



ISSN 2338-0322

JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

Analisa Nilai *Thrust* Optimum *Propeller* Pada Kapal Tugboat Pelabuhan Paket-II 2x1850HP Dengan Variasi Diameter *Propeller*, Jumlah Daun *Propeller* & Kecepatan Putaran *Propeller*(RPM)

Rino N Situmorang¹⁾, Parlindungan Manik²⁾ Ari Wibawa Budi Santosa³⁾

¹⁾Laboratorium Perancangan Kapal Dibantu Komputer

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

^{*)}e-mail : rino19situmorang@gmail.com, parlindungan_manik@live.undip.ac.id, arikapal175@gmail.com

Abstrak

Kecepatan dinas (V_s) yang stabil harus dimiliki setiap kapal, dalam arti bahwa sistem propulsi kapal haruslah baik. *Propeller*(sistem penggerak) adalah salah satu komponen dari sistem propulsi, dimana pemilihan *propeller* yang efektif sangat mempengaruhi gaya dorong (*thrust*) yang akan dihasilkan kapal tersebut. Kecepatan kapal diperoleh dari desain *propeller* yang baik agar mendapatkan gaya dorong(*thrust*) optimal yang dihasilkan gerak *propeller*. Tujuan dari penelitian untuk mencari model *propeller* dengan nilai efisiensi tertinggi pada eksisting rpm dengan variasi diameter dan jumlah blade *propeller* dan mencari kecepatan putaran *propeller*(rpm) yang terbaik pada eksisting model *propeller*. Penelitian ini dilakukan dengan menghitung nilai *thrust*, *torque* dan efisiensi *propeller* secara manual menggunakan grafik K_T , K_Q , and *Efficiency for the Wageningen B-Series Propellers*. Setelah penelitian ini selesai dilaksanakan, didapat hasil bahwa untuk eksisting kecepatan putaran *propeller*(rpm) nilai *thrust* tertinggi dihasilkan oleh model dengan variasi jumlah blade 5 dan diameter *propeller* 2,2 m dengan nilai 121,27 kN.

Kata Kunci : B-series, *Thrust*, *Torque*, *Propeller*, Efisiensi .

1. PENDAHULUAN

Dalam mencapai kecepatan maksimal kapal ada beberapa aspek yang harus diperhatikan dan mempengaruhi kecepatan yang dimaksimal diantaranya adalah perencanaan permesinan yang baik, perencanaan sistem propulsi yang baik dan perencanaan lainnya yang harus dipenuhi agar mendapatkan pembangunan sebuah kapal sesuai fungsinya [1].

Perencanaan sistem propulsi sangat penting karena perencanaan sistem propulsi guna mendesain *propeller* dimana *propeller* yang didesain harus menghasilkan kecepatan kapal yang sesuai dengan fungsi kapal tersebut. Gaya dorong(*thrust*) yang diinginkan tidak terlepas dari desain *propeller* yang baik [2].

Gaya dorong yang ditimbulkan dari gaya angkat pada bagian belakang *propeller* yang bergerak serta searah dengan gerakan kapal disebut dengan *thrust*. Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan guna mencari *thrust* dan

efisiensi *propeller*, diantaranya jumlah daun *propeller*, diameter *propeller*, kecepatan putaran *propeller*, dan lainnya.

Pada penelitian sebelumnya kajian tentang analisa *propeller* dengan perubahan sudut rake, dimana penambahan sudut rake yang terlalu besar dapat menyebabkan penurunan nilai *thrust* [3]

Herbet Simbolon [4] melakukan analisa nilai *thrust propeller* dengan variasi diameter, jumlah daun dan sudut rake, dimana penambahan jumlah daun *propeller* dan diameter *propeller* akan menghasilkan nilai *thrust* dan *torque* yang lebih tinggi 4.

Desain prosedur empat *propeller* pada kapal yang memfokuskan pada mesin dengan 85Bhp dan kecepatan kapal 30 knot untuk desain pitch *propeller* yang tetap. Hasil pengerjaan menunjukkan bahwa untuk *propeller* dengan luas blade area 0,55, efisiensi air terbuka adalah 73%. Ini berarti terlepas dari biaya awal desain dan membuat *propeller* jenis ini, pengembangan

efisiensi maksimum harus diupayakan, desainer, pabrikan, dan pengguna [5].

Selama masa operasi kapal, kondisi off-design dan modifikasi terkait dari aliran masuk baling-baling dihubungkan ke berbagai kejadian seperti efisiensi keseluruhan [6].

Teknik desain modern sedang ditingkatkan untuk juga mempertimbangkan kondisi off-design yang realistis dan khas yang dialami oleh kapal dan sistem propulsi, untuk meningkatkan masa operasi kapal dan keselamatan di laut, serta efisiensi keseluruhannya [7].

Pada penelitian sebelumnya ketika kecepatan kapal positif dihitung nilai *thrust* lebih rendah dari yang diukur karena kisi logam, kecepatan gerak maju lebih rendah dari kecepatan kapal. Saat kecepatan kapal negatif, *thrust* dihitung dengan karakteristik *propeller* adalah tentang rata-rata yang diukur dorong karena kecepatan gerak maju sama dengan kecepatan kapal [8].

Eksperimen dan simulasi pada optimasi kecepatan kontrol untuk mendapatkan nilai efisiensi optimal pada kapal dengan variasi baling-baling [9].

Perbedaan penelitian ini dibandingkan dengan penelitian-penelitian sebelumnya adalah bahwa pada penelitian ini dilakukan secara perhitungan manual tidak melalui *software* CFD. Perbedaan lainnya adalah penambahan variasi kecepatan rotasi *propeller*.

Penelitian ini bertujuan untuk mencari model *propeller* dengan nilai *thrust* tertinggi (optimum) pada eksisting rpm (kecepatan putaran *propeller*) dengan variasi diameter dan jumlah blade *propeller*

2. METODE

2.1 Objek Penelitian

Objek penelitian pada tugas akhir ini adalah *propeller* B4-70 pada kapal TB. Pelabuhan Paket-II 2x1850 HP. Guna mencari nilai *thrust*, *torque* serta efisiensi yang diinginkan, maka akan dilakukan penambahan dan pengurangan jumlah daun *propeller*, penambahan dan pengurangan kecepatan putaran *propeller*, serta penambahan dan pengurangan diameter *propeller* pada *propeller* B4-70.

Data untuk penelitian ini didapatkan secara tidak langsung. Data yang didapatkan secara tidak langsung berupa ukuran utama kapal, *lines plan*, ukuran *propeller* serta jurnal mengenai topik penelitian yang sama.

Tabel 1. Ukuran Utama Kapal TB. Pelabuhan Paket-II 2x1850 HP.

No		Dimensi
1	<i>Length Over All</i>	28,00 m
2	<i>Length Between Perpendicular</i>	24,85 m
3	<i>Breadth</i>	9,80 m
4	<i>Draught Moulded</i>	4,60 m
5	<i>Draft</i>	3,70 m
6	<i>DWT</i>	71,053Ton
7	<i>Speed</i>	12 Knot



Gambar 1. *Propeller* B4-70

Tabel 2. Ukuran Utama *propeller* B4-70

No		Dimensi
1	Tipe	B4-70
2	Diameter	2,2 m
3	<i>Pitch</i>	1,939 m
4	<i>Blade Area Ratio</i>	0,7
5	<i>Number Of Blades</i>	4
6	Kecepatan Putaran	287 rpm

2.2 Perlakuan Pada Objek Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk mencari nilai optimal *thrust*, *torque* dan efisiensi *propeller* B4-70 pada kapal TB. Pelabuhan Paket-II 2x1850 HP. Untuk itu, maka diperlakukan variasi pada *propeller* B4-70 berupa

- penambahan dan pengurangan jumlah daun *propeller* (3 dan 5 jumlah daun),
- penambahan dan pengurangan kecepatan putaran *propeller* (200rpm, 250 rpm dan 300rpm),
- penambahan dan pengurangan diameter *propeller* (2,1 m dan 2,3 m).

Tabel 3. Variasi *propeller* B4-70

No. Model	Kecepatan Putaran <i>Propeller</i> (RPM)	Jumlah Daun <i>Propeller</i>	Diameter <i>Propeller</i> (mm)
1	287 RPM	3	2100
2	287 RPM	3	2200
3	287 RPM	3	2300
4	287 RPM	4	2100
5	287 RPM	4	2200
6	287 RPM	4	2300
7	287 RPM	5	2100
8	287 RPM	5	2200
9	287 RPM	5	2300
10	200 RPM	4	2200
11	250 RPM	4	2200
12	300 RPM	4	2200

2.3 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di laboratorium perencanaan kapal dibantu komputer di Universitas Diponegoro. Laboratorium ini dilengkapi komputer yang dapat digunakan mahasiswa untuk melakukan riset ataupun Tugas akhir dalam pemodelan lambung kapal atau 3D kapal.

2.4 Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan metode numerik dengan perhitungan manual untuk mencari nilai *thrust*, *torque* dan efisiensi *propeller* pada setiap model *propeller* dibantu dengan *software autoCAD*. Perhitungan manual dilakukan berdasarkan grafik K_T , K_Q , and *Efficiency for the Wageningen B-Series Propellers*. Nilai K_T , K_Q yang didapat setelah melakukan perhitungan berdasarkan *autoCAD*. Kekurangan metode penelitian ini adalah tidak terlihatnya aliran yang dihasilkan oleh *propeller* karena tidak memakai *software CFD*. Namun, penelitian ini lebih mudah dibandingkan penelitian-penelitian lainnya karena hanya melakukan perhitungan secara manual.

Hal pertama yang dilakukan adalah mencari nilai J sriap model lalu mencari nilai K_T dan K_Q melalu grafik K_T , K_Q dan J . Langkah selanjutnya adalah mencari nilai *thrust*, *torque* dan efisiensi *propeller* setiap model.

2.5 Alat Dan Bahan Yang Digunakan

Penelitian ini dilakukan menggunakan bantuan komputer yakni, *software autoCAD*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan dengan menghitung nilai *thrust*, *torque* dan efisiensi *propeller* secara manual menggunakan diagram K_T , K_Q , and *Efficiency for the Wageningen B-Series Propellers*. Penelitian ini dilakukan melalui tahapan sebagai berikut :

1. Mencari nilai J (koefisien *advanced*)
2. Mencari nilai K_T dan K_Q pada diagram K_T , K_Q , and *Efficiency for the Wageningen B-Series Propellers*.
3. Mencari nilai T (*thrust*) dan Q (*torque*)
4. Mencari nilai efisiensi *propeller*.

3.1 Mencari Nilai J (Koefisien *Advanced*)

Untuk mencari nilai J atau koefisien *advanced* diperlukan nilai C_b kapal, dan kecepatan dinas kapal (V_s).

$$J = \frac{V_a}{nxD} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} w &= (0,55C_b)-0,2 \quad (2) \\ &= (0,55(0,548))-0,2 \\ &= 0,101 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_a &= (1-w)V_s \quad (3) \\ &= (1-0,101)20,254 \text{ ft/s} \\ &= 18,200 \text{ ft/s} \end{aligned}$$

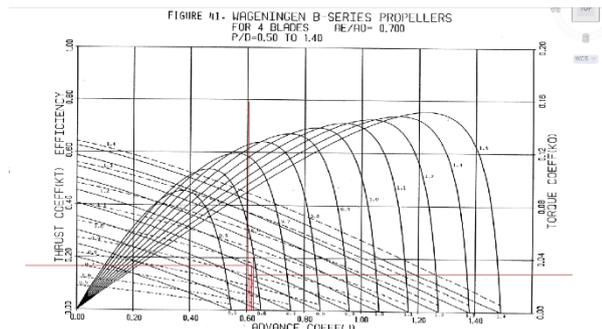
Maka, nilai J didapat

$$\begin{aligned} J &= \frac{V_a}{n \times D} \quad (4) \\ &= \frac{18,2}{4,167 \times 7,218} \\ &= 0,605 \end{aligned}$$

3.2 Mencari Nilai K_T K_Q Pada Grafik K_T , K_Q , and *Efficiency for the Wageningen B-Series Propellers*.

Setelah nilai J (koefisien *advanced*) didapat, maka dicari nilai koefisien *advanced* pada diagram K_T , K_Q , and *Efficiency for the Wageningen B-Series Propellers* sesuai dengan nilai jumlah daun dan *blade area rationya* lalu ditarik garis lurus. Perpotongan antara garis J yang dibuat dengan garis P/D (*pitch per diameter*) akan menunjukkan nilai K_T (koefisien gaya dorong

baling-baling) dan K_Q (koefisien torsi baling-baling) [10].



Gambar 2. Diagram K_T , K_Q , and Efficiency for the Wageningen B-Series Propellers untuk Propeller B4-70

3.3 Mencari Nilai T(thrust) dan Q(torque)

Nilai K_T (koefisien gaya dorong baling-baling) dan K_Q (koefisien torsi baling-baling) yang didapat dari diagram K_T , K_Q , and Efficiency for the Wageningen B-Series Propellers akan digunakan untuk mencari nilai T(thrust) dan Q(torque) sesuai dengan persamaan berikut [11]:

$$K_Q = \frac{Q}{\rho n^2 D^5} \quad (5)$$

$$0,172 = \frac{T}{1,9905 \times 4,167^2 \times 7,218^4}$$

$$T = 16109,841 \text{ lb}$$

$$T = 71660,142 \text{ N}$$

$$K_Q = \frac{Q}{\rho n^2 D^5} \quad (6)$$

$$0,027 = \frac{T}{1,9905 \times 4,167^2 \times 7,218^5}$$

$$T = 18311,710 \text{ lbft}$$

$$T = 24827,345 \text{ Nm}$$

3.4 Mencari Nilai Efisiensi Propeller

Nilai K_T (koefisien gaya dorong baling-baling) dan K_Q (koefisien torsi baling-baling) yang didapat dari diagram K_T , K_Q , and Efficiency for the Wageningen B-Series Propellers diperlukan untuk mencari nilai efisiensi propeller sesuai dengan persamaan berikut :

$$\eta_0 = \frac{J \times K_T}{2 \pi \times K_Q} \quad (7)$$

$$= \frac{0,605 \times 0,172}{2 \times 3,14 \times 0,027}$$

$$= 61,19 \%$$

Tabel 3 Hasil Thrust, Torque, Dan Efisiensi Yang Didapat Dari Semua Model

No. Model	Thrust (kn)	Torque (kn.m)	Efisiensi (%)
1	83,30	27,32	56,31
2	106,40	36,01	54,45
3	101,12	33,49	55,76
4	87,68	27,65	58,56
5	111,68	37,93	54,37
6	109,77	35,73	56,73
7	95,61	30,34	58,20
8	121,27	40,28	55,60
9	116,85	37,97	56,83
10	27,03	10,68	67,06
11	71,66	24,83	61,19
12	130,95	43,39	53,32

Setelah penelitian ini selesai dilaksanakan, didapat hasil bahwa untuk eksisting kecepatan putaran propeller (rpm) nilai thrust tertinggi dihasilkan oleh model 8 dengan variasi jumlah blade 5 dan diameter propeller 2,2 m dengan nilai 121,27 kN.

Dari penelitian ini dapat dilihat penambahan jumlah daun akan menghasilkan nilai thrust atau gaya dorong yang lebih tinggi. Penambahan diameter akan menghasilkan nilai thrust atau gaya dorong yang lebih tinggi namun bila diameternya terlalu besar akan mengakibatkan pengurangan nilai thrust atau gaya dorong. Hal ini disebabkan nilai P/D (pitch per diameter) akan turun dan nilai K_T (koefisien gaya dorong baling-baling) dan K_Q (koefisien torsi baling-baling) yang didapat dari perpotongan antara garis J dengan garis P/D (pitch per diameter) akan mengurai pengurangan nilai juga.

Sedangkan untuk penambahan kecepatan putaran propeller (rpm) akan menghasilkan nilai thrust atau gaya dorong yang lebih tinggi. Hal ini berdasarkan persamaan yang didapat dimana nilai thrust berbanding lurus dengan kecepatan putaran propeller (rpm).

Hasil dari penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian sebelumnya [4] bahwa penambahan jumlah daun propeller dan diameter propeller akan menghasilkan nilai thrust. Pada penelitian ini juga memperlihatkan bahwa semakin kecil kecepatan putaran propeller, maka makin kecil pula nilai thrust yang dihasilkan propeller tersebut.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisa yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa penambahan kecepatan putaran *propeller* (rpm) dan penambahan jumlah daun akan menghasilkan nilai *thrust* atau gaya dorong yang lebih tinggi. Penambahan diameter akan menghasilkan nilai *thrust* atau gaya dorong yang lebih tinggi juga namun bila diameternya terlalu besar akan mengakibatkan pengurangan nilai nilai *thrust* atau gaya dorong. Hasil yang didapatkan adalah pada eksisting kecepatan putaran *propeller*(rpm) nilai *thrust* tertinggi dihasilkan oleh model 8 dengan variasi jumlah blade 5 dan diameter *propeller* 2,2 m dengan nilai 121,27 kN.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Manik, Ed., *Buku Ajar Propulsi Kapal*. Semarang: Lembaga Pengembangan dan Penjamin Mutu Pendidikan Universitas Diponegoro, 2008.
- [2] S. Steen and K. Koushan, "Marine propulsors," *J. Mar. Sci. Eng.*, vol. 6, no. 3, 2018, doi: 10.3390/JMSE6030097.
- [3] W. Ati, I. Arief, and S. Adji, "Analisa Pengaruh Variasi Sudut Rake Propeller B-Series Terhadap Distribusi Aliran Fluida Dengan Metode CFD," *Tugas Akhir Jur. Tek. Sist. Perkapalan, Inst. Teknol. Sepuluh Nopember, Surabaya*, 2011.
- [4] P. Kaplan, "Analisa Nilai Maximum Thrust Propeller B-Series Dan Kaplan Series Pada Kapal Tugboat Ari 400 Hp Dengan Variasi Diameter, Jumlah Daun, Sudut Rake Menggunakan Cfd," *J. Tek. Perkapalan*, vol. 3, no. 4, pp. 394–404, 2015.
- [5] I. Anthony, W. Ekwere, E. Ogbonnaya, and K. Ejabefio, "Design Procedure of 4-Bladed Propeller," *West African J. Ind. Acad. Res.*, vol. 8, no. 1, pp. 13–24, 2013.
- [6] F. Ortolani, A. Capone, G. Dubbioso, F. Alves Pereira, A. Maiocchi, and F. Di Felice, "Propeller performance on a model ship in straight and steady drift motions from single blade loads and flow field measurements," *Ocean Eng.*, vol. 197, no. September 2019, p. 106881, 2020, doi: 10.1016/j.oceaneng.2019.106881.
- [7] F. Ortolani and G. Dubbioso, "Experimental investigation of single blade and propeller loads by free running model test. Straight ahead sailing," *Appl. Ocean Res.*, vol. 87, no. March, pp. 111–129, 2019, doi: 10.1016/j.apor.2019.03.005.
- [8] L. Pivano, Ø. N. Smogeli, T. A. Johansen, and T. I. Fossen, "Experimental validation of a marine propeller thrust estimation scheme," *Model. Identif. Control*, vol. 28, no. 4, pp. 105–112, 2007, doi: 10.4173/mic.2007.4.2.
- [9] M. Blanke, L. Pivano, and T. A. Johansen, "An efficiency optimizing propeller speed control for ships in moderate seas - Model experiments and simulation," *IFAC Proc. Vol.*, vol. 7, no. PART 1, pp. 329–336, 2007, doi: 10.3182/20070919-3-hr-3904.00058.
- [10] M. M. Bernitsas, D. Ray, and P. Kinley, "Wageningen B-Series," *Kt, Kq and Efficiency curves for the wageningen B-series Propellers*. p. 102, 1981.
- [11] J. Carlton, *Marine Propeller and Propulsion Second Edition*. Boston: Elsevier, 2554.