



2580-2798 (e)
2588-6225 (p)

Inovtek Polbeng: Jurnal Inovasi Teknologi Politeknik Negeri Bengkalis
(Bengkalis State Polytechnic Technology Innovation Journal)

journal homepage: <https://jurnal.polbeng.ac.id/index.php/IP/index>

PERUBAHAN MESIN PENGGERAK UTAMA KAPAL TUGBOAT SJP 01 TERHADAP KECEPATAN KAPAL

Edy Haryanto ¹⁾, Rosmauli ¹⁾

¹⁾ Politeknik Negeri Bengkalis. Jl. Bathin Alam Sungai Alam Bengkalis Riau 28711
Jl. Bathin Alam Sungai Alam, Riau, Indonesia

Corresponding Author: edyharyanto@polbeng.ac.id

Article Info	Abstract
--------------	----------

Keywords:
Tugboat, Engine Propeller
Matching, Speed, thrust

Article history:
Received: 21/09/20
Last revised: 11/11/20
Accepted: 29/11/24
Available online: 30/11/24
Published: 30/11/24
DOI:<https://10.35314/ye624c91>

Abstrak

Kapal tugboat SJP 01 adalah kapal yang di miliki oleh PT Sinar Haluan Samudera yang difungsikan sebagai mendorong tongkang yang bermuatan batu bara. Kapal ini awalnya menggunakan mesin nissan diesel 8DC10 300hp x 2 dan propeller tipe B4-85 seiring berjalannya waktu mesin ini sering mengalami kerusakan sehingga di ganti dengan mesin yang baru dengan tipe mitsubishi S6A3 MPTK 600hp x 2 dan propeller B4-70. Selain mengurangi tingkat kerusakan pergantian mesin di harapkan dapat meningkatkan kecepatan dari kecepatan awal. Di saat sea trial pergantian mesin ini hanya mendapatkan kecepatan sebesar 12 knot atau meningkat 20% dari kecepatan awal. Adapun dari hasil perhitungan dari berbagai kecepatan skema A,B,C dan D yang sesuai dan efektif yaitu pada skema A yang mana mendapatkan 12 knot dari masing-masing *propeller* memberikan kecepatan 6 knot

Abstract

The tugboat SJP 01 is a ship owned by PT Sinar Haluan Samudera which functions to push barges loaded with coal. This ship originally used a Nissan diesel 8DC10 300hp x 2 engine and a B4-85 type propeller. Over time, this engine often broke down so it was replaced with a new engine, a Mitsubishi S6A3 MPTK 600hp x 2 type and a B4-70 propeller. Apart from reducing the level of damage, engine replacement is expected to increase the speed from the initial speed. During the sea trial, this engine change only achieved a speed of 12 knots or an increase of 20% from the initial speed. As for the calculation results of various speed schemes A, B, C and D which are appropriate and effective, namely scheme A which gets 12 knots from each propeller giving a speed of 6 knots

1. PENDAHULUAN

Kapal merupakan suatu alat transportasi yang digunakan buat mengangkut dan memindahkan manusia, hewan dan barang-barang niaga untuk kebutuhan kehidupan manusia didaratan. Kapal dapat dikelompokkan dengan berbagai jenis pengelompokan sesuai fungsi, bahan pembuatan kapal maupun rute pelayarannya, salah satunya kapal *tugboat* dimana kapal tugboat dapat difungsikan untuk menarik dan atau mendorong kapal yang lebih besar. Kapal tugboat memiliki karakter dengan *body* yang kecil dan kuat serta memiliki *power* yang besar sehingga mampu mendorong atau menarik kapal dengan *body* yang jauh lebih besar dari bodynya. Oleh karena itu kapal harus dalam kondisi baik dan siap untuk beroperasi untuk menunjang kelancaran peroperasian kapal. Demikian pula dengan tenaga penggerak kapal tugboat dimana sesuai dengan jenis kapal beroperasi di pelabuhan dan kanal sungai

dari Tugboat SJP 01 yang beroperasi (samarinda-perawang). Seiring berjalannya waktu saat kapal beroperasi terdapat permasalahan pada mesin tersebut, yang mana terus mengalami *trouble*/rusak sehingga mesin tersebut tidak mampu memenuhi kecepatan yang diinginkan. Faktor usia juga yang mengakibatkan mesin tersebut harus diganti dari 300Hp x 2 ke 600Hp x 2. Adapun pergantian mesin ini berdampak penggantian lainnya salah satunya propeller, ke ukuran yang yang besar untuk menyesuaikan dengan mesin yang baru.

Setelah di lakukan pergantian *propeller* dan mesin di saat di lakukan sea trial mendapatkan kecepatan sebesar 12 knot hanya meningkat 20 persen dari kecepatan awal. Penelitian yang terkait Strategi Pemilihan Propeller B-Series[4]. menyatakan baling-baling yang optimum tidak hanya memiliki efisiensi yang paling tinggi, akan tetapi juga memiliki batasan – batasan lainnya seperti batasan diameter maksimal dan batasan akibat dari kavitasi. Penelitian lain yang terkait dengan Engine Propeller Matching[13] menyatakan Kinerja *main engine* akan lebih baik ketika dikopel menggunakan PTO generator dibandingkan tanpa dikopel dengan PTO generator. *Main engine* mampu beroperasi hingga titik MCR nya pada saat dikopel dengan PTO generator. ketika tanpa dikopel dengan PTO, penurunan daya *main engine* sebesar 8.4% yang berawal dari titik MCR nya. Pengoperasian yang aman pada kondisi *service continuous rating* (SCR) saat dikopel menggunakan PTO generator, kecepatan kapal tidak boleh melebihi 5.1 knot, sedangkan kecepatan aman kapal ketika tidak dikopel dengan PTO generator ialah tidak boleh melebihi 5.58 knot. Penelitian serupa juga telah dilakukan untuk Kapal *Self Propelled Oil Barge* (SPOB) 5000 DWT [14]. Dalam penelitian tersebut Mesin yang direkomendasikan untuk Kapal *Self Propelled Oil Barge* (SPOB) 5000 DWT merupakan Mesin Diesel Merk Yanmar dengan nomor seri 12AYM-WET 4-cycle yang memiliki daya 1140 kW (1550 HP) serta putaran 1840 rpm serta memakai *reduction gear* yang mempunyai rasio 4,96 : 1.

Dari permasalahan tersebut akan berpengaruh pada kinerja kapal dan juga akan mempengaruhi kinerja mesin penggerak maka penulis akan melakukan Berbagai skema untuk mendapatkan mesin dan *propeller* yang sesuai dengan perancangan yakni skema A,B,C dan D adapun skema yang dimaksud adalah sebagai berikut:

- a) Mesin baru 600Hp x 2-Gerbox baru WLT300-Propeller baru B4-70
- b) Mesin baru 600hp x 2 -Gearbox lama tipe A 300-propeller lama tipe B4-85
- c) Mesin baru 600hp x 2 -Gearbox lama tipe A 300-propeller Baru tipe B4-70
- d) Mesin baru 600hpx2-gerbox baru WLT300-propeller lama tipe B4-85

Dari berbagai skema ini penulis melakukan perhitungan untuk berbagai kondisi kecepatan. Perubahan Mesin Kapal Tugboat SJP 01 diharapkan dapat memberi kontribusi yang baik untuk menjalankan fungsinya. Perhitungan ini menggunakan Excel maka akan mendapatkan ukuran yang sesuai yang akan digunakan.

2. METODE

2.1 Data Kapal

Permasalahan pokok pada penelitian ini ialah seberapa besar kecepatan kapal disaat pergantian mesin kapal tugboat ini mengalami pergantian mesin dari daya 300x2 Hp menggunakan *propeller* B4-85 ke daya 600x2 Hp menggunakan tipe *propeller* B4-70 yang mana 300x2 Hp ini menggunakan mesin nissan 8DC10 dan mesin 600x2Hp menggunakan mesin Mitsubishi S6A3 MPTK. penelitian ini menggunakan objek kapal Tugboat SJP 01 dengan data utama kapal bisa ditinjau pada Tabel 1. di bawah ini:

Tabel 1. Ukuran Utama Kapal

Dimensi	Ukuran	Satuan
Lpp	25,70	Meter
Lwl	26,728	Meter
Breadth	8	Meter
Height	3,7	Meter
Draft	3	Meter
Vs	10	Knots
	6,1728	m/s

2.2 Tahanan Kapal

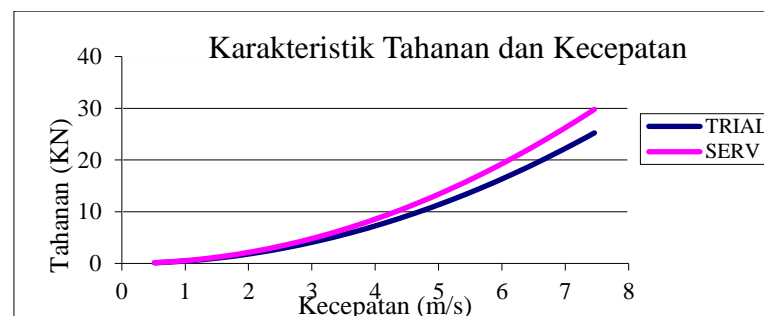
Tahanan kapal merupakan besarnya gaya untuk diatasi buat menggerakkan kapal pada kecepatan dinas (V_s) agar dapat menentukan berapakah besarnya daya efektif mesin induk yang akan digunakan pada kapal. Ketika kapal bergerak, lambung kapal akan mengalami gesekan akibat kekentalan fluida. Untuk itu dibutuhkan daya mesin agar bisa memberi gaya orong dengan propeller sebagai penggeraknya [5]. Perhitungan yang akurat dapat mempengaruhi aspek- aspek ekonomis disaat operasional maupun perawatannya. Pada penelitian ini perhitungan tahanan kapal dilakukan dengan pendekatan metode S.V. Harvald yang telah dirangkum pada referensi [5]. Perhitungan tahanan ini berlaku untuk kapal dalam kondisi pelayaran percobaan, pada pelayaran ideal harus diberi kelonggaran tambahan untuk tahanan dan daya efektif yang ditimbulkan oleh angin, kekentalan air laut, gelombang, erosi serta *fouling*.

Tabel 2. Sea Margin Jalur Pelayaran Dinas

Jalur Pelayaran	Sea Margin
Atlantik Utara ke Timur	Musim panas 15 %
	Musim dingin 20 %
Atlantik Utara ke Barat	Musim panas 20 %
	Musim dingin 30 %
Pasifik	15 – 30 %
Atlantik Selatan dan Australia	12 – 18 %
Asia Timur	15 – 20 %

Sumber : Buku Tahanan dan Propulsi Kapal Sv. Aa. Harvald, hal 137

Untuk perhitungan tahanan kapal pada kecepatan 10 knot bisa ditinjau pada gambar 1. berikut ini.



Gambar 1. Tahanan terhadap Kecepatan Kapal

2.3 Daya Motor Penggerak Kapal

Penentuan daya mesin induk berdasarkan perhitungan tahanan total kapal yang telah dilakukan pada metode sebelumnya. Adapun daya-daya yang dihitung yakni Daya Efektif, Daya Dorong, daya yang disalurkan pada poros Sehingga memperoleh *Brake Horse Power* (BHP) yang bersumber dari mesin penggerak utama kapal yang digunakan untuk mendorong badan kapal. Dalam pemilihan mesin penggerak utama Kapal ada beberapa aspek yang bisa dijadikan pertimbangan, diantaranya: Output BHP yang dipilih tidak boleh kurang dari perhitungan akan tetapi tidak boleh terlalu besar juga sehingga dapat menyebabkan nilai produksi semakin tinggi, Dimensi mesin harus cukup terhadap luas kamar mesin untuk meletakkan peralatan-peralatan dan komponen lain, SFOC dan SLOC jangan terlalu besar sehingga membuat biaya operasional meningkat [5]. Beberapa power mesin kapal tersebut, yaitu:

1. *Effective power* (EHP) artinya besarnya daya (*power*) yang diperlukan buat mengatasi gaya hambat yang berasal dari kapal (*hull*) supaya dapat menggerakkan kapal berasal satu daerah ke tempat yang lain pada kondisi kecepatan servis sebesar (V_s) tanpa sistem propulsi. Buat menghitung EHP bisa ditinjau pada persamaan [1].

$$P_E = R_T \times V_s \dots\dots(HP) \quad (1)$$

Dimana:

- PE = Power Efektif
- RT = Tahanan Keseluruhan Kapal
- VS = Kecepatan Dinas

2. *Delivered power* (DHP) adalah *power* mesin kapal yang diserap sampai pada baling-baling untuk menggerakkan baling-baling dan membuat daya dorong sebanyak P_T . dengan istilah lain P_D merupakan daya yang disalurkan motor penggerak ke baling-baling kapal (*propeller*) Perhitungan DHP bisa ditentukan menggunakan persamaan [2].

$$DHP = EHP/PC \dots\dots(HP) \quad (2)$$

Dimana:

- DHP = *Delivered Horse Power*
- EHP = Power Efektif
- PC = *Coefisien Propulsive*

3. *Shaft Horse Power* (SHP) merupakan daya yang diukur hingga wilayah didepan bantalan tabung poros (stern tube) kapal. *Shaft Horse Power* (SHP) dapat dihitung menggunakan persamaan [3].

$$SHP = DHP / \eta_s \dots\dots(HP) \quad (3)$$

Dimana η_s merupakan Efisiensi untuk poros *propeller*.

4. *Daya Break power* (PB)

Break power (BHP) adalah *power* mesin yang belum di transmisikan (Pure Power). Perhitungan BHP menggunakan persamaan [4].

$$BHP = DHP / (\eta_s \cdot \eta_{Gear}) \dots\dots(HP) \quad (4)$$

Dimana η_s merupakan Efisiensi untuk poros *propeller*, *Gear* serta Efisiensi gigi reduksi.

5. *Speed of Advance* bisa dihitung menggunakan Persamaan [5].

$$VA = V(1-w), \text{ (m/det)} \quad (5)$$

Dimana V merupakan Kecepatan Kapal dalam satuan (m/det) dan w fadalah raksi arus ikut

6. *Thrust Horse Power* (THP) merupakan daya (*power*) hasil dari gaya dorong *propeller* agar dapat mendorong badan kapal. Perhitungan THP menggunakan persamaan[6].

$$PT = T \cdot VA \text{ (HP)} \quad (6)$$

2.2 Propeller

Propeller digunakan pada kapal untuk membuat gaya dorong yang tenaganya bersumber dari daya mesin yang disalurkan melalui poros. Dalam pemilihan *propeller* ada beberapa aspek yang perlu dipertimbangkan diantaranya tipe *propeller*, diameter *propeller*, *pitch ratio*, efisiensi *propeller*, kavitasi *Propeller* dan mempertimbangkan RPM (rotasi per menit). Menurut La ode dkk. [10] *propeller* mengalami penurunan Tingkat stress seiring bertambahnya jumlah *blade*. *Life-cycle* dan usia *propeller* menjadi semakin panjang disaat jumlah *blade* bertambah, baik itu ketika berlayar 150 hari, 200 hari, maupun 300 hari dalam satu tahun pada kondisi normal tanpa perbaikan. pada hal ini, *blade* 10 mempunyai umur paling panjang bila dibandingkan dengan *propeller* dengan jumlah *blade* 6 dan 8. Untuk menghindari kerugian yang akibat kavitasi, perlu dilakukan perhitungan untuk pencegahan. Metode yang digunakan untuk mengevaluasi kavitasi adalah Metode Burril.

2.3 Karakteristik *Propeller*

umumnya karakteristik baling-baling kapal pada syarat *open water test* adalah mirip yang dipersentasikan pada diagram KT-KQ-j. Menurut Abidin, M.Z Dkk [1] masing-masing *propeller* kapal, memiliki ciri kurva kinerja yang berbeda. Pada penelitian *Engine Propeller Matching* (EPM) untuk Kapal *Rescue Boat* [12] menyatakan Perubahan *powering process stage Engine Propeller Matching* memperhatikan interseksi antara gaya hambat total kapal menggunakan *open water efficiency* dan koefisien *thrust* untuk setiap *series propeller*. Jika mengubah alur perhitungan *Engine Propeller*, maka ciri *propeller* yang sesuai dengan data kapal dan data mesin agar perencanaan kecepatan tercapai yakni *propeller* dengan karakteristik B5-76 dengan rasio luas bilah 0,76 pada *pitch ratio* 0,9 dan 5 butir bilah dengan total efisiensi *propeller* secara keseluruhan sebesar 41,2% dengan *margin error* 1 %, efisiensi *propeller* hitungan dengan mengkonversi *Power Break* menjadi *Power Delivered*. Disaat *propeller* beroperasi, permasalahan kavitasi diabaikan”. Menurut [6][7], nilai efisiesi diperoleh pada model *propeller* B4-70 sedangkan untuk *thrust* tertinggi didapatkan model *Propeller* Ka4 70 Series. Persamaan karakteristik kinerja *propeller* antara lain:

$$K_T = \frac{T_{prop}}{P \times n^2 \times D^4} \quad (7)$$

$$K_Q = \frac{Q_{prop}}{P \times n^2 \times D^5} \quad (8)$$

$$J = \frac{V_A}{n \times D} \quad (9)$$

$$\eta_0 = \frac{J \times K_T}{2\pi \times K_Q} \quad (10)$$

Dimana:

- KT = Koefisien daya dorong
- KQ = Koefisien torsi *propeller*
- J = Koefisien *advanced propeller*
- VA = Kec. Advanced dari fluida
- η_o = Efisiensi *propeller* pada kondisi *open watern* putaran *propeller*
- D = Diameter *propeller*
- T_{prop} = Gaya dorong *propeller* (*propeller thrust*)
- P = Massa jenis fluida

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Propeller

Pemilihan type *propeller* bertujuan ini untuk menggunakan propeller yang sesuai dengan karakteristik badan kapal serta besarnya kebutuhan daya yang diperlukan untuk menjalankan misi kapal. Dengan mendapatkan type propeller yang sesuai karakter, maka efisiensi daya yang ditransmisikan oleh motor induk pada *propeller* dapat diperoleh. Menentukan putaran *propeller* dengan rasio *gearbox* yakni pada mesin lama nissan diesel 300hp x 2 menggunakan Gerbox A300 dengan rasio 3:1 dan mesin baru 600hp x 2 Mitsubishi S6A3 MPTK menggunakan gerbox tipe WLT300 dengan Ratio 8,94. Dari pembacaan grafik BP- δ diagram diperoleh nilai pada tabel 3. di bawah ini.

Tabel 3. Hasil pembacaan grafik BP- δ diagram

Type	D _B (meter)	D _{max} (m)	DB < D _{max}
B4-70	1,80	2,1	memenuhi
B4-85	1,60	2,1	memenuhi

Hasil perhitungan yang didapat pada tabel 2. bahwasanya D_{max} yakni 2,1 m untuk tipe propeller yang lama yakni tipe B4-85 dengan diameter 1,6m dan propeller baru dengan tipe B4-70 dengan diameter 1,8m. Untuk nilai kavitasasi dari perhitungan propeller tipe B4-70 dan B4-80 Dari pembacaan diagram Burril's didapat nilai pada tabel 4. Berikut:

Tabel 4. Hasil pembacaan grafik Burril's diagram

Type	A _P	τc_{cal}	Kavitasasi
B4-70	1,19	0,266	tidak kavitasasi
B4-85	1,37	0,240	tidak kavitasasi

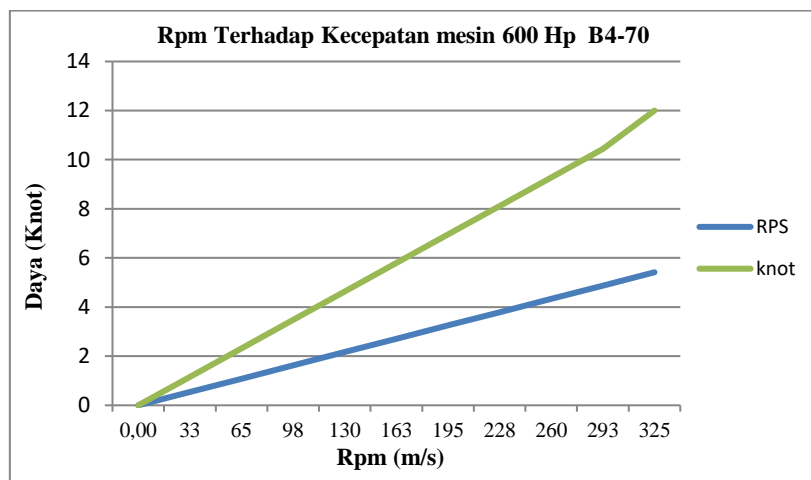
Dari pembacaan grafik burril's diagram bahwa untuk tipe B4-70 dan B4-85 tidak mengalami kavitasasi

3.2 Engine Propeller Matching

Pehitungan *Engine Propeller Matching* untuk mendapatkan kinerja mesin dan propeller yang sesuai dengan tercapainya kecepatan maksimum yang direncanakan. Metode yang digunakan untuk Perhitungan Engine Propeller Matching ialah metode variasi kecepatan RPS dan Knot dalam kecepatan 12 knot. Tabel 5. dibawah ini adalah kecepatan mesin 2x600hp – gerbox baru tipe WLT 300 dan menggunakan propeller tipe B4-70. Kombinasi mesin, gearbox dan propeller ini merupakan mesin dan propeller yang digunakan setelah mesin pertama mengalami kerusakan.

Tabel 5. RPM Berbagai Kecepatan B4-70

BHP	Rpm	RPS	knot
0	0,00	0	0,00
120	33	0,5	1,2
240	65	1,1	2,3
360	98	1,6	3,5
480	130	2,2	4,6
600	163	2,7	5,8
720	195	3,3	7,0
840	228	3,8	8,1
960	260	4,3	9,3
1080	293	4,9	10
1200	325	5,4	12



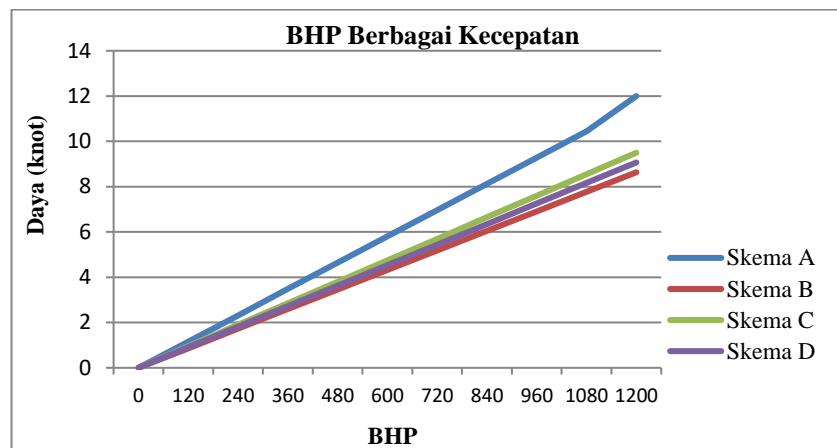
Gambar 2. Grafik RPM Propeller Tipe B4-70 Terhadap Daya

Pergantian mesin dari 2x300hp menjadi 2x600hp mendapatkan kecepatan sebanyak 12knot, dalam hal ini mengalami peningkatan hanya sebesar 20% dari kecepatan awal yang mana dari masing-masing propeller memberikan kecepatan 6knot.

Adapun variasi RPM berbagai kecepatan dari berbagai skema di antaranya Skema A,B,C dan D adalah sebagai berikut:

Tabel 6. RPM Berbagai Kecepatan Pada Setiap Skema

BHP	Rpm	A	B	C	D
0	0	0	0	0	0,0
120	33	1,2	0,9	0,9	0,9
240	65	2,3	1,7	1,9	1,8
360	98	3,5	2,6	2,8	2,7
480	130	4,6	3,5	3,8	3,6
600	163	5,8	4,3	4,7	4,5
720	195	7,0	5,2	5,7	5,4
840	228	8,1	6,0	6,6	6,3
960	260	9,3	6,9	7,6	7,3
1080	293	10,4	7,8	8,5	8,2
1200	325	12	8,6	9,5	9,1



Gambar 3. Grafik BHP Terhadap Daya Pada Setiap Skema

Kecepatan dari skema A sampai Skema D. Untuk skema A kecepatannya mencapai 12 knot, Skema B kecepatannya 8,6 knot, skema C kecepatannya 9,5 knot dan skema D kecepatannya 9,1 knot yang mana skema yang efektif dan sesuai yaitu skema A yang mana kecepatan yang didapatkan sebesar 12 knot. Pada skema A kecepatannya lebih tinggi dari skema lainnya dan sesuai dengan kecepatan awal.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan bahwa kecepatan yang di hasilkan dengan menggunakan Mesin baru 600Hp x 2 dan Gerbox baru tipe WLT300 dan Propeller baru tipe B4-70 di dapatkan kecepatan sebesar 12 knot. Sedangkan jika menggunakan Mesin baru 600hp x 2 Gearbox lama tipe A 300 dan propeller lama tipe B4-85 kecepatan yang dihasilkan hanya 8,6 knot. Artinya jika menggunakan mesin baru menggunakan atribut yang lama kecepatan yang di hasilkan semakin menurun. Peningkatan sebesar 12 knot ini tentunya sangat sedikit mengingat kecepatan sebelumnya menggunakan mesin nissan diesel 2 x 300hp bisa mencapai kecepatan sebesar 10 knot.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kami tujukan kepada pihak Bengkalis Dockindo dan reviewer yang telah membantu kami dalam memberi data, arahan dan masukan dalam penyelesaian jurnal ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Abidin, M. Z., Adji, S. W. and Arief, I. S. "Analisa Performance Propeller B-Series dengan Pendekatan Structure dan Unstructure Meshing", *Jurnal Teknik ITS*, Vol.1, No. 1, 2012, pp. 241–246. [Online]. DOI: [10.12962/j23373539.v1i1.1925](https://doi.org/10.12962/j23373539.v1i1.1925). [Diakses 27 Nopember 2024]
- [2] Adji, S. W. Engine Propeller Matching. *E-Book.2005*
- [3] D.A Taylor. Introduction To Marine Engineering 2nd Edition. Elsevier Butterworth-Heinemann Linacre House, Jordan Hill, Oxford. 2003
- [4] Desta Rifky Aldara, Triyanti Irmiyana, A Labib Fardany Faisal, Abdul Ghofur Ragil Insani, Monika Reno Gunarti. "Strategi Optimalisasi Pemilihan Propeller B-Series Untuk Kapal: Studi Kasus Kapal Tanker". *Jurnal Inovtek Polbeng*, Vol. 13, No.2, pp. 234-242.

DOI: <https://doi.org/10.35314/ip.v13i2.3737>. [Online]. [Diakses 27 Nopember 2024]

- [4] Edy Haryanto, Romadhoni. Buku Ajar Tahanan & Propulsi Kapal, Pena Persada. 2021
- [5] G. P. Wibowo, D. Chrismianto, and B. A. Adietya, "Analisa Nilai Thrust Optimum Propeler B4-70, Ka4-70 Dan Au4-59 Pada Kapal Tugboat Pelabuhan Paket-Ii 2x1850hp Dengan Variasi Sudut Rake Menggunakan CFD," *Jurnal Teknik Perkapalan*, vol. 5, no. 1, Jan. 2017. [Online].
- [6] H. Simbolon, A. Trimulyono, and G. Rindo, "Analisa Nilai Maximum Thrust Propeller B-Series dan Kaplan Seies Pada Kapal Tugboat Ari 400HP Dengan Variasi Diameter, Jumlah Daun, /sudut Rake Menggunakan CFD". *Jurnal Teknik Perkapalan*, vol. 3, no. 4, Dec. 2015. [Online]. [Diakses 21 Nopember 2024]
- [7] J. S. Carlton, *Marine propellers and propulsion*, 4th ed. London: Matthew Deans, 2018.
- [8] Laamena, F., Watimury, L., & Taihutu, A. (2023). "Analisa Engine Propeller Matching KM. Sunlia 490 GT Akibat Pergantian Mesin Induk". *Journal Teknik Mesin, Elektro, Informatika, Kelautan dan Sains*, Vo.3, No.1, pp: 77-84. [Online]
- [9] La Ode Muh. Ayi Al Ma'rif, Ahmad Fauzan Zakki, Andi Trimulyono. "Analisa Kelelahan Propeller Tipe Kaplan Series Untuk Kapal Selam Komersial Dengan Variasi Jumlah Blade". *Jurnal Inovtek Polbeng* Vol.13, No.1, 2023, pp: 15-21. DOI: <https://doi.org/10.35314/ip.v13i1.3145>. [Online]. [Diakses 27 Nopember 2024]
- [10] Lumbanraja, K. C. P., Chrismianto, D., & Samuel, S. "Perhitungan Nilai Maksimum Thrust, Torque, dan Efficiency Propeller Tipe B-4 Series pada Kapal Tugboat dengan Modifikasi Diameter, Rake, dan Pitch menggunakan Metode Komputasi". *Rekayasa Hijau: Jurnal Teknologi Ramah Lingkungan*, Vol.5, No.1, 2021, hal.63-78. [Online]. [Diakses 27 Nopember 2024]
- [11] M. S. Baital, A. B. Putranto, and B. S. Waluyo, "Analisa Engine Propeller Matching (EPM) Pada Kapal Rescue Boat Karena Perubahan Tahap Powering Process". *Gema Teknologi*, vol. 21, no. 1, pp. 49 - 55, Oct. 2020. DOI: <https://doi.org/10.14710/gt.v21i1.32266>
- [12] Mohammad Abu Jami'in. "Analisis Engine Propeller Matching Propulsi Kapal Ikan Tradisional Dengan Pto Generator". *Jurnal Rekayasa Mesin*, Vol 13, No.1, pp. 97-107. DOI: <https://doi.org/10.21776/ub.jrm.2022.013.01.11>
- [13] S. P. Sitorus, U. Budiarto, and K. Kiryanto, "Perancangan Propeller dan Engine Propeller Matching pada Kapal Self Propelled Oil Barge (SPOB) 5000 DWT," *Jurnal Teknik Perkapalan*, vol. 8, no. 4, pp. 563-578, Oct. 2020. [Online]. [Diakses 21 Nopember 2024]
- [14] Sri Pramono, Ahmad Torkis Pangidoanta "Analisa Perhitungan Daya Mesin Kapal Menggunakan Metode Guldhamer-Harvald. *Jurnal Saintek Maritim*, Vol.21, No.2, 2021, Hal. 107-117. DOI: <http://dx.doi.org/10.33556/jstm.v21i2.273>
- [15] S.V *Harvald*, "Tahanan dan Propulsi Kapal", Erlangga, Jakarta, 1992.