

Analisis Engine Propeller Matching Pada Kapal X Akibat Modifikasi Lambung Untuk Mendapatkan Sistem Propulsi Yang Optimal

Achmad Jamaluddin Sudaryono¹, Erifive Pranatal²
Teknik Perkapalan, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya^{1,2}
e-mail: jamal.achmad07@gmail.com¹, erifive@itats.ac.id²,

ABSTRACT

Modifications or changes to the ship's hull body will affect to the basic dimensions of the ship and it will also changes the technical aspects of the ship. In this research the ship will be modified to lengthen the parallel middle body and the affect to propulsion system of the ship. Based on the analysis the ship resistance value was increased that the ship resistance before modifying the ship resistance was 94,265 kN while after the modification the ship resistance was 102,072 kN. Based on the ship's resistance value analysis and calculations are then carried out to select a propeller that is appropriate to the ship's resistance value and main engine of the ship. The B4-40 type propeller was selected with 1,873 m diameter, P/D 0,773 and the efficiency was 0,595. The B4-40 type propeller was also has τc burril value greater than τc cal so the cavitation was not occurs in propeller operation and in the 0,85MCR the speed (Vs) of the ship was 12,434 knot on 792,71 RPM in the clean hull condition while in the rough condition the ship's speed was 12,274 knot on 785,009 RPM. Matching point value was the engine produced 97,55 % power on 97,07% RPM in the clean hull condition, while in the rough hull the engine produced 96,76% power on 96,13% RPM.

Keyword : Engine Propeller Matching, Lengthen of the ship, Speed Power Prediction.

ABSTRAK

Modifikasi atau perubahan pada lambung kapal akan mempengaruhi perubahan ukuran-ukuran pokok kapal yang mengakibatkan aspek-aspek teknis kapal juga akan terpengaruh. Pada penelitian ini dilakukan Analisa terhadap modifikasi penambahan panjang kapal pada *parallel middle body* kapal dan pengaruhnya terhadap sistem propulsi yang ada pada kapal. Berdasarkan analisa didapatkan pada kapal yang telah dilakukan penambahan panjang terjadi penambahan nilai tahanan kapal, dimana sebelum modifikasi nilai tahanan sebesar 94,265 kN sedangkan setelah modifikasi 102,072 kN. Berdasarkan nilai tahanan kapal yang berubah kemudian dilakukan analisa dan dipilih *propeller* yang sesuai dengan tahanan kapal dan mesin utama. Tipe *propeller* B4-40 dipilih dengan nilai diameter 1,873, P/D 0,773 dan nilai efisiensi sebesar 0,595. Tipe *propeller* B4-40 juga memiliki nilai τc burril lebih besar dibandingkan dengan nilai τc cal sehingga pada saat operasional *propeller* tidak mengalami kavitasi dan diketahui juga pada kondisi mesin 0,85 MCR kecepatan (Vs) yang mampu dihasilkan adalah 12,434 knot pada 792,71 RPM dengan kondisi desain atau *clean hull*, sedangkan pada kondisi dinas atau *rough hull* adalah 12,274 knot pada 785,009 RPM. Nilai *matching point* menghasilkan daya 97,55 % pada 97,07% RPM pada kondisi *clean hull*, sedangkan 96,76 % daya pada 96,13 % RPM pada kondisi *rough hull*.

Kata Kunci : Engine Propeller Matching, Modifikasi Panjang kapal, , Speed Power Prediction

PENDAHULUAN

Kapal adalah kendaraan pengangkut penumpang atau barang di laut atau sungai dan sebagainya. Perkembangan industri perkapalan di Indonesia telah berkembang pesat. [1] Salah satu perkembangan tersebut adalah inovasi dalam melakukan modifikasi bentuk lambung kapal yang dilakukan oleh galangan kapal di Indonesia. Modifikasi kapal merupakan hal yang biasa dilakukan pada sebuah kapal, khususnya pada kapal yang sudah beroperasi. [2] Perubahan bentuk lambung kapal yang telah beroperasi biasanya dilakukan untuk mendapatkan keuntungan semaksimal mungkin seperti daya angkut baik muatan maupun penumpang dan juga untuk peningkatan performa kapal. Didalam perencanaan kecepatan kapal yang diinginkan sangat dipengaruhi oleh bentuk badan kapal yang akan menimbulkan hambatan kapal, daya mesin penggerak, dan baling-baling sebagai alat pendorong. Bentuk lambung yang mengalami modifikasi perubahan penambahan panjang pada *parallel middle body* akan memberikan pengaruh pada seakeeping pada kapal, serta hambatan dan tahanan kapal. Pemilihan sistem propulsi kapal didasarkan pada besarnya tahanan kapal yang dipengaruhi oleh banyak faktor salah satunya bentuk lambung kapal. [3] Perubahan tahanan kapal karena perbedaan sudut *deadrise* mempengaruhi kurva beban *propeller*. [4] Modifikasi atau perubahan lambung kapal berarti juga mempengaruhi perubahan ukuran-ukuran pokok kapal. Inilah yang mengakibatkan aspek-aspek teknis dari kapal juga akan terpengaruh, misalnya luas

permukaan basah akan bertambah sehingga tahanan air terhadap lambung kapal juga bertambah, sedangkan tenaga motor induk terpasang dan *propeller* tetap. [5] Sistem propulsi kapal berinteraksi dengan lambung kapal dan merubah pola aliran serta nilai hambatan dari kapal itu sendiri. Dalam operasinya di laut, suatu kapal harus memiliki kemampuan untuk mempertahankan kecepatan dinas (V_s) seperti yang direncanakan. [6] Hal ini mempunyai arti bahwa kapal haruslah memiliki sistem rancangan sistem propulsi yang dapat mengatasi gaya-gaya hambat (total resistance) yang ada sehingga dapat memenuhi kecepatan standarnya. Dalam setiap desain kapal *engine – propeller matching* sangat penting diperhatikan untuk melihat hubungan desain *propeller*, *load*, dan *engine* yang digunakan terkait kecepatan dan tentunya nilai ekonomis dari *engine* yang akan digunakan. [7] Pada tahapan desain beberapa metode pengujian model diperlukan untuk memverifikasi hasil perhitungan desain kapal antara lain uji *resistance*, untuk menentukan berapa *resistance* kapal guna menentukan besaran mesin penggerak yang dibutuhkan, uji *open water* untuk mengetahui karakteristik desain *propeller*, uji *self propulsion* untuk mengetahui karakteristik dan pengaruh bentuk lambung kapal terhadap kinerja *propeller*. [8] Optimasi lambung kapal dapat meningkatkan performa namun perlu menghitung kembali hambatan dan sinkronisasi *engine propeller* untuk mendapatkan konfigurasi yang optimal. Berdasarkan hal tersebut maka perlu adanya perhitungan performa kapal kembali akibat adanya perubahan bentuk lambung kapal baru. [9]

TINJAUAN PUSTAKA

Tahanan Kapal

Kapal yang bergerak didalam air akan mengalami suatu perlawanan gaya yang disebut tahanan atau *resistance* (R_t). Tahanan kapal pada suatu kecepatan adalah gaya fluida yang bekerja pada kapal sedemikian rupa sehingga melawan Gerakan kapal tersebut. Tahanan tersebut sama dengan komponen gaya fluida yang bekerja sejajar dengan sumbu Gerakan kapal [10]. Tujuan perhitungan tahanan kapal ini berpengaruh pada perencanaan bentuk lambung kapal dan perhitungan daya mesin induk kapal yang dibutuhkan. Dalam perhitungan tahanan kapal terdapat beberapa metode perhitungan pendekatan secara manual yang dapat digunakan diantaranya Metode Harvald, Taylor, Holtrop, dan Diagram Lap. Untuk saat perhitungan tahanan juga dapat dilakukan dengan menggunakan bantuan *software* dengan cara memasukkan data kapal kemudian *software* dapat menganalisa tahanan kapal berdasarkan metode yang digunakan. Metode perhitungan tahanan kapal yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode Holtrop.

Secara umum kapal yang bergerak didalam air dengan kecepatan tertentu akan mengalami tahanan atau *resistance* (R_t), besarnya tahanan kapal ini harus mampu diatasi oleh daya dorong kapal (*thrust*) yang dihasilkan oleh kinerja sistem penggerak kapal. Daya adalah tenaga atau power yang dapat menggerakkan suatu benda, sedangkan pengertian daya mesin induk pada kapal adalah *power* yang dibutuhkan untuk memutar *propeller* sehingga dapat menggerakkan kapal dengan kecepatan tertentu. Perhitungan daya kapal bertujuan untuk mendapatkan daya yang diperlukan untuk membuat kapal bergerak maju melawan tahanan yang berlawanan arah dengan arah gerak kapal.

Perhitungan dan Pemilihan *Propeller*

Perhitungan pemilihan daun *propeller* adalah perencanaan yang bertujuan untuk mendapatkan karakteristik dari daun *propeller* baik diameter maupun efisiensi *propeller* yang sesuai dengan kapal yang akan di rancang. Tujuan dari pemilihan tipe *propeller* adalah untuk menentukan karakteristik *propeller* yang sesuai dengan karakteristik badan kapal dan besar daya yang dibutuhkan sesuai dengan kebutuhan kapal. [11] Prinsip dalam perhitungan ini adalah dengan mengacu pada karakteristik *propeller* yang diteliti pada *open water test* oleh Taylor yang kemudian dengan perumusan dan perhitungan akan didapatkan karakteristik *propeller* pada *behind the ship* kapal yang dirancang.

Kavitasi adalah peristiwa munculnya gelembung- gelembung uap air bertekanan pada permukaan daun *propeller* yang disebabkan oleh perbedaan tekanan yang cukup besar pada kedua sisi *propeller* (*back* dan *face*). Kavitasi sangat merugikan bagi *propeller* karena gelembung-gelembung uap air tersebut dapat mengikis permukaan daun *propeller*, selain itu kavitasi juga dapat mengurangi efisiensi *propeller*. Perhitungan resiko kavitasi sangat penting untuk memastikan bahwa *propeller* yang dipilih bebas dari kerusakan yang diakibatkan oleh kavitasi. Perhitungan resiko kavitasi dapat dilakukan dengan metode diagram burril.

Engine Propeller Matching

Engine Propeller Matching (EPM) adalah mematch-kan antara kebutuhan daya yang dapat diterima oleh propeller (karakteristik beban *propeller*) dengan *operating range* dari *engine* sehingga bertemu pada titik dimana karakteristik beban *propeller* masuk pada *engine operation range* tersebut dengan efisiensi daya yang dikeluarkan *propeller* harus lebih dari 98% daya yang dikeluarkan *engine* pada saat perencanaan. EPM direncanakan dalam kondisi rpm 100% putaran motor dan BHP_{SCR} berkisar 85% dari BHP_{MCR} [12]. *Matching point* merupakan suatu titik operasi dari putaran motor penggerak kapal (*engine speed*) yang tepat (*match*) dengan karakteristik beban *propeller*. Untuk mengetahui *matching point* dilakukan *plotting engine power*, *engine speed*, dan karakteristik beban *propeller* saat *Trial* dan *Service*. Perhitungan dan *plotting* beban karakteristik *propeller* dan *output maximum* daya dari *project guide main engine* yang telah dipilih.

METODE

Data yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari beberapa jurnal dan buku dengan tema sejenis sebelumnya dan data ukuran utama kapal, linesplan, data mesin utama. Adapun perhitungan tahanan kapal yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan metode perhitungan pendekatan Holtrop dan sebagai pembanding juga menggunakan *software Maxsurf Resistance*. Berdasarkan perhitungan tahanan kapal sebelumnya maka dapat ditentukan daya mesin yang dibutuhkan. Berdasarkan perhitungan kebutuhan daya mesin kemudian dilakukan perhitungan kebutuhan spesifikasi *propeller*. Berdasarkan spesifikasi *propeller* yang telah dipilih maka selanjutnya dilakukan analisa kinerja *propeller* dan analisa terjadinya kavitasi. Selanjutnya dilakukan *Matching Point*, dimana *Matching point* merupakan suatu titik operasi dari putaran motor penggerak kapal (*engine speed*) yang tepat (*match*) dengan karakteristik beban *propeller*[13]. Dari data yang telah di analisa secara keseluruhan dalam penelitian ini maka akan diolah untuk kemudian dilakukan penarikan kesimpulan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan Tahanan Kapal

Nilai penambahan panjang kapal ditentukan berdasarkan data kapal pembanding sebelumnya berdasarkan referensi atau jurnal-jurnal yang berkaitan dengan penambahan panjang pada kapal. Modifikasi penambahan panjang kapal pada penelitian ini dilakukan pada daerah *parallel middle body*. Adapun data ukuran utama kapal sebelum dan sesudah modifikasi penambahan panjang yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Ukuran utama kapal sebelum dan sesudah modifikasi

Kapal Sebelum Modifikasi		Kapal Sesudah Modifikasi	
Loa	71,83 m	Loa	84,48 m
Lwl	69,986 m	Lwl	82,636 m
Lpp	66,55 m	Lpp	79,2 m
H	4,5 m	H	4,5 m
T	2,7 m	T	2,7 m
B	11,4 m	B	11,4 m
Vs	13 Knot	Vs	13 Knot
Cb	0,685	Cb	0,721
Cm	0,924	Cm	0,924
Cp	0,741	Cp	0,781
Dwt	1474,93 m ³	Dwt	1834,70 m ³

Adapun perhitungan tahanan kapal yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan metode perhitungan manual dengan menggunakan metode holtrop dan pembuatan model dengan bantuan *software Maxsurf Resistance*. Adapun hasil perhitungan tahanan kapal menggunakan perhitungan manual dengan metode

holtrop dan bantuan *software Maxsurf Resistance* pada kapal sebelum dan sesudah modifikasi pada kecepatan dinas ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil perhitungan tahanan kapal sebelum dan sesudah modifikasi

Item	Manual	Maxsurf	Selisih
Sebelum Modifikasi	94,265 kN	93,3 kN	-1,03%

Perhitungan dan Pemilihan *Propeller*

Berdasarkan nilai tahanan kapal yang telah didapatkan selanjutnya dilakukan perhitungan dan pemilihan *propeller*. Adapun pemilihan *propeller* menggunakan tipe *B-Series* pada *propeller* B3, B4, dan B5. Dalam perhitungan pemilihan *propeller* beberapa parameter yang digunakan diantaranya *Delivery Horse Power* (DHP), putaran *propeller* (N), dan *Speed of Advance* (Va). Berdasarkan parameter-parameter di atas kemudian dilakukan pembacaan diagram Bp- δ untuk mengetahui nilai *pitch ratio* (P/D), *advance coefficient* (I/J), dan efisiensi *propeller* kondisi *open water* (η). Dilakukan *plotting* pada seluruh tipe *B-Series propeller* dan hasil pembacaan diagram Bp- δ dijelaskan pada Tabel 3:

Tabel 3. Hasil pembacaan diagram Bp- δ (1)

Tipe propeller	$0.1739(BP)^{0.5}$	P/Do	1/Jo	δ_o	η_o
B3-35	0,9320	0,732	2,150	217,7316	0,6108
B3-50	0,9320	0,721	2,156	218,3291	0,5948
B3-65	0,9320	0,750	2,099	212,5570	0,5714
B3-80	0,9320	0,831	2,101	212,7595	0,5489
B4-40	0,9320	0,762	2,039	206,4810	0,5888
B4-55	0,9320	0,751	2,064	209,0127	0,5868
B4-70	0,9320	0,776	2,036	206,1772	0,5768
B4-85	0,9320	0,824	1,974	199,8987	0,5631
B4-100	0,9320	0,884	1,901	192,5063	0,5486
B5-45	0,9320	0,810	1,957	198,1772	0,5768
B5-60	0,9320	0,798	1,978	200,3038	0,5802
B5-75	0,9320	0,809	1,973	199,7975	0,5710
B5-90	0,9320	0,839	1,935	195,9494	0,5671
B5-105	0,9320	0,888	1,878	190,1772	0,5539
B6-50	0,9320	0,873	1,868	189,1646	0,5683
B6-65	0,9320	0,850	1,909	193,3165	0,5718
B6-80	0,9320	0,854	1,901	192,5063	0,5701
B6-95	0,9320	0,876	1,877	190,0759	0,5609

Berdasarkan nilai Db pada tabel 3 kemudian dilakukan pencocokan dengan nilai diameter maksimal (D_{max}) yang diketahui dari persamaan $D_{max} = 0,7 \times T$ apakah *propeller* tersebut memiliki diameter yang cukup berdasarkan ukuran kapal. Adapun pencocokan ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil pencocokan Db dengan Dmax

Tabel Propeller	Db (ft)	Db (m)	Dmax (m)	Db < Dmax
B3-35	6,481	1,975	1,890	-
B3-50	6,499	1,981	1,890	-
B3-65	6,327	1,928	1,890	-

B3-80	6,333	1,930	1,890	-
B4-40	6,146	1,873	1,890	Terpenuhi
B4-55	6,221	1,896	1,890	-
B4-70	6,137	1,871	1,890	Terpenuhi
B4-85	5,950	1,814	1,890	Terpenuhi
B4-100	5,730	1,747	1,890	Terpenuhi
B5-45	5,899	1,798	1,890	Terpenuhi
B5-60	5,962	1,817	1,890	Terpenuhi
B5-75	5,947	1,813	1,890	Terpenuhi
B5-90	5,833	1,778	1,890	Terpenuhi
B5-105	5,661	1,725	1,890	Terpenuhi
B6-50	5,631	1,716	1,890	Terpenuhi
B6-65	5,754	1,754	1,890	Terpenuhi
B6-80	5,730	1,747	1,890	Terpenuhi
B6-95	5,658	1,724	1,890	Terpenuhi

Berdasarkan hasil pembacaan diagram $Bp-\delta$ maka dipilih *propeller* dengan nilai efisiensi paling tinggi dengan nilai diameter *propeller* yang memenuhi dengan nilai diameter maksimal. Selanjutnya dilakukan perhitungan kavitasi sebagai pertimbangan selanjutnya apakah *propeller* pada saat beroperasi mengalami kavitasi atau tidak. Adapun syarat dari tidak terjadinya kavitasi pada *propeller* adalah hasil pembacaan τ_c burril $> \tau_c$ cal. Adapun hasil perhitungan dan pembacaan diagram burril pada masing-masing tipe *propeller* ditunjukkan pada Tabel 5:

Tabel 5. Hasil perhitungan dan pembacaan diagram burril (1)

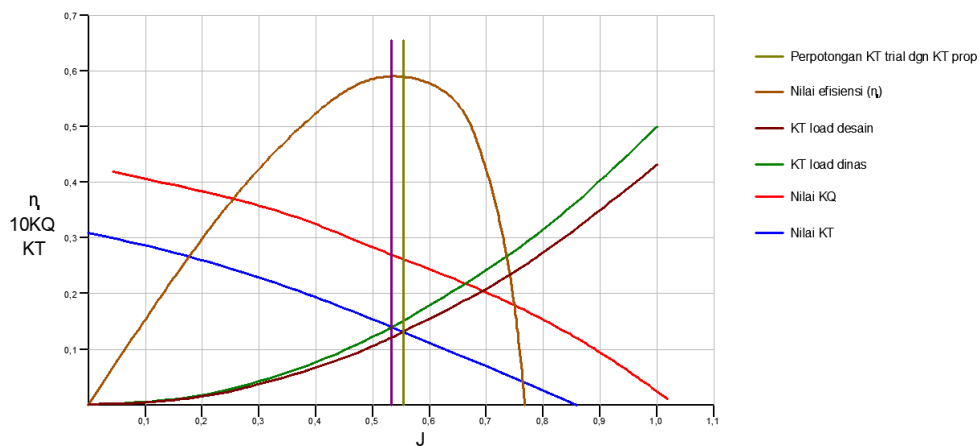
Tipe	NB (RPS)	Db (m)	$\sigma_{0,7R}$	$VR^2(m/s)$	A0	AD/A0
B3-35	6,003	1,975	0,314	710,981	32,972	35
B3-50	6,003	1,981	0,313	714,715	33,153	50
B3-65	6,003	1,928	0,329	679,076	31,423	60
B3-80	6,003	1,930	0,328	680,310	31,483	65
B4-40	6,003	1,873	0,348	642,593	29,652	80
B4-55	6,003	1,896	0,340	657,665	30,384	40
B4-70	6,003	1,871	0,349	640,796	29,565	55
B4-85	6,003	1,814	0,370	604,263	27,792	70
B4-100	6,003	1,747	0,397	562,696	25,774	85
B5-45	6,003	1,798	0,376	594,443	27,315	100
B5-60	6,003	1,817	0,368	606,586	27,905	45
B5-75	6,003	1,813	0,370	603,683	27,764	60
B5-90	6,003	1,778	0,384	581,861	26,705	75
B5-105	6,003	1,725	0,406	549,925	25,154	90
B6-50	6,003	1,716	0,410	544,420	24,887	50
B6-65	6,003	1,754	0,394	567,175	25,992	65
B6-80	6,003	1,747	0,397	562,696	25,774	80
B6-95	6,003	1,724	0,407	549,373	25,128	95

Berdasarkan pada Tabel 5 nilai τ_c burril seluruh tipe *propeller* lebih besar dibandingkan dengan nilai τ_c cal sehingga pada saat operasional *propeller* jenis semua tipe *propeller* yang digunakan pada kapal ini tidak

mengalami kavitasi berdasarkan pertimbangan nilai efisiensi, diameter maksimal dan perhitungan kavitasi maka dipilih tipe *propeller* B4-40 karena memiliki nilai efisiensi tertinggi dengan nilai diameter memenuhi serta tidak terjadi kavitasi.

Engine Propeller Matching

Setelah dilakukan pemilihan tipe *propeller* maka kemudian dilakukan *Analisa engine propeller matching* untuk mengetahui hubungan interaksi antara beban *propeller* dengan mesin penggerak utama. Membuat hubungan KT-J dimana nilai J divariasikan antara 0 – 1 dengan kelipatan 0,1 dan nilai KT didapatkan dari persamaan (2.76) dan akan divariasikan kecepatan diantaranya 10, 11, 12, 13, dan 14 Knot. Nilai KT trial dan KT dinas yang didapat kemudian diplotkan pada grafik *open water test* kemudian dari hasil pembacaan grafik *open water test* maka akan didapatkan nilai hubungan KT-J yang merupakan representasi hubungan antara *propeller thrust* koefisien terhadap kondisi *advance speed behind the ship*. Pembacaan grafik *open water test* berdasarkan dari grafik yang tertera pada jenis *propeller* yang dipilih. plot pada grafik *open water* pada masing-masing kecepatan adalah sebagai berikut :



Gambar 1. Open water curve B4-40 kecepatan 10 knot

Berdasarkan pembacaan diagram *open water* pada masing-masing kecepatan pada kondisi *trial* atau *clean hull* didapatkan nilai yang ditunjukkan pada Tabel 6 dan 7 sebagai berikut.

Tabel 6. Hasil pembacaan diagram KT-J kondisi clean hull (1)

	Vs	Va	KT	J	KQ	Efisiensi	Np	Ne	Q	
	Knot	m/s	m/s				rps	rps	kN	
	10	5,144	4,329	0,136	0,562	0,026	0,593	4,112	9,704	10,555
	11	5,659	4,762	0,139	0,554	0,027	0,594	4,588	10,829	13,342
	12	6,173	5,195	0,146	0,538	0,027	0,593	5,154	12,164	17,214
	13	6,688	5,628	0,149	0,528	0,028	0,592	5,690	13,428	21,281
	14	7,202	6,061	0,154	0,515	0,028	0,590	6,282	14,826	26,316

Tabel 7. Hasil pembacaan diagram KT-J kondisi clean hull (2)

Rt	T	DHP	BHPscr	Propeller	Main Engine			
kN	kN	kW	kW	rpm	rpm			
			%	%	%			
48,539	0,000	272,565	283,804	32%	246,716	68%	582,249	68%
61,873	0,000	384,467	400,319	45%	275,306	76%	649,723	76%
82,041	0,000	557,215	580,190	66%	309,266	86%	729,868	86%
102,072	0,000	760,411	791,765	90%	341,384	95%	805,665	95%
128,577	0,000	1038,21	1081,022	122%	376,924	105%	889,541	105%

Sedangkan hasil pembacaan diagram *open water* pada masing-masing kecepatan pada kondisi dinas atau *rough hull* didapatkan nilai yang ditunjukkan pada Tabel 8 dan 9 sebagai berikut.

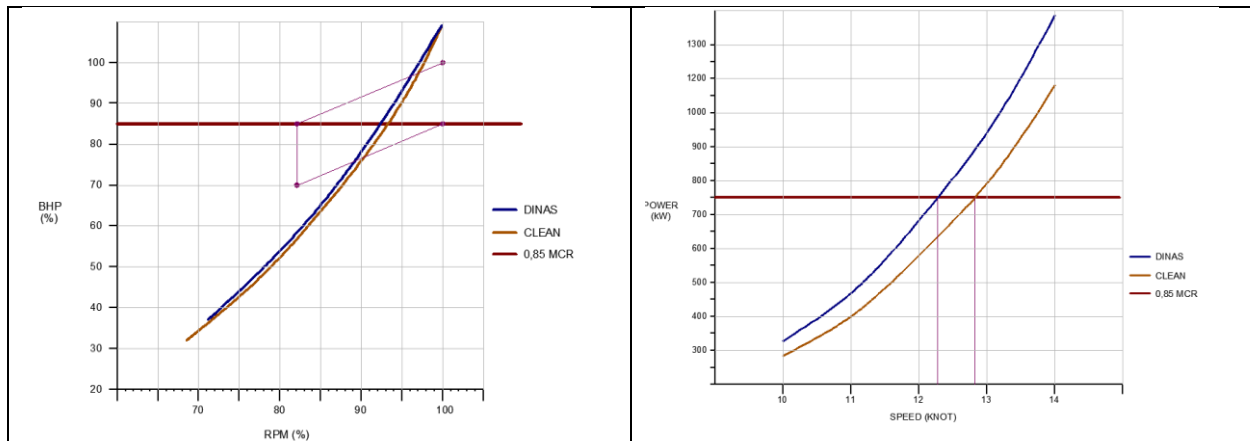
Tabel 8. Hasil pembacaan diagram KT-J kondisi rough hull (1)

Knot	Vs	Va	KT	J	KQ	Efisiensi	Np rps	Ne rps	Q kN
	m/s	m/s							
10	5,144	4,329	0,136	0,562	0,026	0,593	4,112	9,704	10,555
11	5,659	4,762	0,139	0,554	0,027	0,594	4,588	10,829	13,342
12	6,173	5,195	0,146	0,538	0,027	0,593	5,154	12,164	17,214
13	6,688	5,628	0,149	0,528	0,028	0,592	5,690	13,428	21,281
14	7,202	6,061	0,154	0,515	0,028	0,590	6,282	14,826	26,316

Tabel 9. Hasil pembacaan diagram KT-J kondisi rough hull (2)

Rt	T	DHP	BHPscr	Propeller	Main Engine
kN	kN	kW	kW	rpm	rpm
48,539	0,000	272,565	283,804	32%	246,716
61,873	0,000	384,467	400,319	45%	275,306
82,041	0,000	557,215	580,190	66%	309,266
102,072	0,000	760,411	791,765	90%	341,384
128,577	0,000	1038,21	1081,022	122%	376,924

Berdasarkan nilai pembacaan diagram *open water* maka dapat ditentukan speed and power prediction yang ditunjukkan pada gambar 6 dan plot pada kurva *engine envelope* yang ditunjukkan pada gambar 6.



Gambar 6. Grafik *engine and propeller matching* B4-40

Berdasarkan gambar 6 dengan menggunakan tipe *propeller* B4-40 didapatkan pada kondisi mesin 0,85% BHP_{MCR} kecepatan yang mampu dihasilkan pada kondisi desain atau *clean hull* adalah 12,434 knot, sedangkan pada kondisi dinas atau *rough hull* adalah 12,274 knot.

KESIMPULAN

Berdasarkan perhitungan dan analisa yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut: (i) besarnya tahanan kapal sebelum dan sesudah modifikasi mengalami kenaikan nilai tahanan kapal. Pada kapal sebelum modifikasi nilai tahanan sebesar 94,265 kN sedangkan setelah modifikasi 102,072 kN, (ii) karakteristik *propeller* yang sesuai dengan tahanan kapal dan mesin utama adalah tipe *propeller* B4-40 dengan nilai diameter 1,873, P/D 0,773 dan nilai efisiensi sebesar 0,595. Tipe *propeller* B4-40 juga memiliki nilai τ_c burril lebih besar dibandingkan dengan nilai τ_c cal sehingga pada saat operasional

propeller tidak mengalami kavitasi, (iii) pada kondisi mesin 0,85 MCR kecepatan (Vs) yang mampu adalah 12,434 knot pada 792,71 RPM dengan kondisi desain atau *clean hull*, sedangkan pada kondisi dinas atau *rough hull* adalah 12,274 knot pada 785,009 RPM. Nilai matching point menghasilkan daya 97,55 % pada 97,07% RPM pada kondisi *clean hull*, sedangkan 96,76 % daya pada 96,13 % RPM pada kondisi *rough hull*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sutiyyar (1994). Kamus Istilah Pelayaran dan Perkapalan. Jakarta: Pustaka Beta
- [2] Nugroho P. N. A. (2020). Efek Penambahan Panajang Terhadap Struktur Konstruksi Alas Ganda Kapal Roro.
- [3] Hidayanti H. N. (2020) Analisis Penentuan Batasan Tinggi Gelombang Pada Kondisi Operasional Kapal Ferry Akibat Pengaruh Modifikasi Penambahan Panjang Kapal (*Parralel Middle Body*). Diploma Thesis, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
- [4] Pranatal, E. (2022) Studi Interaksi Kapal – *Propeller* Pada *Planning Hull* Akibat Perbedaan Sudut *Deadrise*.
- [5] Mairuhu, T. (2010). Perubahan Bentuk Lambung Kapal Terhadap Kinerja Motor Induk
- [6] Harvald, Sv, Aa. (1992). Tahanan dan Propulsi Kapal, Airlangga University Press, Surabaya.
- [7] Nurhadi N. dkk. (2018). *Study of Engine Propeller Matching For High-speed Vessel With Gawn Series Propeller*.
- [8] ITTC (2002) *Recommended Procedure and Guideliness Testing and Extrapolation Method Propulsion, Propulsor Open Water Test*.
- [9] Paska, A. (2016). Analisa *Engine Propeller Matching* Pada Kapal Perintis Baru Type 200 Dwt Untuk Mendapatkan Sistem Propulsi Yang Optimal.
- [10] Haryanto, E. (2018) Pengaruh Modifikasi Buritan *Speed Boat* Terubuk Express 6 Terhadap Kecepatan Kapal. Inovtek Polbeng 8 (2), 297, 2018
- [11] Lewis, (1988). *Principles of Naval Architecture, second revision. In Society of Naval Architecs and Marine Engineers: Vol. II*.
- [12] Adji, S.W (2005), *Engine Propeller Matching*
- [13] Holtrop, J., & Mennen, G. G. J. (1982). *An Aproximate Power Prediction Method*.