

ANALISIS BEBAN DAN TEGANGAN *SHAFT PROPELLER* PADA KAPAL LCT 460 GT

Mayriza Mubarakah Tambas¹, Lely Pramesti², Adi Wirawan Husodo³

Program Studi D-IV Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia^{1*}

Program Studi D-IV Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia²

Program Studi D-IV Teknik Perpipaian, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia³

Email: mayrizatambas@student.ppns.ac.id¹; lelypramesti@ppns.ac.id²; adiwirawan@ppns.ac.id³

Abstract -.

In the operation condition, the propeller shaft is subject to a combined load of torsion moment, bending moment and axial thrust force. Paying attention to the fact that the propeller shaft must sustain the load, work optimally, and last longer is essential. This research aims to determine the torque, thrust, and stress acting on the shaft on the propeller shaft at engine speed conditions of 1500, 1800 and 2000 RPM. The types of stress investigated are axial, bending, and torsional. The stresses are calculated using the finite element method and compared to the manual calculation method. The torques of the propeller shaft are 8,793,841.18 N-mm (at 1500 RPM), 7,328,200.99 N-mm (at 1800 RPM), and 6,595,380.89 N-mm (at 2000 RPM). The trusses of the propeller shaft are 29,258.5 N (at 1500 RPM), 25,990.3 N (at 1800 RPM), and 24,188.9 N (at 2000 RPM). The axial stresses are 5.0 Mpa (at 1500 RPM), 4.4 MPa (at 1800 RPM), and 4.1 Mpa (at 2000 RPM). The bending stresses are 62.150 MPa, and the shear stress value is 69.72 MPa (at 1500 RPM), 58.097 MPa (1800 RPM), and 52.29 MPa (2000 RPM). All stresses in the propeller shaft are below the allowable stresses.

Keyword: Torque, Thrust, Shaft, Stress, Allowable Stresses

Nomenclature

Q	= Momen Torsi (Nmm)
T	= Thrust (N)
t	= thrust deduction factor
σ_b	= Tegangan Bending (MPa)
Mb	= Momen Bending (Nmm)
I	= momen inersia batang (mm ⁴)
σ_a	= Tegangan Aksial (MPa)
F	= gaya eksternal (N)
A	= luas penampang (mm ²)
τ	= tegangan geser puntir (MPa)
r	= jari-jari penampang batang (mm)
J	= momen inersia polar (mm ⁴)

1. PENDAHULUAN

Sistem propulsi memegang peranan penting dalam tahap perencanaan kapal. Fungsi utama dari sistem propulsi ini adalah untuk menghasilkan Thrust yang diperlukan agar kapal dapat bergerak. Salah satu elemen krusial dalam sistem propulsi ini adalah *shaft propeller*. Akibat dari perputaran *shaft* selain menghasilkan thrust, perputaran tersebut mengakibatkan momen torsi untuk memutar *propeller*. Dimana *shaft* bertanggung jawab untuk mentransmisikan daya dari mesin utama ke baling-baling kapal [1].

Dalam operasinya, poros menjadi subjek dari beban kombinasi momen torsi, momen bending dan gaya dorong aksial [1]. Kombinasi beban tersebut menyebabkan poros mengalami pembebanan siklus, dengan adanya variasi beban siklus konstan pada kapal ini, dapat menunjukkan indikasi terjadinya kelelahan, karena dengan adanya pembebanan secara terus menerus *shaft propeller* akan mengalami deformasi akibat siklus tegangan yang terjadi pada permukaan *shaft*. Hal ini dapat menyebabkan kerusakan permanen sebagai proses perubahan struktur permanen pada satu titik menjadi retak (*crack*) [2].

Berdasarkan penelitian tersebut untuk dapat mengantisipasi terjadinya deformasi pada *shaft propeller* LCT 460 GT akibat tegangan yang terjadi pada *shaft* maka pada penelitian ini perlu dilakukan penelitian untuk menghitung tegangan yang terjadi pada *shaft propeller*. Variasi pembebanan dilakukan pada saat kondisi putaran mesin 1500, 1800, 2000 rpm, dimana dengan variasi tersebut nantinya akan didapatkan nilai tegangan pada masing-masing kondisi. Identifikasi dilakukan dengan menggunakan pendekatan perhitungan manual sesuai dengan rujukan yang digunakan. Hasil analisis digunakan untuk mengetahui apakah tegangan yang bekerja pada *shaft propeller* masih dibawah

ambang batas tegangan izinnnya.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Untuk melakukan penelitian ini maka diperlukan beberapa langkah diantaranya adalah sebagai berikut:

2.1 Pengumpulan Data

Data yang digunakan untuk penelitian ini berisi Data Utama Kapal, Spesifikasi Mesin, Data Dimensi *Shaft propeller* dan Data Material *Shaft propeller*. Berikut tabel 1 menunjukkan Data Utama Kapal, tabel 2 menunjukkan Spesifikasi Mesin, table 3 dan Gambar 2 menunjukkan Data Dimensi *Shaft propeller* dan table 4 menunjukkan Data Material *Shaft propeller*.

Tabel 1. Principal Dimension

Principal Dimension		
Lpp	46,4	m
Cb	0,68	
Vs	9	knot

Tabel 2. Engine Specification

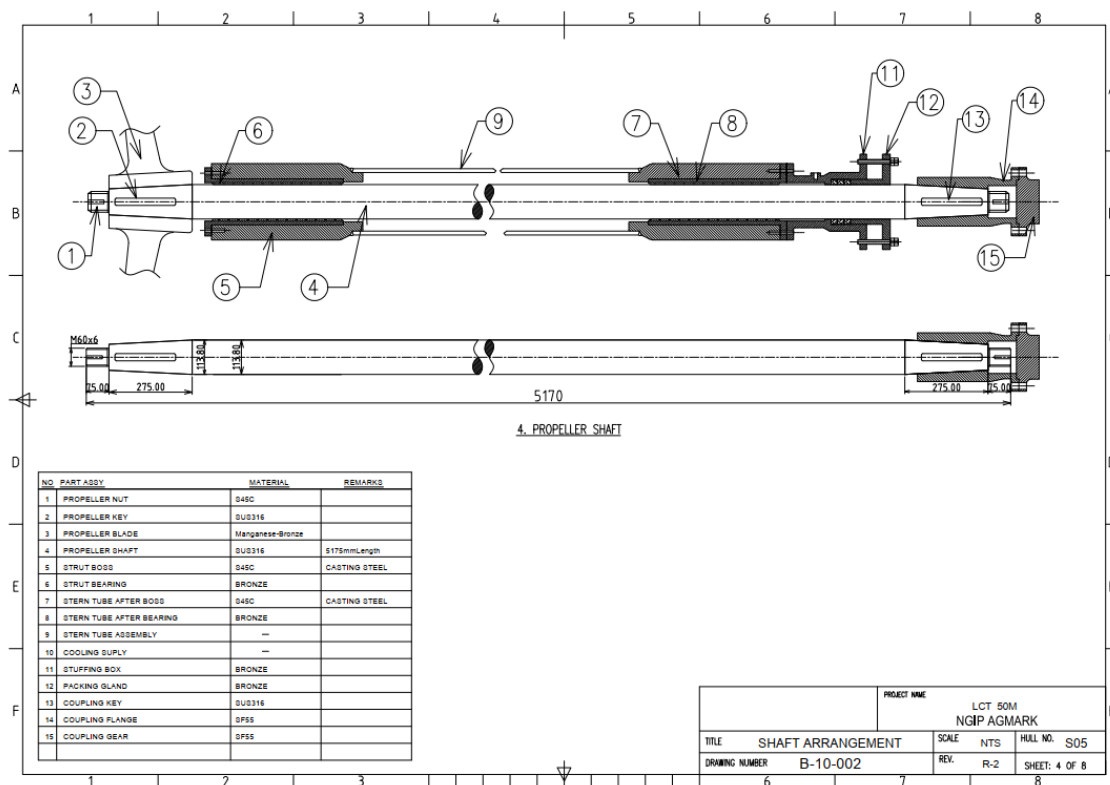
Engine Specification		
BHP _{mcr}	373	kW
BHP _{scr}	316,9225	kW
Speed (mcr)	2000	rpm
DHP	304,3723	kW
EHP	214,5517	kW

Tabel 3. Shaft propeller Dimension

Shaft propeller Dimension		
Diameter Shaft propeller	113,8	mm
Panjang Shaft propeller	5170	mm
Massa Shaft propeller	420,43	kg

Tabel 4. Material of Shaft propeller

Data Material Shaft propeller		
Material Name	SS 316	
Density	0,289	Lb/In ³
Elongation	60	%
Yield Strenght	240	MPa



Gambar 1. Shafting Arrangement Kapal LCT 460 GT

2.2 Menghitung Momen Torsi dan Thrust

Untuk menentukan nilai beban *thrust* dan *torsional moment* [3] digunakan persamaan sebagai berikut:

$$Q = \frac{DHP \times 1000 \times 60}{2\pi n} \quad (1)$$

$$T = \frac{EHP}{(1-t)V_s} \quad (2)$$

2.3 Tegangan yang bekerja Pada Propeller Shaft

2.3.1. Tegangan Bending

Tegangan *bending* merupakan tegangan yang disebabkan oleh momen *bending*. Pada saat terkena momen *bending*, terjadi pembengkokan pada sumbu benda, tetapi tidak terjadi peregangkan serta momen *bending* yang stabil akan menghasilkan momen berulang pada saat *shaft* berputar dan sebuah elemen tegangan tertentu

akan bergantian dari kompresi (*compression*) ke tekanan (*tension*) pada setiap putaran dari *shaft* [1]. Perhitungan tegangan *bending* dapat dilihat pada Persamaan

$$\sigma_b = \frac{M_{by}}{I} \quad (3)$$

2.3.2. Tegangan Aksial

Tegangan Aksial merupakan tegangan yang terjadi ketika komponen dikenai gaya eksternal yang letaknya tegak lurus dengan penampang komponen. Ketika sebuah komponen mekanis dikenai gaya eksternal, gaya penahan (*resisting force*) terbentuk di dalam komponen. Gaya penahan internal per satuan luas komponen disebut tegangan normal (*normal stress*) [1]. Berikut adalah persamaan untuk tegangan normal pada Persamaan 4.

$$\sigma_a = \frac{F}{A} \quad (4)$$

2.3.3. Tegangan Geser Puntir

Tegangan geser (*shear stress*) merupakan intensitas gaya pada suatu titik yang sejajar terhadap penampang, dimana penyebab terjadinya tegangan geser adalah momen puntir atau momen torsi. Berikut adalah persamaan untuk tegangan geser pada Persamaan

$$\tau = \frac{M_t \times r}{J} \quad (5)$$

2.4 Tegangan Izin

Dalam DNV-GL, (2017) nilai *safety factor* pada desain *shaft* ditentukan berdasarkan jumlah desain *cycle* yang direncanakan. Nilai *safety factor* (*nf*) dapat dilihat pada Tabel 5

Tabel 5. *Safety Factor*

<i>Safety Factor (nf)</i>	
<i>High cycle fatigue</i>	<i>Low cycle fatigue</i>
1,6	1,25

Berdasarkan Oberg et al., (2004) nilai *allowable stress* ($\sigma_{allowable}$) lebih kecil dibandingkan nilai *strength of material* ($S_{material}$), karena nilai *safety factor* lebih dari satu. Persamaan (2.16) merupakan rumus menentukan *allowable stress*.

$$\sigma_{allowable} = \frac{S_{material}}{n_f} \quad (6)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Selanjutnya dilakukan perhitungan manual untuk mencari nilai *Thrust* dan Momen Torsi serta tegangan-tegangan yang bekerja pada *shaft propeller*.

3.1 Perhitungan *Thrust* dan Momen Torsi

Dari persamaan 1 dan 2 maka didapatkan nilai beban *thrust* (dorong) dan *torsional moment* sebagai berikut:

Tabel 6. Nilai *Thrust* dan Momen Torsi pada Berbagai Variasi Kondisi

Variasi RPM	Load	
	Thrust (N)	Momen Torsi (Nmm)
1500	29258,51	8793841,18
1800	25990,27	7328200,98
2000	24188,96	6595380,88

3.2 Hasil Perhitungan Tegangan

Pada penelitian ini didapatkan beberapa hasil tegangan yang diterima oleh *shaft propeller* kapal LCT 460 GT. Tabel 7 merupakan komparasi beban dan tegangan yang di terima *shaft* pada kondisi putaran *engine* sebesar 1500, 1800, dan 2000 RPM.

Pada tabel 7 menunjukkan kondisi *shaft propeller* dalam keadaan tegangan maksimum dan tegangan minimum, dimana tegangan yang memiliki nilai paling besar berada pada saat *shaft* pada putaran *engine* 1500 RPM, dan nilai tegangan paling rendah berada pada saat *shaft* berada putaran *engine* 2000 RPM.

Tabel 7. Hasil Perhitungan Tegangan

Variasi RPM	Stress	Manual (MPa)
1500	<i>Bending</i>	62,1502
	<i>Axial</i>	5,004
	<i>Shears</i>	69,7166
1800	<i>Bending</i>	62,1502
	<i>Axial</i>	4,4454
	<i>Shears</i>	58,09721
2000	<i>Bending</i>	62,1502
	<i>Axial</i>	4,1373
	<i>Shears</i>	52,28749

Tabel 7 menunjukkan bahwa *thrust* pada *shaft* nilainya sama pada setiap kondisi variasi dikarenakan untuk mencari nilai menggunakan persamaan 2, sedangkan untuk momen torsi nilainya akan berbeda pada setiap variasi rpm sesuai dengan persamaan 1, dimana nilai dari momen torsi dipengaruhi dengan besarnya RPM putaran mesin.

Tabel 7 juga menunjukkan bahwa tegangan yang terjadi pada saat kondisi *main engine* berputar 1500 RPM memiliki nilai momen torsi paling besar. Hal ini sesuai dengan Persamaan 1 yang menunjukkan bahwa nilai momen torsi dan tegangan berbanding terbalik dengan besarnya putaran mesin. Semakin rendah putaran *engine* maka nilai torsi dan tegangannya semakin besar.

Sedangkan untuk nilai dari *shear stress* berdasarkan persamaan 5 dipengaruhi oleh nilai torsi yang dihasilkan. Maka nilai dari *shear stress* berbanding lurus dengan momen torsi. Semakin besar nilai torsi maka nilai *shear stress* akan menjadi lebih besar. Tegangan ini nantinya yang akan menunjukkan bahwa *shaft* dapat menahan

beban yang bekerja pada beberapa kondisi putaran mesin agar tidak mengalami deformasi dan kegagalan material sebelum *design life* nya dikarenakan tegangan yang diterima *shaft* masih berada di dalam batas tegangan izin material tersebut.

3.3 Tegangan Izin

Dengan menghitung tegangan izin, keamanan dari *shaft* dapat dievaluasi apakah melewati batas atau tidak. Penentuan safety factor dilakukan berdasarkan DNV-GL (2018)

Persamaan tegangan izin dapat dilihat pada persamaan 6.

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{allowable}} &= \frac{\sigma_{\text{material}}}{nf} \\ &= \frac{550 \text{ MPa}}{1,6} \\ &= 343,75 \text{ MPa}\end{aligned}$$

Maka dapat disimpulkan bahwa nilai tegangan yang diterima oleh *shaft propeller* di bawah tegangan izin *shaft* tersebut, hal ini menunjukkan bahwa *shaft propeller* kapal LCT 460 GT ini tidak mengalami deformasi.

4. KESIMPULAN

Pada penelitian Analisis Beban dan Tegangan Pada *Shaft propeller* Kapal LCT 460 GT didapatkan hasil perhitungan momen torsi pada kondisi putaran *engine* 1500, 1800, dan 2000 secara berurutan sebesar 8793841,183 N.mm, 7328200,986 N.mm dan 6595380,88 N.mm. Sedangkan untuk perhitungan gaya dorong didapatkan nilai sebesar 29258,51 N, 25990,27 N dan 24188,96 N. Kemudian hasil perhitungan manual untuk tegangan yang terjadi pada *shaft propeller* kondisi putaran *engine* 1500, 1800, dan 2000 RPM secara berurutan didapatkan nilai tegangan normal sebesar 5 MPa, 4,44 MPa dan 4,137 MPa. Nilai tegangan *bending* sebesar 62,150 MPa serta nilai tegangan geser puntir sebesar 69,416 MPa, 58,097 MPa, dan 52,287 MPa. Serta hasil Tegangan Izin didapatkan nilai 343,75 MPa.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyadari penyelesaian jurnal ini tidak terlepas dari bimbingan dan motivasi dari berbagai pihak, penulis menyampaikan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua yang telah memberikan dukungan moril dan materil, motivasi, kasih sayang serta do'a yang selalu mengalir kepada penulis.
2. Ibu Lely Pramesti, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing I.
3. Bapak Adi Wirawan Husodo, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing II.
4. Kerabat dan sahabat seperjuangan Teknik Permesinan Kapal-PPNS.

6. PUSTAKA

- [1] J. E. Shigley, MECHANICAL ENGINEERING DESIGN, Mc. GRAW HILL BOOK COMPANY, 1997.
- [2] T. & A. R. C. Yulianto, "Analisis Kekuatan *Shaft propeller* Kapal Rescue 40 Meter dengan Metode Elemen Hingga," vol. 16, p. 6, 2019.
- [3] E. Lewis, Principles of Naval Architecture, Jerse, 1988.
- [4] & A. R. Rahmatullah, "Analisa Pengujian Lelah Material Bronze dengan Menggunakan Rotary *Bending* Fatigue Machine," *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi Voll*, vol. 1, pp. 1-11, 2018.
- [5] M. I. A. Hasyim, "Analisis Fatigue Lifec Pada *Shaft propeller* Kapal TB. 1030 HP dengan Menggunakan Finite Element Method," 2023.
- [6] M. Muhaimin, "Analisis Kelelahan *Shaft propeller* Pada Kapal Tanker 6500 DWT," Surabaya, 2022.
- [7] G. V. Vizentin, "Common Failures of Ship Propulsion," *Journal Marine Science and Technology*, 2020.