.

MAIN ENGINE (BHP)	DRAIN TANK VOLUME(m ³)
< 10000	0.4
10000 – 20000	0.6 – 1.0
> 20000	1.0 – 2.0

Maka untuk BHP 4289.93 Hp diambil 0.4 m³

2. Tangki Minyak pelumas

Kapasitas tangki minyak pelumas disini adalah tangki minyak pelumas untuk minyak pelumas mesin atau *lube oil* dan minyak pelumas silinder atau *Cylinder Oil*

- a. Spesifik Lubricating Oil Consumption (SLOC) = 1 g/kWh
 Berat jenis minyak pelumas (plo) = 1.18 Ton/m³

- b. Berat minyak pelumas (Wlo)
 $Wlo = BHP \times SLOC \times S/Vs \times 10^{-6}$
 $Wlo = 0.38388 \text{ Ton}$

c. Volume tangki minyak pelumas

$$V_{lo} = \frac{W_{lo}}{\rho_{lo}}$$

$$V_{lo} = 0.325322 \text{ m}^3$$

Item	2 Engine	3 Engine
SFOC	220 g/KWh	217 g/KWh
WHSD	95.984 Ton/5hari	95.797 Ton/5hari
VHSD	111.609 Ton/m ³	111.392 Ton/m ³
Vsvt	6.470 m ³	6.458 m ³
Drain tank	0.4 m ³	0.4 m ³
SLOC	1.3 g/KWh	1 g/KWh
WLO	0.4932 Ton	0.3839 Ton
Vlo	0.4180 Ton/m ³	0.3253 Ton/m ³

Tabel 4.11 : Hasil perbandingan efisiensi bahan bakar dan minyak pelumas

Maka didapatkan hasil perbandingan efisiensi bahan bakar dan minyak pelumas antara pemakaian 2 unit mesin dan 3 unit mesin pada pemakaian bahan bakar dalam 5 hari dengan selisih sebesar 0.187 ton dan pemakaian minyak pelumas 0.1093 ton sehingga disimpulkan lebih efisien pada pemakaian 3 unit mesin.