

ANALISIS PERFORMA SISTEM PROPULSI PADA KAPAL SPOB AKIBAT PERGANTIAN GEARBOX

Wendhy Yozam^{1*}, Abdul Gafur¹, Subagio Soim²

Program Studi D4 Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia¹

Program Studi D3 Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia²

Email: wendhyyozam03@student.ppps.ac.id^{1*}; abdulgafur@ppns.ac.id^{1*}; subagiosoim@ppns.ac.id^{2*};

Abstract - In this final project, the performance of the propulsion system on the ship is analyzed SPOB. Sultan Samudera. With This is done to minimize errors in the selection or determination of gearboxes and other engines. The methods used are Engine Propeller Matching and Speed Power Prediction which will be compared with the sea trial report. Calculation of ship resistance is done manually using the Holtrop method at a speed of 10 knots, the results of engine propeller matching are used to determine the Match Point obtained, based on the calculation of the resistance obtained by the ship's resistance value $R_t = 91.045 \text{ Kn}$. The power requirements obtained are 1658,000 HP on the 2 Main Engines used and 817,694 HP per engine based on the main engine that has been determined. Then the Propeller type is Ka 4-70 with P/Db 1.100 meters and propeller efficiency (η) 0.561, the propeller does not cavitate and the match point in rough hull conditions against Gearbox Ratio 7.42: 1 occurs at 88.96% at 1900 rpm while at Gearbox Ratio 5: 1 rough hull conditions occurred at 290.74% at 1900 rpm, then in the Speed Power Prediction conditions compared to the Sea Trial "Against the Current" at a speed of 8.8 knots, the match point was obtained at 1600 rpm at 8.1 knots, while at Gearbox Ratio 5: 1 with a speed of 8.8 knots obtained a meeting point at 1160 rpm engine speed at 6.4 knots with known Sea Trial results, so the Gearbox Ratio of 7.42: 1 is quite close to the actual data owned by the company with the calculations obtained.

Keyword : SPOB, Ship Resistance, Gearbox, EPM, Propeller Diamter, Speed Power Prediction, Sea Trial.

Nomenclature

Rt	= Tahanan total kapal (Kn)
Vs	= Kecepatan dinas kapal (m/s)
Va	= <i>Speed of advance</i> (m/s)
n	= Putaran <i>propeller</i>
LWL	= Panjang garis air
B	= Lebar kapal (m)
T	= Tinggi sarat (m)
Cwl	= koefisien garis air
Cm	= koefisien midhisp
V	= Volume balok (m ³)

1. PENDAHULUAN

Dunia maritim kelautan pada era global ini, kapal laut semakin memegang peranan penting dalam jasa transportasi khususnya transportasi laut. Hal ini mengingat bahwa segi biaya, transportasi laut relatif lebih murah dari pada transportasi lainnya. Dari segi tersebut dapat diketahui, produsen cenderung menggunakan transportasi laut untuk menjalankan usaha niaganya. Dengan seiring berjalannya usaha niaga tersebut. Maka kinerja kapal laut harus dijaga agar dapat digunakan kapan dan dimana saja demi memperlancar proses pengiriman muatan dengan berbagai jenis muatan.

Tujuan ini akan sangat bergantung pada kemampuan dan teknologi untuk mengukur dan menganalisis kinerja sistem propulsi kapal. Yang bisa dilakukan adalah mengukur secara akurat dalam pemilihan *gearbox* dan memperhitungkan hambatan kapal secara *real time*. Perhitungan kinerja dan efisiensi propulsi secara *real-time* saat

kapal sedang berjalan. Namun, jarang mengukur, menghitung, dan menganalisis kinerja mesin kapal di bawah kondisi pelayaran niaga yang berlaku dalam penentuan mesin-mesin yang digunakan saat ini.

Untuk mengatasi masalah tersebut, perhitungan performa mesin kapal dalam pemilihan *gearbox* dapat dianalisis dengan mengintegrasikan nilai berbagai hambatan (angin, gelombang dan hambatan tambahan) yang dialami kapal, yang dilakukan oleh peneliti sebelumnya [2] dan estimasi daya adalah untuk mendapatkan nilai sebenarnya dari daya mesin dengan memprediksi kecepatan untuk mendapatkan nilai aktual dari daya mesin [2]

Salah satu faktor yang tidak dapat dianggap remeh yaitu sistem propulsi kapal. *Propeller* adalah alat penggerak kapal yang harus direncanakan dengan baik agar dapat mencapai tujuan pembangunan kapal dengan kecepatan yang optimal. Salah satu cara untuk meningkatkan efektifitas dari propulsi adalah dengan menggunakan *Kort nozzle Propeller*, dengan cara ini terbukti dapat meningkatkan meningkatkan gaya dorong *propeller*. *Kort nozzle Propeller* merupakan *Propeller* yang mempunyai saluran (*duct*) berupa foil yang mengelilingi baling-baling sehingga membentuk selubung atau tabung (*nozzle*), adapun *nozzle* yang digunakan yaitu *nozzle* 19a, bentuk aliran fluida pada *kort nozzle* 19a alirannya lebih memusat dibanding *propeller*

konvensional, bergelombang dan terdapat perbedaan lebar aliran fluida [9].

Kapal jenis *Self Propeller Oil Barge* (SPOB) ini dibangun pada tahun 2022 mengalami permasalahan pada pemilihan *gearbox* rasio yaitu 5 : 1 dengan hanya mencapai 1500 rpm yang mana kecepatan torsi yang dibutuhkan dari kapal tersebut masih kurang untuk menggerakkan kapal, hal itu diketahui pada saat melakukan *sea trial* pertama, dalam pemilihan *gearbox* yang kurang baik dan efektif dapat membuat kapal tersebut tidak maksimal dalam kecepatan dan daya geraknya, sehingga pada *sea trial* berikutnya telah dilakukan pergantian *gearbox* rasio menjadi 7.42 : 1 dapat mencapai 1000 rpm hingga maksimal 2100 rpm.

Sehingga diperlukan suatu metode perhitungan secara analitik dalam penentuan pemilihan *gearbox*, untuk dapat menganalisa kinerja mesin kapal yang bisa dilakukan, hemat waktu, dan dapat dilakukan secara *real-time*. Pada penelitian ini, akan dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai dari daya pada sistem propulsinya.

2. METODOLOGI.

Tahap- tahap penelitian yang digunakan untuk penyelesaian dalam permasalahan yang telah ada adalah sebagai berikut :

2.1 Sumber Data

Pada penelitian ini data yang digunakan diperoleh dari perusahaan. Data tersebut antara lain *Principal Dimention*, *Lines Plan*, dan *General Arrangement*, *Spesification Propeller*, *Specification Gearbox*, *Catalog Main Engine*, dan data pendukung lainnya..

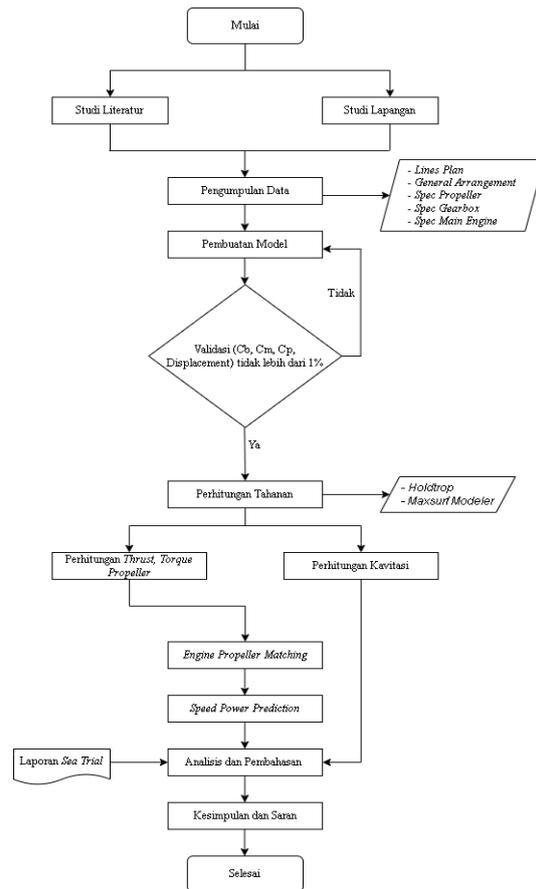
2.2 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian yang dilakukan pada tugas akhir ini adalah variabel kuantitatif . Dan pada tugas akhir ini variabelnya adalah :

- N_{prop} / putaran *propeller* (rpm).

1.3 Langkah – Langkah Penelitian

Pada langkah penelitian ini terdapat berbagai langkah untuk penyelesaian dalam pembuatan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :



Gambar 1 Diagram Alir

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian yang dilakukan ini menggunakan data *main engine* yang akan nantinya dilakukan perhitungan untuk mencari daya yang disalurkan oleh *main engine* yang diperlukan dalam mencari daya efektif untuk kemudian menganalisis *engine propeller matching* dan *speed power prediction*.

3.1 Data Propeller

Dengan data *propeller* yang digunakan ini nantinya akan dilakukan analisis perhitungan untuk mengetahui apakah *propeller* yang digunakan tersebut kavitasasi atau tidak dengan dilakukan perhitungan berdasarkan rumus yang sesuai pada kavitasasi, dengan adanya data *propeller* ini nantinya akan dicari nilai dari daya yang dikeluarkan oleh *propeller* dari *main engine*. Adapun data *propeller* tersebut berdasarkan pada Tabel 1 sebagai berikut :

Tabel 1 Data Propeller

Data Utama	Dimensi
Marina Teknik	<i>Fix Pitch Propeller</i>
Type	Ka 4-70
Diameter	2000 mm
<i>Pitch</i>	2200 mm
A_e / A_o	0,70 mm
P/Db	1.1

3.2 Data Gearbox

Pada penelitian yang dilakukan ini ada 2 *gearbox* yang digunakan, yaitu *gearbox rasio 5 : 1* sebelum pergantian dan *gearbox rasio 7,42 : 1* sesudah pergantian yang nantinya 2 *gearbox* tersebut akan dilakukan perbandingan mengenai *engine propeller matching (EPMa)*, *speed power prediction* dan perbandingan dengan *sea trial*. Juga nantinya *gearbox rasio 7,42 : 1* yang digunakan saat ini nantinya akan dianalisis untuk mencari nilai optimal EPM dan *Speed Power Prediction*.

Tabel 2 Gearbox Rasio 5:1 sebelum pergantian

Ukuran Utama	Dimensi	
Marine Gearbox	FADA JD400A	
Input Speed	1000-1800	(r/min)
Reduction Ratio	5,00:1	
Rated Thrust	82	Knot
Rated Trans Capacity	0,294	kW / r.min

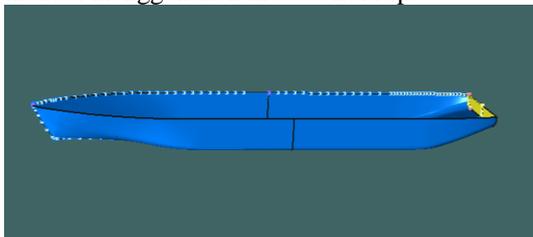
Pada *gearbox* diatas menggunakan rasio 5 : 1 yang sebelum dilakukan pergantian kapal, kemudian berikut *gearbox rasio* yang digunakan saat ini yaitu 7,42 : 1 pada Tabel 3 berikut :

Tabel 3 Gearbox Rasio 7,42:1

Ukuran Utama	Dimensi	
Marine Gearbox	HCT 400 A	
Input Speed	1000–2100	(r/min)
Reduction Ratio	7,42:1	
Rated Thrust	82	Knot
Rated Trans Capacity	0,309	kW / r.min

3.3 Validasi Model Kapal

Pemodelan kapal dilakukan dengan menggunakan *software maxsurf modeler* dengan berdasarkan data utama kapal dan *lines plan* yang didapatkan dari galangan kapal yang akan dibandingkan hambatan/tahanan total dari *software maxsurf resistance* dan perhitungan manual menggunakan metode holtrop.



Gambar 2 Validasi Model

3.4 Perhitungan Tahanan Kapal

Tahanan kapal merupakan gaya fluida yang bekerja melawan gerakan kapal atau hambatan kapal. Penjelasan lengkap dalam pembahasan

tahanan kapal telah dijelaskan di Bab 2 Dasar Teori. Berikut adalah langkah-langkah pada perhitungan tahanan kapal dengan menggunakan metode Holtrop.

Perhitungan tahanan total berdasarkan Persamaan 1
 $R_t = R_f(1 + k_1) + R_{app} + R_w + R_a + R_b + R_{tr}$ (1)

Sekalipun demikian nilai tahanan total masih dalam pelayaran percobaan, pada kondisi rata-rata pelayaran dinas perlu diberi keleluasaan tambahan pada tahanan juga daya efektif. Keleluasaan rata-rata menurut pelayaran disebut *sea margin*. Dalam hal ini ditambahkan *sea margin* sebesar 20% berdasarkan Persamaan 2.

$$R_t \text{ dinas} = (1 + 20\%)R_t \quad (2)$$

Diperlukan juga perhitungan tahanan kapal dengan menggunakan *software maxsurf resistance* dengan maksud untuk memprediksi nilai tahanan kapal dengan metode holtrop untuk dibandingkan dengan perhitungan manual pada *microsoft excel*.

3.5 Perhitungan Kebutuhan Daya

Perhitungan kebutuhan daya ini dilakukan untuk mengetahui daya yang keluar untuk menggerakkan kapal dengan kecepatan yang diharapkan, dikarenakan spesifikasi mesin kapal sudah digunakan yaitu Yanmar 6AYM-WET. Berikut tahapan - tahapan perhitungan daya *main engine*, didapatkan perhitungan daya berdasarkan Tabel berikut :

3.6 Perhitungan Kavitasasi Propeller

Dari dari beberapa data *propeller* yang didapatkan dari pihak perusahaan yaitu tipe Ka 4-70 series dengan putaran 256 Rpm, dengan pertimbangan diameter yang tidak melebihi dari persyaratan maksimal dan efisiensi paling tinggi. Kemudian dilakukan perhitungan kavitasasi sebagai pertimbangan perhitungan *propeller* untuk mengetahui *propeller* yang digunakan tersebut kavitasasi atau tidak.

Perhitungan n	Satuan n	Jenis Propeller r	Keterangan
		Ka 4-70	
Db	mm	2,000	Data Galangan
Pitch	mm	2,200	Data Galangan
Db	ft	6,562	2m konversi ft
P/Db	m	1,100	Pitch/Diameter Prop
Ae/Ao		0,700	Data Galangan
Ao		33,799	3,14 x (Db/2) ²
Ae = Ad		48,284	$\frac{A_o}{A_e/A_o}$
Va	m/s	4,270	Vs(1-w)
Ap		39,356	$Ad \times (1,067 - (0,229 \times (P/D)))$

N	rps	4,268	$N_{prop}/60$
Vr^2		124,709	$Va^2 + (0,7 \times \pi \times N \times D)^2$
T	kN	127,510	$R/(1-t)$
Tc cal		0,051	$(T/Ap) / (0,5 \times r \times Vr^2)$
$\square 0,7R$		1,214	$\sigma 7R - \frac{1882-1962t}{Vd^2 - (4836\sigma^2 \times D^2)}$
Tc buril		0,106	$T/(0,5 \times Ap) \times Vr(0,70)^2$

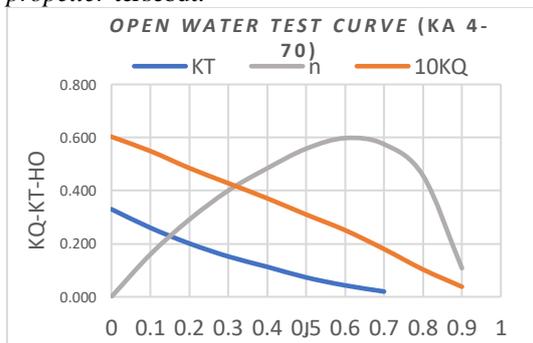
Digunakan untuk mendapatkan nilai tc cal 0,051 dan tc buril 0,106 yang menjadi salah satu faktor yang digunakan dalam pembacaan diagram tc buril, namun tc cal yang didapatkan terlalu kecil sehingga dilakukan perhitungan berdasarkan rumus yang sesuai. Untuk syarat *propeller* tidak mengalami kavitasi adalah tc buril > tc cal.

3.7 Engine Propeller Matching

Matching point merupakan titik operasi dari putaran motor penggerak kapal, sehingga tepat dengan karakteristik beban *propeller*. Berikut merupakan langkah-langkah menentukan *matching point*

- Pembacaan grafik *open water test*

Berdasarkan dalam pembacaan grafik *open water test* dilakukan untuk menentukan nilai karakteristik *propeller* KT, 10KQ, dan efisiensi. Melakukan pembacaan pada grafik *open water test* berdasarkan grafik pada lampiran sesuai jenis *propeller* tersebut.



Gambar 3 Open Water Test

- *Hull Propeller Match*

Membuat hubungan KT-J dimana untuk nilai J divariasi antara 0-1 dengan kelipatan 0,1. Nilai KT didapatkan dari persamaan berikut :



Gambar 4 Diagram KT-J

3.7 Matching Point

Merupakan suatu titik operasi dari putaran motor penggerak kapal (*engine speed*) yang

sedemikian hingga tepat (*match*) dengan karakteristik beban *propeller*. Untuk mengetahui *matching point* perlu dilakukan *plotting engine speed, engine power*, dan karakteristik beban *propeller* saat *Trial* dan *Service*. Dan berikut dari hasil perhitungan yang telah didapatkan dan *plotting* beban karakteristik *propeller* dan *output* maximum daya dari *project guide* pada *main engine* yang telah ada.

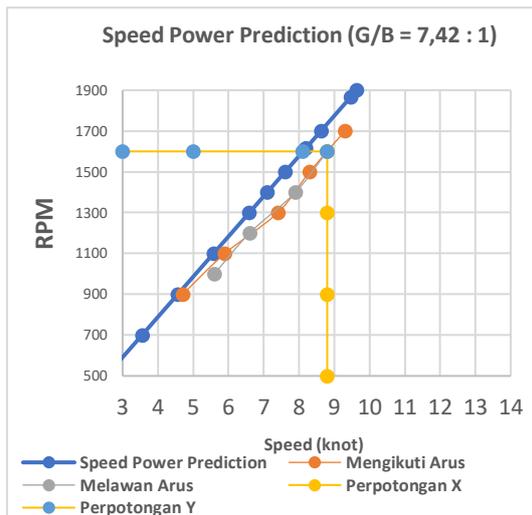
Gearbox rasio 7,42:1 diatas tersebut digunakan hingga saat ini, yaitu setelah pergantian, sedangkan *gearbox rasio* 5:1 adalah sebelum pergantian. Seperti pada gambar dibawah:

Berdasarkan dari hasil *plotting engine power* (%), *engine speed* (%), dan beban *propeller* (%) seperti pada gambar diatas telah didapatkan nilai EPM seperti pada Tabel yang tercantum sebagai berikut :

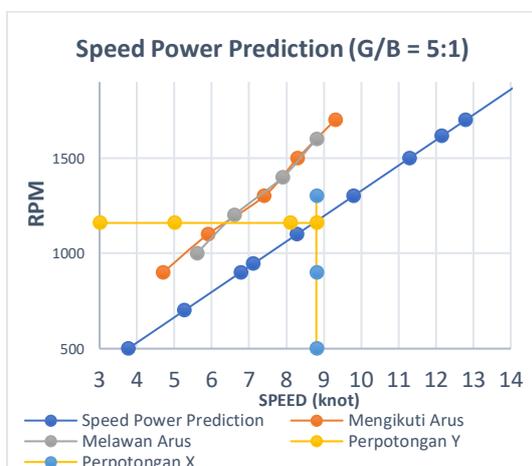
Jenis	Type	Kaplan 4-70	
		BHP (%)	BHP (kw)
Gearbox 7,42 : 1	Rough Hull	88,96	542,66
	Clean Hull	84,72	516,82
Gearbox 5 : 1	Rough Hull	290,74	177349
	Clean Hull	276,89	1689,04

3.8 Speed Power Prediction

Speed Power Prediction merupakan perhitungan yang dilakukan untuk memprediksikan berapa nilai daya *engine* yang dikeluarkan agar kapal tersebut mempunyai *power* maupun kecepatan berdasarkan yang diharapkan yang kemudian akan dibandingkan dengan data laporan *sea trial* yang dilakukan oleh pihak *owner* perusahaan galangan, *speed power prediction* ini merupakan suatu kesatuan dengan *Engine Propeller Matching* (EPM) yang mana hal ini tidak dapat dipisahkan, agar dapat memprediksi kebutuhan *power engine* kapal dapat sesuai maupun mendekati dari yang diinginkan. Sehingga didapatkan bentuk kurva *speed power prediction* dengan *sea trial* yang akan di *compare* keduanya untuk mengetahui kebutuhan *power engine* pada kecepatan tertentu.



Gambar 5 Speed Power Prediction 7,42:1



Gambar 6 Speed Power Prediction 5:1

Sehingga pada tabel diatas telah didapatkan nilai *speed power prediction* yang berbeda berdasarkan kedua *gearbox rasio* sebelum dan sesudah pergantian yang di gunakan sebagai perbandingan dengan *sea trial* “Melawan arus” yang mana pada *Gearbox Rasio 7,42 : 1* dengan kecepatan 8,8 knot *sea trial* dengan putaran mesin 1600 rpm didapat perpotongan sebagai pertemuan, didapatkan kecepatan 8,1 knot selisih 0,7 knot dengan aktualnya *sea trial*. Sedangkan pada *Gearbox Rasio 5 : 1*, ditemukan *sea trial* “Melawan Arus “ pada kecepatan 8,8 knot dengan 1160 rpm didapat kecepatan 6,4 knot selisih 2,4 knot dengan aktual *sea trial*. Sehingga dari kedua *Gearbox Rasio* yang dihitung tersebut memiliki rpm dan knot yang berbeda, oleh karena itu pada *gearbox rasio 7,42 : 1* dibandingkan dengan *sea trial* nilainya cukup mendekati dengan data aktualnya, sedangkan pada *gearbox rasio 5 : 1* tidak atau jauh dari data aktual yang dimiliki.

3.5 KESIMPULAN

Berdasarkan pada pembahasan yang didapatkan menjelaskan mengenai pengaruh perubahan *gearbox* tipe HCT 400A terhadap kavitasi bahwa *tc cal* memiliki 0,051 sedangkan *tc*

burril memiliki 0,106 hal tersebut didapatkan berdasarkan rumus yang sesuai dikarenakan untuk melakukan pembacaan diagram *burril* dengan nilai *tc cal* yang terlalu kecil, sehingga dilakukan perhitungan menggunakan rumus yang sesuai. Berdasarkan pengaruh *gearbox* terhadap EPM dan *Speed Power Prediction* pada *gearbox rasio 7,42:1* didapatkan nilai *Rough Hull* 88,96% dengan BHP 542,66 kw sedangkan untuk *Clean Hull* 516,82% dengan BHP 516,82 kw sedangkan *gearbox rasio 5:1* didapatkan nilai *Rough Hull* 290,74% dengan BHP 1773,49% kw dan untuk *Clean Hull* didapatkan 276,89% dengan BHP 1689,04 kw. Yang mana EPM akan menentukan titik optimum berdasarkan kebutuhan *power* oleh *propeller (load demand)*, *gearbox*, maupun mesin induk agar dapat menyerap tenaga secara maksimal, dikarenakan tenaga yang dikeluarkan terbagi pada hambatan kapal yang dimiliki sehingga nilai dari BHP tersebut tidak mencapai dari 100%. Berdasarkan hasil yang didapatkan antara *speed power prediction* dan EPM yang dibandingkan *sea trial* pada *gearbox rasio 7,42 : 1* yaitu kecepatan 8,8 knot didapatkan titik temu pada 8,1 knot di 1600 rpm dengan *speed power prediction*, sedangkan *gearbox rasio 5 : 1* kecepatan 8,8 knot didapatkan titik temu pada kecepatan 6,4 knot di 1160 rpm ketika “Melawan arus”, sehingga dapat disimpulkan *gearbox rasio 7,42 : 1* cukup mendekati dari data aktual dengan *sea trial* dibandingkan *gearbox rasio 5 : 1* tidak ataupun jauh dari aktual *sea trial*-nya.

6. PUSTAKA

- [1] Arifin, M., Faturachman, D., & Octaviani, F. (2019). Analisa Pengaruh Perubahan Pitch Ratio dan Jumlah Blade Terhadap Kavitasi Pada Controllable Pitch Propeller (CPP). *Jurnal Sains Dan Teknologi Fakultas Teknik Universitas Darma Persada*, 9(2), 63–74.
- [2] Harits Waskito, D., Teknologi Survei Kelautan, B., & Pengkajian dan Penerapan Teknologi, B. (n.d.). *Estimasi Performa Sistem Propulsi Pada Kapal Dengan Tipe Controllable Pitch Propeller*.
- [3] Ikhsan, K., Jannifar, A., Jurusan, D., Mesin, T., Negeri, P., Jurusan, D., Kimia, T., & Negeri, P. (2018). Rancang Bangun Alat Simulator Gearbox Untuk Abstrak. *Mesin Sains Terapan*, 2(2), 8.
- [4] Kelautan, J., Sugianto, E., & Winarno, A. (2017). *Computational Model Tahanan Kapal untuk Menentukan Kebutuhan Daya Kapal Bulk Carrier 8664 DWT* (Vol. 10, Issue 2). <http://journal.trunojoyo.ac.id/jurnalkelautan>
- [5] Kurniawan, B. T., Djatmiko, E. B., & Murtedjo, M. (2013). *Perancangan Propeler Self-Propelled Barge*. 2(1).
- [6] Mennen, J. H. and. (1982). *an approximate*

power prediction method.

- [7] Mohammad Danil Arifin, F. M. F. (2021). Analisis Kavitas Baling-Baling Seri Kaplan: *Analisis Kavitas Baling-Baling Seri Kaplan: Pengaruh Pitch Ratio Dan NProp Menggunakan CFD*, 6(2).
- [8] Muvariz, F., Wibowo, S., Abdurrahman, N., Saputra, H., Satoto, S. W., Yuniarsih, N., & Pamungkas, N. (2019). Studi Perhitungan Tahanan Kapal Kontainer 8500 DWT. *Jurnal Teknologi Dan Riset Terapan (JATRA)*, 1(1), 14–19. <http://jurnal.polibatam.ac.id/>
- [9] Rakhmadi, W., Trimulyono, A., & Iqbal, M. (2016). ANALISA PERBANDINGAN TIPE KORT NOZZLE TERHADAP GAYA DORONG PROPELLER DENGAN METODE CFD. In *Jurnal Teknik Perkapalan* (Vol. 4, Issue 1).
- [10] S. W. Adji. (2005). Engine Propeller Matching. *Available Oc. Its. Ac. Id/Ambilfile. Php*, 1–31.
- [11] Sitorus, S. P., Budiarto, U., & Kiryanto, K. (2020). Perancangan Propeller dan Engine Propeller Matching pada Kapal Self Propelled Oil Barge (SPOB) 5000 DWT. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 8(4), 563–578. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/naval/article/view/28647>
- [12] Syahril, R. A. N. (2020). *ANALISIS SISTEM PROPULSI KAPAL WISATA TENAGA SURYA Syahril*. 2(1), 1–7.