

ANALISA PERHITUNGAN KEBUTUHAN DAYA MESIN KAPAL TUGBOAT GT. 244

Zikri¹, Ayub Eko Wibowo²

Teknik Mesin, Teknik, Universitas Batam, Jl. Uniba No. 5 Batam Center, Batam, Kepulauan Riau, 29432, Indonesia

ABSTRACT

In the ship propulsion system, the variable that influences in determining the main engine power of the ship is the value of the ship's resistance generated by the shape of the hull. This study aims to determine the ship's resistance and estimate the engine power requirement of the Tugboat GT.244. The GT.244 Tugboat was redesigned to get a model using the maxsurf software. The model obtained is then calculated using the holtrop method on the maxsurf software. The results of the analysis of ship resistance are seen from several variations in speed to see the shape of the resulting flow. At a maximum service speed of 11 knots, the ship's resistance is 54.9 kN. In determining the size of the ship's engine power in accordance with the propeller on the GT.244 tugboat using the Guldhammer - Harvald method. The stages of the Harvald method start from determining: Effective Horse Power (EHP), Delivered Horse Power (DHP), Shaft Horse Power (SHP), Brake Horse Power (BHP). In the calculation of the main engine selection the ship produces a BHP Clean Hull value of 78.46 % with a BHP Service of 49.83% at a propeller rotation position of 97% with an installed engine of 2 x 837 KW (1138 HP)/1450 RPM. is in accordance with the existing propulsor system marked with the Engine Propeller Matching graph.

Keywords : Engine Power, Harvald Method, Maxsurf Software, Tugboats, Resistance ship

ABSTRAK

Dalam sistem penggerak kapal variabel yang mempengaruhi dalam menentukan daya mesin utama kapal adalah nilai tahanan kapal yang dihasilkan oleh bentuk lambung kapal. Penelitian ini bertujuan menentukan tahanan kapal dan memperkirakan kebutuhan daya mesin kapal Tugboat GT.244. Kapal Tugboat GT.244 di redesain untuk mendapatkan sebuah model dengan menggunakan *software maxsurf*. Model yang didapatkan berikutnya dilakukan perhitungan tahanan kapal dengan menggunakan metode *holtrop* pada *software maxsurf*. Hasil analisa tahanan kapal dilihat dari beberapa variasi kecepatan untuk melihat bentuk aliran yang dihasilkan. Pada kecepatan dinas maksimal 11 knots menunjukkan tahanan kapal sebesar 54,9 kN. Dalam menentukan besarnya daya mesin kapal yang sesuai dengan *propeller* pada kapal tugboat GT.244 menggunakan metode *Guldhammer – Harvald*. Tahapan metode *Harvald* dimulai dari menentukan : *Effective Horse Power* (EHP), *Delivered Horse Power* (DHP), *Shaft Horse Power* (SHP), *Brake Horse Power* (BHP). Pada perhitungan pemilihan mesin utama kapal menghasilkan nilai BHP *Clean Hull* sebesar 78,46 % dengan BHP *Service* sebesar 49,83 % pada posisi putaran *propeller* sebesar 97 % dengan mesin yang terpasang 2 x 837 KW (1138 HP)/1450 RPM. sudah sesuai dengan sistem propulsor yang ada ditandai dengan grafik *Engine Propeller Matching*.

Kata kunci : Daya Mesin, Metode Harvald, Sofware Maxsurf, Kapal Tugboat, Tahanan kapal

1. Pendahuluan

Kapal adalah kendaraan air dengan bentuk dan jenis apapun, yang digerakkan dengan tenaga mekanik, tenaga angin, atau ditunda, termasuk kendaraan yang berdaya dukung dinamis, kendaraan di bawah permukaan air, serta alat apung dan bangunan terapung yang tidak

berpindah-pindah. Kapal Tugboat adalah sebuah kapal yang berfungsi untuk menarik atau mendorong kapal lain, baik kapal-kapal besar yang akan bersandar di pelabuhan maupun kapal-kapal yang tidak mempunyai penggerak sampai bangunan lepas pantai, sesuai dengan kemampuan tenaga pendorongnya dan peruntukannya. Pada pembangunan Kapal Tugboat baru maupun kapal

Tugboat yang sudah jadi biasanya hanya disediakan data utama seperti daya *main engine* tanpa adanya analisis yang digunakan untuk menentukan kebutuhan daya mesin yang sesuai dan optimal. Sebagai objek analisa adalah kapal Tugboat ukuran GT.244 dengan mesin ganda. Dalam menganalisa kebutuhan daya yang dibutuhkan untuk dapat menggerakkan sebuah kapal tugboat GT. 244 perlu diperhatikan dalam melakukan perhitungan kebutuhan daya yang dibutuhkan untuk dapat menggerakkan kapal adalah menghitung nilai tahanan kapal yang dapat ditentukan dengan metode *Holtrop* yang ada pada *software maxsurf* dan selanjutnya untuk menentukan besarnya daya dan *matching propeller* pada sebuah kapal dengan menggunakan metode *Harvald*. Software Maxsurf merupakan software khusus untuk desain dan analisa pada kapal. Sedangkan untuk analisanya yang digunakan untuk menguji tahanan dan power model menggunakan *software Maxsurf* tahanan. Hasil uji ini akan ditampilkan dalam bentuk angka dan grafik. Adapun tujuan dilakukan analisa perhitungan tahanan kapal, daya mesin, dan baling-baling yang digunakan dapat diketahui kesesuaian mesin yang digunakan sebagai pertimbangan pemilihan mesin kapal tugboat GT. 244.

2. Metode Penelitian

2.1. Tahanan Kapal

Tahanan kapal menitik beratkan pada perhitungan besarnya Resistant untuk menentukan : daya (power), bentuk dan jenis dari alat penggerak kapal berupa *propeller* dan bentuk sistem transmisi tenaga yang berupa poros *propeller*, bantalan dan *stern tube*. Perencanaan ini diawali dengan menentukan besarnya tahanan kapal yaitu tahanan kapal akibat dari gerak kapal yang melaju di permukaan air berupa gaya dorong kapal yang dihasilkan oleh putaran propeler. Untuk dapat menghasilkan kecepatan kapal sesuai yang diinginkan diperlukan gaya dorong untuk melawan tahanan kapal atau pemilihan motor penggerak utama kapal sebagai penghasil gaya dorong yang sesuai dengan kebutuhan kapal. Tipe *propeller* serta diameter poros yang sesuai dan memenuhi syarat perlu direncanakan agar daya motor penggerak utama dapat menghasilkan daya dorong yang maksimal untuk menghasilkan kecepatan kapal sesuai dengan yang diinginkan. Setelah semua tahanan kita ketahui maka kita dapat mengetahui hambatan total (R_t) kapal tersebut, langkah selanjutnya kita bisa menghitung EHP (*effective horse power*) kemudian kita menghitung THP (*thrust horse power*), DHP (*delivery horse power*), SHP (*shaft horse power*) dan langkah terakhir kita menghitung BHP (*brake horse power*). Penelitian dilakukan dengan menggunakan objek kapal Tugboat GT. 244 yang diperoleh dari project pembangunan kapal Tugboat GT. 244 dengan mesin ganda oleh PT. Buana Bestari Shipyard di Kabil Kecamatan Nongsa Kota Batam. Permodelan yang

dilakukan pada software perkapan adalah bentuk badan kapal yang tercelup dalam air. Software perkapan yang digunakan adalah *Software Maxsurf* versi academic. Tahap pertama penyelesaian dimulai dari survey data utama kapal Tugboat GT.244. Survey ini bertujuan mendapatkan data utama kapal baik ukuran, data mesin dan kecepatan servis kapal yang selanjutnya akan dilakukan perhitungan nilai tahanan kapal dan daya mesin kapal. Data utama kapal Tugboat GT.244 dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 1. Data utama Kapal Tugboat GT.244

Length Overall (LOA)	29.00	m
Length B.P	26.15	m
Breadth B (moulded)	8.40	m
Height H (moulded)	3.90	m
Design Draft (d)	3.30	m
Engine Power	2 x 837 KW(1138 HP) /1450 RPM	
Design Speed (Max)	11	Knot

Untuk selanjutnya tahap kedua dilakukan redesain model kapal Tugboat dengan GT.244 dengan menggunakan *software maxsurf*.

2.2. Software Maxsurf

Maxsurf for academic adalah *software freeware* digunakan dalam mendesain sebuah model kapal. terdapat beberapa *software* didalam maxsurf antara lain : *hydromax*, *hull speed*, *seakeeper*, *workshop* dan *resistance*. *Software maxsurf* sendiri digunakan untuk membuat *lines plan* dalam bentuk 3D. Model kapal dapat dilihat potongan *station*, *buttock*, *shear* dan 3D-nya *maxsurf resistance* pada dasarnya adalah program prediksi resistensi. Sejumlah metode berbasis regresi dan satu metode analitis dapat digunakan untuk memprediksi resistensi bentuk lambung. *Resistansi Maxsurf* dapat menghitung komponen *resistansi* dalam bentuk koefisien. Namun, karena metode yang berbeda menggunakan formulasi yang berbeda, tidak semua komponen resistansi mungkin tersedia. Resistansi total biasanya dipecah menjadi komponen tergantung nomor Froude - resistansi gelombang (resistansi residuary) dan komponen dependen bilangan *Reynolds* - resistansi kental (resistansi gesek). Nama yang diberi tanda kurung memberikan rincian alternatif:

$$\text{Resistansi total} = \text{Gelombang} + \text{Kental} = \text{Residuari} + \text{Gesek}$$

Biasanya resistensi gesekan diprediksi menggunakan garis korelasi model-kapal ITTC atau formulasi serupa. Resistansi kental meliputi efek bentuk yang diterapkan pada resistansi gesekan sebagai berikut:

$$\text{Resistensi viskos} = (1 + k) \text{ Resistansi gesekan}$$

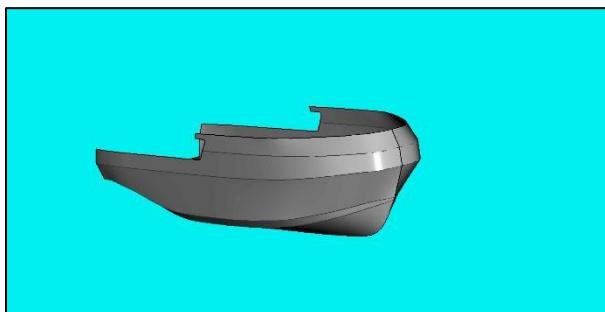
dimana (1 + k) adalah faktor bentuk.

Bila memungkinkan, Resistansi Maxsurf menghitung semua komponen resistensi dan ini dapat diplot dan ditabulasi secara terpisah. Dalam beberapa kasus metode regresi memprediksi resistensi residu dan tidak ada faktor bentuk. Dalam kasus ini, tidak mungkin untuk menghitung hambatan gelombang.

Tahap ketiga dilakukan dengan merunning model kapal yang telah kita buat menggunakan metode *Holtrop* pada software *maxsurf* untuk mendapatkan nilai tahanan kapal Tugboat GT.244 tersebut. Nilai tahanan akan dirunning pada kecepatan servis yang telah ditentukan yaitu 11. Tahap terakhir menentukan besarnya daya mesin kapal yang sesuai dengan *propeller* pada kapal tugboat GT.244 menggunakan metode *Harvald*.

3. Hasil

Data utama kapal digunakan sebagai acuan dalam membuat model kapal pada software *maxsurf*. Seperti yang terlihat pada gambar 1 terlihat gambar model kapal Tugboat dengan ukuran GT.244.



Gambar 1. Model Kapal Tugboat GT.244

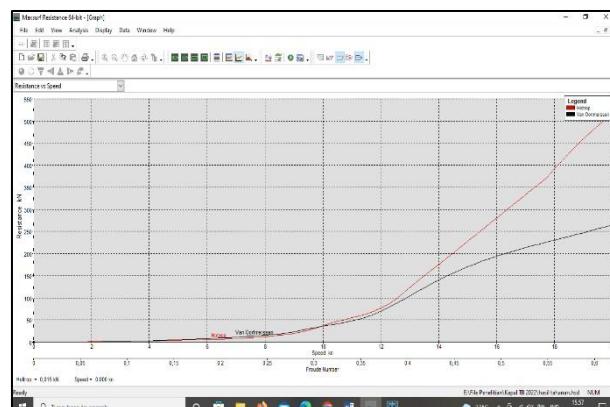
Tabel 2. Perhitungan Hambatan Kapal

	Speed (kn)	Froude No. LWL	Froude No. Vol.	Holtrop Resist. (kN)	Holtrop Power (kW)
1	0,000	0,000	0,000	—	—
2	0,500	0,015	0,030	0,1	0,014
3	1,000	0,031	0,060	0,2	0,098
4	1,500	0,046	0,089	0,4	0,311
5	2,000	0,062	0,119	0,7	0,708
6	2,500	0,077	0,149	1,0	1,343
7	3,000	0,093	0,179	1,5	2,265
8	3,500	0,108	0,208	2,0	3,527
9	4,000	0,124	0,238	2,5	5,178
10	4,500	0,139	0,268	3,1	7,268
11	5,000	0,155	0,298	3,8	9,861
12	5,500	0,170	0,328	4,6	13,046
13	6,000	0,186	0,357	5,5	16,983
14	6,500	0,201	0,387	6,6	21,960
15	7,000	0,217	0,417	7,9	28,456
16	7,500	0,232	0,447	9,7	37,339
17	8,000	0,248	0,476	12,1	49,604
18	8,500	0,263	0,506	15,1	66,070
19	9,000	0,279	0,536	19,7	91,032
20	9,500	0,294	0,566	26,9	131,579
21	10,000	0,310	0,596	36,6	188,118
22	10,500	0,325	0,625	46,3	250,060
23	11,000	0,340	0,655	54,9	310,787
24	11,500	0,356	0,685	64,0	378,747
25	12,000	0,371	0,715	76,5	472,203

Tabel 3. Perhitungan Hambatan Kapal

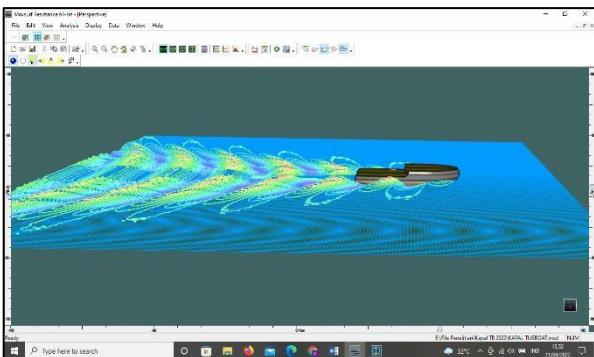
Item	Value	Units	Holtrop	Van Oortmerssen	Slender body
1	LWL	28,17	m	28,17 (low)	28,17
2	Beam	8,362	m	8,362 (high)	8,362
3	Draft	3,29	m	3,29	3,29
4	Displaced volume	440,319	m ³	440,319	440,319
5	Wetted area	292,68	m ²	292,68	292,68
6	Prismatic coeff. (Cp)	0,673		0,673	—
7	Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,893		0,893	—
8	1/2 angle of entrance	34,4	deg.	34,4	34,4
9	LCG from midships/+ve for'	-0,292	m	-0,292	-0,292
10	Transom area	0	m ²	0	—
11	Transom w/ beam	7,428	m	—	—
12	Transom draft	0	m	—	—
13	Max sectional area	23,238	m ²	—	23,238
14	Bulb transverse area	0	m ²	0	—
15	Bulb height from keel	0	m	0	—
16	Draft at FP	3,3	m	3,3	—
17	Deadrise at 50% LWL	15,4	deg.	—	—
18	Hard chine or Round bilge	Round bilge		—	—
19					
20	Frontal Area	0	m ²		
21	Headwind	0	kn		
22	Drag Coefficient	0			
23	Air density	0,001	tonne/m ³		
24	Appendage Area	0	m ²		
25	Nominal App. length	0	m		
26	Appendage Factor	1			
27					
28	Correlation allow.	0,0004		Calculated by m	0,0004
29	Kinematic viscosity	0,0000011	m ² /s		0,0004
30	Water Density	1,026	tonnel		

Running hambatan kapal menggunakan method *Holtrop* dikarenakan lambung kapal Tugboat GT.244 berbentuk U. Lambung kapal berbentuk U memiliki nilai displacement besar. Kecepatan servis kapal Tugboat GT. 244 direncanakan 11 knots. Table hasil perhitungan hambatan kapal pada kecepatan 11 knots menunjukkan nilai tahanan kapal 54,9 kN, sedangkan power yang dibutuhkan sebesar 310,78 kW. Selengkapnya hasil perhitungan dengan menggunakan software *maxsurf* student version dapat dilihat pada tabel. 2 didapatkan perhitungan hambatan kapal.



Gambar 2. Grafik Perbandingan antara kecepatan dengan nilai tahanan kapal

Dari gambar grafik tersebut di atas dapat kita analisa bahwa kecepatan kapal berbanding lurus dengan nilai hambatan kapal. Semakin besar kecepatan kapal maka nilai hambatan kapal yang dihasilkan akan semakin besar. Berikutnya bentuk gelombang yang terjadi akibat adanya tahanan pada kecepatan servis kapal Tugboat GT.244 sebagai berikut ini.



Gambar 3. Alur Gelombang kapal bergerak pada kecepatan 11 Knots

4. Pembahasan

4.1. Engine Matching Propeller

Besarnya gaya hambat yang terjadi harus mampu diatasi oleh gaya dorong kapal (*thrust*) yang dihasilkan dari kerja alat gerak kapal (*propulsor*). Daya yang disalurkan (PD) ke alat gerak kapal adalah berasal dari Daya Poros (PS), sedangkan Daya Poros sendiri bersumber dari Daya Rem (PB) yang merupakan daya luaran motor penggerak kapal. Nilai tahanan total didapatkan sesuai dengan kondisi existing pada kecepatan 11 knot dengan menggunakan bantuan perangkat lunak *software Maxsurf resistance*. Maka didapatkan nilai tahanan kapal Tug Boat 244 GT dengan mesin ganda sebagai berikut ini:

$$R_T = 54,90 \text{ KN}$$

Dimana :

$$1 \text{ Knot} = 0.5144 \text{ m/s}$$

$$R_T = R_T \times (V_s^2)$$

$$R_T \text{ SERV} = R_T \times 1,18$$

4.2. Gaya Dorong Kapal

Gaya dorong kapal (*Thrust*) digunakan untuk mengatasi Tahanan (Resistance) atau Gaya Hambat Kapal.

Dimana :

$$T_{Hull} = \text{Gaya dorong kapal}$$

$$V_a = \text{Kec. Advanced dari fluida yang melintasi propeller disk}$$

$$t = \text{Thrust Deduction Factor}$$

$$w = \text{Wake Fraction}$$

4.3. Karakteristik Baling-Baling

Secara umum karakteristik dari baling-baling kapal pada kondisi open water test adalah seperti yang direpresentasikan pada Diagram KT – KQ – J. Setiap tipe dari masing-masing baling-baling kapal, memiliki karakteristik kurva kinerja yang berbeda-beda. Sehingga kajian terhadap karakteristik baling-baling kapal tidak dapat di-generalised untuk keseluruhan bentuk atau tipe dari baling-baling. Model persamaan untuk karakteristik kinerja baling-baling kapal adalah sebagai berikut:

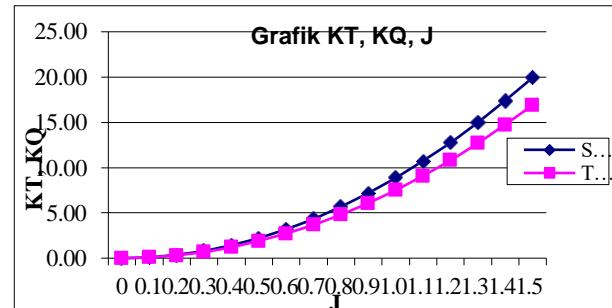
Dimana :

K_T	= Koefisien Gaya Dorong (<i>Trust</i>) Baling-baling
J	= Koefisien Advanced Baling-baling
N_B	= Putaran Baling-baling
D_B	= Diameter Baling-baling
T_{Prop}	= Gaya Dorong Baling-baling
ρ	= Massa Jenis Fluida (<i>Fluid Density</i>)
α	= koefisien
β	= Konstan

Interaksi lambung kapal dan baling-baling (*Hull & Propeller Interaction*) merupakan upaya-upaya pendekatan di atas kertas untuk mendapatkan karakteristik kinerja baling-baling saat beroperasi untuk kondisi *behind the ship*. Jika ditambahkan untuk kebutuhan Hull Service Margin; yaitu kebutuhan yang dikarenakan dalam perhitungan perencanaan, yang mana analisanya dikondisikan untuk *ideal conditions*, antara lain : ¹. “*perfect surfaces*” pada lambung dan baling-baling kapal, ². *calm wind & seas*, maka perlu ditambahkan *allowances* sebesar $\pm 20\%$ dari nilai K_T tersebut. Dan notasinya pun ditambahkan *sub-script* “*SM*”, yang artinya adalah *service-margins*. Langkah berikutnya adalah dengan membuat ‘tabulasi’. Harga “ J ” diambil dari *Diagram Openwater Test* baling-baling yang akan digunakan pada kapal, yaitu dari angka terendah bergerak secara *gradual* ke angka tertingginya. Kemudian, hasil tabulasi tersebut di-*plot*-kan pada *Diagram Openwater Test baling-baling* tersebut seperti yang di-ilustrasi-kan pada gambar-gambar berikut ini : Dimana :

$$K_{T \text{ TRIAL}} = \beta \times J^2$$

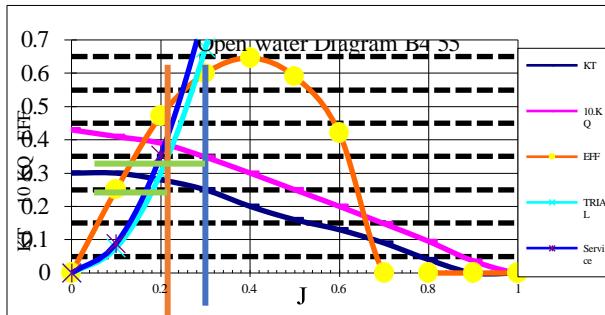
$$K_{T \text{ SERVICE}} = (1 + 18\%) \times K_{T \text{ TRIAL}}$$



Gambar 4. Grafik karakteristik KT, KQ, dan J

Pada kapal Tugboat GT.244 dengan mesin ganda menggunakan baling seri B dengan jumlah daun baling-baling 4 (empat) maka digunakan grafik open water propeller type B4 55 pada P/D 0,67. Pada Gambar di bawah terlihat bentuk interaksi dari kinerja propeller pada kondisi di belakang badan kapal, yang mana pada Kurva *Trial* merupakan trendline koefisien propeller thrust untuk trial conditions. Dan dengan melihat keadaan kurva J , diperoleh harga koefisien *propeller torque*, K_Q pada kondisi trial. Sedangkan, Kurva *service* adalah trendline dari *propeller thrust coefficient* pada kondisi *hull service margin* dan dengan menarik kurva J

sedemikian hingga melewati titik KT-SM, maka diperoleh koefisien torsi baling-baling, KQ-SM, pada kondisi *hull service margin*. Selanjutnya, kedua angka KQ dan KQ-SM inilah yang digunakan untuk menentukan karakteristik beban propeller (*propeller load characteristics*)



Gambar 5. Grafik open water diagram untuk $P/D = 0,67$

Berdasarkan Pembacaan grafik open water diagram untuk $P/D = 0,67$ maka didapatkan hasil :

1. Titik operasi propeller pada kondisi trial (Clean Hull):

J	KT	10KQ	KQ	η %
0,230	0,38	0,37	0,037	0,420

2. Titik operasi propeller pada kondisi service margin 18% (kondisi service):

J	KT	10KQ	KQ	η %
0,170	0,250	0,2350	0,024	0,520

4.4. Karakteristik Beban Baling-baling

Di dalam mengembangkan ‘trend’ karakteristik beban propeller, variabel yang terlibat adalah propeller torque dan propeller speed. Untuk propeller torque merupakan hasil pengolahan secara grafis dari hull & propeller interaction, yaitu KQ dan KQ – SM ; yang kemudian dikembangkan seperti persamaan di bawah ini, Engine- Propeller Matching (Ir. Suryo W M.Sc.C.Eng FlImarEST (29).hal12

Di mana :

$$\begin{aligned} Q_{PROP} &= \text{Torsi Baling-baling (Propeller Torque)} \\ Do &= \text{Diameter propeller open water condition} \\ DB &= \text{Diameter propeller behind the ship condition} \\ \gamma_{TRIAL} &= KQ_{CH} \times \rho \times (D^5) \\ \gamma_{SM} &= KQ_{SM} \times \rho \times (D_B^5) \\ Q_{PROP} &= KQ_{SM} \times \rho \times (D_B^5) \\ \text{Dimana} &: \\ K_Q \times \rho \times D_B^5 & \quad \text{Konstan} = \gamma \\ \text{Dimana} &: \\ Do &= 4,83 \text{ m} \\ DB &= 4,59 \text{ m} \\ \gamma_{TRIAL} &= 75,18 \\ Q_{PROP\ TRIAL} &= 250,11 \times N_B^2 \\ \gamma_{SM} &= 49,07 \\ Q_{PROP\ SV} &= 275,13 \times N_B^2 \\ P_{B\ ENGINE} &= 1138 \text{ hp} \\ \text{Putaran} &= 1450 \text{ Rpm} \\ \text{ratio gearbox} &= 4,960 \end{aligned}$$

4.5. Grafik Engine Propeller Matching

Menentukan Harga Power Coefficient Dari Pemilihan Engine maka Diperoleh Besarnya daya Yang disalurkan sebesar

P_{MCR}	= 1138 Hp
Rpm	= 1450 rpm
Ratio Gear Box	= 1 : 4,96
Sehingga Putaran	= 720 / 6,13
Poros	
N	= 292,34 rpm = 4,87 rps
Rtot Clean	Adalah Hambatan Total
Hull	= 45,10 kondisi Clean Hull
N	= 292,34 Adalah Putaran Propeller
	Adalah Propulsive
Pc	= 0,7700 Coefficient
RPS	= Rpm / 60
Va	= N x J clean Hull x Do
Vs	= Va / (1-w)
EHP	= Rtot Clean Hull x VS
DHP	= PE / Pc
SHP	= DHP / 0,98

Tahap berikutnya adalah mentabulasikan dengan inputan “propeller speed”, yang diperoleh dari “engine speed” setelah diturunkan oleh *mechanical gears* (perhatikan *gears ratio-nya*). Dilustrasikan tentang tabulasi dan trend dari *propeller power* yang dikembangkan.

a. Clean Hull	
RPM dikali 10 % setiap kenaikan sampai dengan 1450	
RPM di mana :	
RPM = Setiap kenaikan 10 % dikali dengan Rasio Gearbox	
% RPM = RPM x N (putaran propeller)	
RPS = RPM/60	
Va = RPS x J_{CH} x Do	
Vs (m/s) = Va x w	
Vs (knot) = Vs x 5,144	
% Vs = Vs (knot) x Vs (11 knot)	
$Q_{PROP} = \gamma_{TRIAL} \times (RPS^2)$	

Tabel 4. Perhitungan torque Propeller (Q_{PROP})

RPM	Putaran Propeller			Va (m/s)	Vs (m/s)	Vs (Knot)	% Vs	Q_{PROP}
	RPM	% RPM	RPS					
145	29,23	10%	0,49	0,541	0,859	1,67	15,18%	18,3
290	58,47	20%	0,97	1,083	1,718	3,34	30,37%	73,4
435	87,70	30%	1,46	1,624	2,577	5,01	45,55%	165,1
580	116,94	40%	1,95	2,165	3,437	6,68	60,73%	293,5
725	146,17	50%	2,44	2,706	4,296	8,35	75,92%	458,6
870	175,40	60%	2,92	3,248	5,155	10,02	91,10%	660,3
1015	204,64	70%	3,41	3,789	6,014	11,69	106,29%	898,8
1160	233,87	80%	3,90	4,330	6,873	13,36	121,47%	1173,9
1305	263,10	90%	4,39	4,871	7,732	15,03	136,65%	1485,7
1450	292,34	100%	4,87	5,413	8,592	16,70	151,84%	1834,3

Langkah selanjutnya menghitung Power engine pada kondisi clean hull dalam (%) di mana :

(BHp) pada EHP = $2 \times 3,14 \times \text{RPS} \times Q_{\text{PROP}}$

(KWh) = (BHp) pada EHP x 0.7347

(BHp) pada DHP = (BHp) pada EHP / Pc

(BHp) pada SHP = (BHp) pada DHP / 0.98

BHPscr = (BHp) pada SHP / 0.98

BHPmcr = BHPscr / 0.85

% BHP = (BHPmcr / P_B ENGINE) x 100%

Tabel 5. Perhitungan Power engine pada kondisi clean hull dalam (%)

EHP (BHp)	DHP (BHp)	SHP (BHp)	BHPscr	BHPmcr	% BHP
56,12	41,2348	72,89	74,38	75,89	89,29
449,00	329,878	583,11	595,01	607,16	714,30
515,37	1113,34	1968,01	2008,17	2049,15	2410,77
591,98	2639,03	4664,91	4760,11	4857,26	5714,42
015,59	5154,35	9111,15	9297,09	9486,83	11160,97
2122,93	8906,72	15744,07	16065,37	16393,24	19286,16
9250,77	14143,5	25000,99	25511,22	26031,86	30625,71
8735,84	21112,2	37319,27	38080,89	38858,05	45715,35
0914,89	30060,2	53136,22	54220,64	55327,18	65090,80
6124,68	41234,8	72889,20	74376,73	75894,62	89287,79
					78,46

b. Service

RTot = 262,40 Dimana RT Service = $(1 + 18\%)$
 Serv. = x RT
 N = 292,34
 Pc = 0,7700
 RPS = Rpm / 60
 Va = N x JServ x DB
 Vs = Va / (1-w)
 EHP = Rtrot Serv. x VS
 DHP = PE / Pc
 SHP = DHP / 0.98

Tabel 6. Perhitungan torque propeller dalam kondisi service

M	Putaran Propeller			V _a	V _s	V _s (Knot)	% V _s	Q _{PRO}
	RPM	% RPM	RPS	(m/s)	(m/s)			
45	29,23	10%	0,49	0,400	0,635	1,23	11,22%	11,6
90	58,47	20%	0,97	0,800	1,270	2,47	22,44%	46,6
35	87,70	30%	1,46	1,200	1,904	3,70	33,66%	104,8
80	116,94	40%	1,95	1,600	2,539	4,94	44,88%	186,4
25	146,17	50%	2,44	2,000	3,174	6,17	56,10%	291,2
70	175,40	60%	2,92	2,400	3,809	7,40	67,31%	419,4
15	204,64	70%	3,41	2,800	4,444	8,64	78,53%	570,8
60	233,87	80%	3,90	3,201	5,079	9,87	89,75%	745,6
05	263,10	90%	4,39	3,601	5,713	11,11	100,97%	943,6
50	292,34	100%	4,87	4,001	6,348	12,34	112,19%	1165,

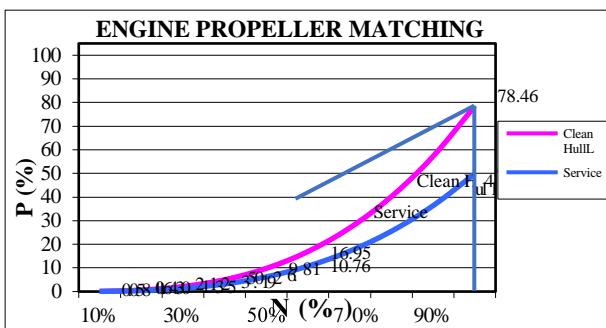
Menghitung power Engine pada saat service dalam (%) di mana :

(BHp) pada EHP = $2 \times 3,14 \times \text{RPS} \times Q_{\text{PROP}}$
 (KWh) = (BHp) pada EHP x 0.7347
 (BHp) pada DHP = (BHp) pada EHP / Pc
 (BHp) pada SHP = (BHp) pada DHP / 0.98
 BHPscr = (BHp) pada SHP / 0.98
 BHPmcr = BHPscr / 0.85
 % BHP = (BHPmcr / P_B ENGINE) x 100%

Tabel 7. Perhitungan power engine pada saat service dalam (%)

EHP Hp	DHP (KW)	SHP (BHp)	BHPscr	BHPmcr	% BH
,65	48,5188	46,29	47,24	48,20	56,71
,17	388,15	370,36	377,91	385,63	453,68
,46	1310,01	1249,95	1275,46	1301,49	1531,16
1,39	3105,2	2962,85	3023,31	3085,01	3629,43
5,84	6064,85	5786,81	5904,91	6025,42	7088,73
9,70	10480,1	9999,61	10203,68	10411,92	12249,32
6,84	16641,9	15879,01	16203,07	16533,75	19451,47
1,14	24841,6	23702,78	24186,51	24680,11	29035,42
6,49	35370,2	33748,68	34437,43	35140,24	41341,45
6,76	48518,8	46294,49	47239,28	48203,34	56709,81
					49,83

Dari Perhitungan Power engine pada kondisi clean hull dalam (%) dan Perhitungan power engine pada saat service dalam (%) digambarkan dalam grafik *Engine Rating* yang dimiliki oleh mesin Yanmar Seri 6EY 17W.



Gambar 6. Grafik Engine propeller matching mesin Yanmar 6EY 17W

Dengan demikian dapat dilihat dari gambar 6. grafik *engine propeller matching* dapat kita analisa, bahwa sudah dapat dikatakan *Maching* (sesuai) dengan kebutuhan daya mesin kapal Tugboat GT.244 dengan mesin ganda yang diperlukan. Dapat dilihat dari garis tegak lurus pertemuan antara titik BHP Clean Hull sebesar 78,46 % dengan BHP Service sebesar 49.83 % pada posisi Putaran baling-baling 97 % .

5. Kesimpulan

Dari hasil analisa dan pembahasan maka, Dalam melakukan perhitungan nilai tahanan dan daya penggerak kapal kita harus mengetahui ukuran utama kapal; Nilai tahanan kapal yang digunakan adalah 54.9 kN dari proses perhitungan menggunakan *software Maxsurf* sebagai validasi nilai tahanan kapal Tugboat GT. 244 dengan mesin ganda yang digunakan; Dalam melakukan pemilihan mesin kapal kita cari daya mesin kapal yang sesuai atau paling tidak mendekati; Pada perhitungan pemilihan mesin utama kapal menghasilkan nilai BHP Clean Hull sebesar 78,46 % dengan BHP Service sebesar 49.83 % pada posisi putaran baling-baling sebesar 97 % dengan mesin yang terpasang 2 x 837 KW (1138 HP)/1450 RPM. sudah cocok dengan sistem propulsor yang ada ditandai dengan Grafik Engine propeller matching.

6. Ucapan Terimakasih

Saya dari hati yang paling dalam mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah terlibat dalam penelitian ini terutama keluarga, teman mahasiswa S-1 Teknik Mesin, dosen pembimbing Universitas Batam, serta teknisi galangan kapal PT. BUANA BESTARI SHIPYARD Batam. Serta secara khusus saya mengucapkan terima kasih kepada Program Studi S-1 Teknik Mesin, Universitas Batam yang telah memberi dukungan atas penelitian ini.

7. Daftar Pustaka

- [1] Eko Prayitno MM, 2012, “Analisa teknis optimalisasi sistem propulsi kapal ikan menggunakan cvt gearbox”, Jurnal Teknik Permesinan Kapal, PPNS – ITS, Kapal-vol.9 No.3 Oktober 2012, Surabaya.
- [2] Harvald “Tahanan dan Propulsi Kapal”. <https://inamec.com/auxiliary/jenis.kapal/fungsikapal-tugboat/>.
- [3] *Maxsurf Resistance Program Metode Holtrop*.
- [4] Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 51 Tahun 2002 Tentang Perkapalan.
- [5] Peraturan Menteri PM. 93 Tahun 2019 Tentang Sarana Bantu dan Prasarana Pemanduan Kapal.
- [6] Pramono S., 2021, “Analisa perhitungan daya mesin kapal menggunakan metode guldhamer-harvald” Jurnal Saintek Maritim, Volume 21 Nomor 2, Maret 2021, ISSN: 1412-6826, e-ISSN: 2623-2030, Semarang.
- [7] PT. Buana Bestari Shipyard, Jl. Patimura No.1, Kabil, Kecamatan Nongsa Kota Batam, Kepulauan Riau.
- [8] Sarwoko & Santoso B, “Computational tahanan kapal untuk menentukan daya mesin utama kapal ikan 5 G” Jurnal Teknik Perkapalan, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro, Jurnal Teknik Perkapalan, Politeknik Negeri Bengkalis.
- [9] Sugianto E & Winarno A, 2017, “Computational model tahanan kapal untuk menentukan kebutuhan daya kapal bulk carrier 8664 DW”. <http://journal.trunojoyo.ac.id/jurnalkelautan>, Jurnal kelautan Volume 10 No. 2, 2017, ISSN:1907-9931(print), 2476-9991(online), Madura.
- [10] S.W. Adji, 2005 “*Engine-Propeller Matching I. Review Tentang Daya Motor Penggerak Kapal*”