

# ANALISA TEGANGAN pada *STERN TUBE* AKIBAT BEBAN RADIAL pada POROS *PROPELLER* KAPAL *GENERAL CARGO 6200 DWT*

Budi Utomo\*<sup>1</sup>, Sarwoko<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departemen Teknologi Industri, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang Jawa Tengah, Indonesia 50275

\*Email: [budiutomo\\_undip@yahoo.com](mailto:budiutomo_undip@yahoo.com)

## Abstrak

Beban radial yang berlebihan pada bantalan dapat mengakibatkan terjadinya suatu gesekan yang cukup besar sehingga tidak menutup kemungkinan tegangan yang terjadi dapat melebihi batas kekuatan material dan mengakibatkan deformasi dan keausan yang berlebih pada bagian tertentu. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui hasil analisis tegangan kontak maksimum akibat beban radial pada bantalan poros *propeller* dan karakteristiknya. Metode numerik dengan *Finite Elemen Method*, dilakukan untuk mendapatkan pendekatan secara matematis terhadap pertemuan kontak antara dua benda. Tegangan yang diterima oleh *stern tube* bervariasi sesuai tingkat area kontak antara kedua material. Pada bagian *end* memiliki nilai tegangan yang paling tinggi dari *load rpm* maksimum namun demikian masih masuk kedalam *safety factor* standart dari kekuatan mekanik material *stern tube*.

Kata Kunci: *Stern Tube*, *Propeller*, poros, RPM, *General Cargo*

## Abstract

Excessive radial load on the bearing can result in a large enough friction so that it is possible that the stress that occurs can exceed the material strength limit and result in excessive deformation and wear in certain parts. The purpose of this study was to determine the results of the analysis of the maximum contact stress due to radial load on the propeller shaft bearing and its characteristics. The numerical method using the Finite Element Method was carried out to obtain a mathematical approach to the contact meeting between two objects. The stress received by the stern tube varies according to the level of contact area between the two materials. At the end it has the highest stress value from the maximum load rpm, however, it is still included in the standard safety factor of the mechanic strength of the stern tube material.

Keywords: Stern Tube, Propeller, Shaft, RPM, General Cargo

## 1. PENDAHULUAN

Dalam perencanaan kapal, penentuan hambatan kapal dapat dilihat dari bentuk lambung kapalnya [1], [2]. Terlebih besarnya luas bidang air sangat mempengaruhi tahanan yang akan terbentuk. Sehingga dalam merencanakan hambatan kapal, terbentuklah desain perencanaan sistem propulsi kapal sangat sesuai dan ideal dari bentuk kapal tersebut [3]. Saat proses install poros propulsi, tentu saja, penyetaraan yang benar sangat penting untuk memastikan distribusi beban yang stabil dan tepat ke bantalan pendukung poros [4]. Sedikit pergeseran kekeliruan atau jarak yang terbentuk dapat menyebabkan distribusi beban yang tidak merata pada bantalan, akibatnya menyebabkan abrasi yang tidak normal, kondisi kelebihan beban, kelebihan beban dan/atau kerusakan bantalan

pada bagian tertentu [5]. Bagian ini cukup penting terutama untuk memastikan adanya distribusi beban yang terjadi memastikan kestabilan dan tepat ke bantalan pendukung poros [6]. Dengan demikian kemungkinan terjadinya keausan pada poros *propeller* juga cukup berkurang resiko terjadinya [7]. Disposisi dapat menyebabkan distribusi beban radial yang tidak merata pada bantalan, akibatnya menyebabkan suatu kondisi abrasi yang tidak normal, kondisi kelebihan beban, dan kerusakan pada bagian bantalan tertentu, hal tersebut berlaku juga kepada struktur material yang mendapat beban statis sebagai tumpuannya [8]. Demikian juga pada hal praktik konvensional, beban lokal yang berlebihan pada bantalan dapat mengakibatkan terjadinya suatu gesekan yang cukup besar sehingga tidak menutup kemungkinan

tegangan yang terjadi dapat melebihi batas kekuatan material dan mengakibatkan deformasi dan keausan yang berlebih pada bagian tertentu [9]. Gambar 1 menunjukkan terdapat kerusakan pada bantalan poros *propeller*, dimana terjadi kerusakan keausan dan bagian material yang terkikis karena adanya pengaruh beban radial dari putaran poros *propeller*.



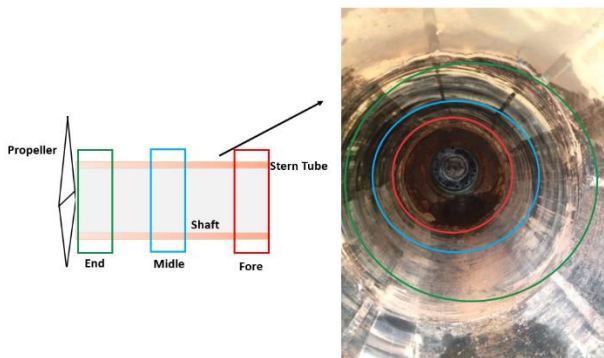
**Gambar 1.** Bagian aus pada bantalan poros *propeller*

Studi sebelumnya menunjukkan jika suatu sudut kemiringan yang relatif antara poros penggerak dan bantalan poros *propeller* kapal secara terus-menerus menyebabkan terjadinya *missalignment*, sehingga dapat berdampak terhadap performa sistem poros *propeller*, dan secara berkelanjutan merusak bantalan [10]. Analisis dari beberapa penelitian sebelumnya menyarankan jika derajat kemiringan ini dapat diperhitungkan ketika memperkirakan titik tumpuan yang paling efektif terhadap bantalan sehingga ketika kapal beroperasi tentunya pasti terdapat beban radial yang diterima bantalan selama proses beroperasinya tersebut [11]. Hipotesis sementara menyatakan bahwa penetapan pemasangan poros *propeller* dengan mempertimbangkan kemungkinan kemiringan poros *propeller* dapat mempengaruhi pencegahan kerusakan pada bantalan poros *propeller*. Namun demikian penelitian lainnya, simulasi numerik yang difokuskan pada penyelidikan fenomena termal pada pengoperasian bantalan berpelumas air, menunjukkan jika terdapat aliran aksial terbatas yang mendorong aliran balik air dari

zona sisi bantalan melewati alur yang telah terbentuk dari bantalan poros *propeller* [12], [13]. Fenomena termal tersebut dipengaruhi oleh adanya tegangan yang terjadi akibat kontak antara 2 permukaan benda. Sehingga dapat diketahui maksimum beban yang dapat diterima terhadap desain bantalan poros *propeller* tersebut [14], [15]. Untuk itu perlunya suatu investigasi terkait analisa tegangan yang terjadi akibat beban radial poros *propeller* pada kapal muatan maksimum 6200 DWT, yang menggambarkan karakteristik desain bantalan poros *propeller*. Beberapa pendekatan untuk perhitungan tegangan yang terjadi, mengevaluasi beban radial yang di terima oleh bantalan poros *propeller*. Untuk keselarasan poros pada tahap desain, beberapa kondisi telah disarankan untuk diperhitungkan; perubahan gaya reaksi bantalan pada kondisi pemuatan kargo yang berbeda, deformasi mekanis mesin utama karena operasi jangka panjang, kemiringan bantalan dapat ditunjukkan dengan persamaan metode *gasag* [16], dapat ditulis ulang sesuai dengan Pers. (1) :

$$\left. \begin{aligned}
 \beta_1 &= \gamma_2 - \gamma_1 \\
 \beta_2 &= \gamma_4 - \gamma_4 \\
 &\vdots \\
 \beta_N &= \gamma_{2N} - \gamma_{1N} \\
 g_1 &= (\theta_2 - \theta_1) D_1 \\
 g_2 &= (\theta_4 - \theta_2) D_2 \\
 &\vdots \\
 g_N &= (\theta_{2N} - \theta_{2N-1}) D_N
 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Dalam prinsip ini, ketika menghubungkan bagian-bagian yang terpisah dari poros penggerak bersama-sama, bagian pertama dianggap sebagai referensi. Menggunakan nilai *gapsag* ( $g_N$ ) yang diturunkan dari defleksi dan sudut ujung sudut ditentukan oleh berat poros. Dimana ( $\theta$ ) menunjukkan sudut defleksi, dan ( $D_N$ ) adalah diameter dari poros bantalan, sedangkan nilai ( $\gamma_{2N}$ ) adalah berat dari poros sehingga dapat digunakan untuk mencari beban radial ( $\beta_N$ ).



Gambar 2 . Bagian Stern Tube yang ditinjau

Adapun batasan permasalahan pada penelitian ini adalah desain bantalan poros *propeller* pada sistem propulsi kapal general cargo 6200 DWT, bahan material *bronze* (CuSn) , ditinjau dari tiga posisi sesuai gambar 2, perhitungan simulasi tegangan dengan *Finite Element Method*, kondisi gelombang sesuai dengan kondisi rata-rata perairan dalam di Indonesia, load beban radial kondisi putaran rpm maximum, Temperature kerja yang terjadi saat operasi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui hasil analisis tegangan kontak maksimum akibat beban radial pada bantalan poros *propeller* dan karakteristiknya.

2. METODE

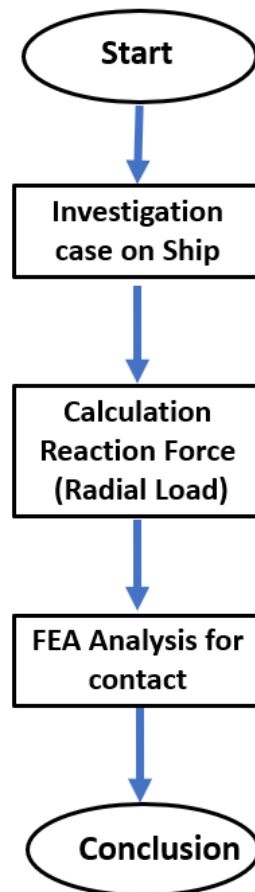
Objek penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah kapal dengan spesifikasi poros *propeller* , lihat pada tabel 1.

**Tabel 1.** Data Ukuran Utama Kapal

Ukuran	Nilai	Satuan
Length (LoA)	111,9	m
Breadth (B)	16	m
Height (H)	7,6	m
Draft (D)	5,9	m
DWT	6200	Ton
Shaft Propeller	Forget Stell Alloy	

Ekperimen yang dilakukan adalah dengan proses desain kemudian dilakukan *boundary*

*condition* untuk merepresentasikan kondisi beban yang terjadi, seperti pada alur penelitian yang tertuang pada gambar 3.



Gambar 3 . Metodologi Penelitian

Adapun kondisi load beban yang digunakan disesuaikan pada putaran mesin ketika beroperasi. Pembagian daerah dipertimbangan dengan panjang atau area kontak antara *stern tube* kapal, lihat gambar 4.

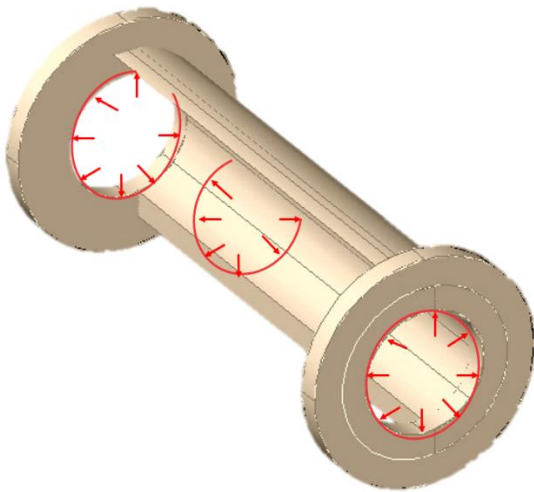


Gambar 4 . Daerah kontak pada *stern tube* poros *propeller*

Metode numerik yang digunakan menggunakan *finite element method* dan aplikasinya pada kapal dengan DWT 6200 Ton.

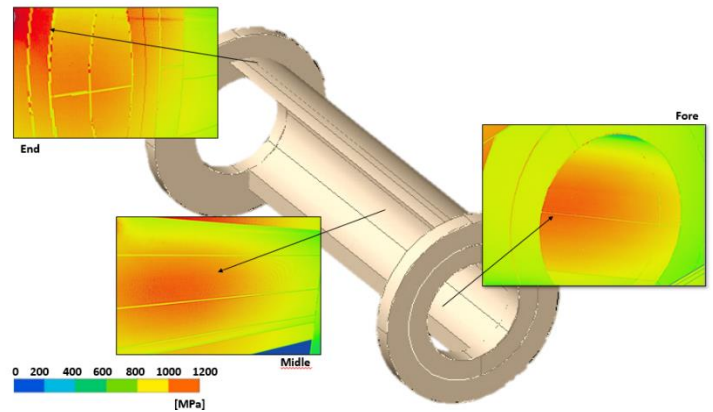
**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Data di lapangan kemudian dilakukan penggambaran untuk merepresentasikan daerah kontak pada *stern tube* poros *propeller* seperti terlihat pada gambar 5. Beban yang di terima kemudian dibagi menjadi 8 resultan gaya yang menunjukkan sebaran tegangan yang nantinya akan diterima. Daerah ini dapat dilakukan pengukuran dan perhitungan berdasarkan pendekatan matematik.



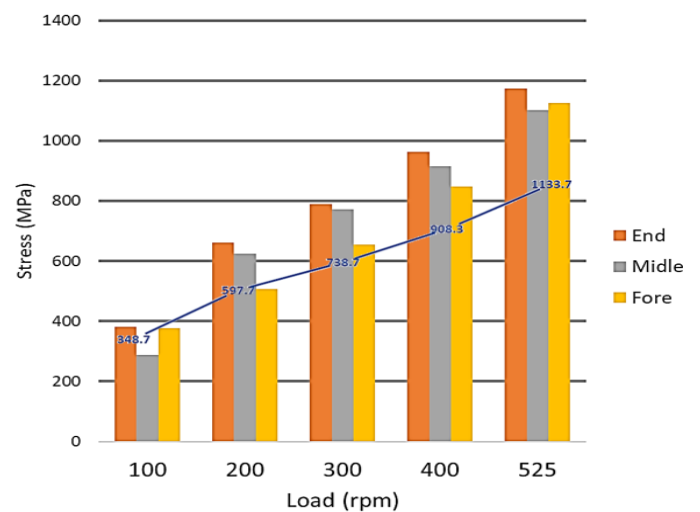
**Gambar 5 .** *Boundary Condition Stern Tube*

Setiap beban dari putaran poros yang diterima dilakukan perhitungan untuk mendapatkan *load* masing masing bagian. *Load* masing-masing bagian tersebut kemudian dibagi menjadi beberapa titik sehingga dapat merepresentasikan tumpuan beban masing-masing daerah.



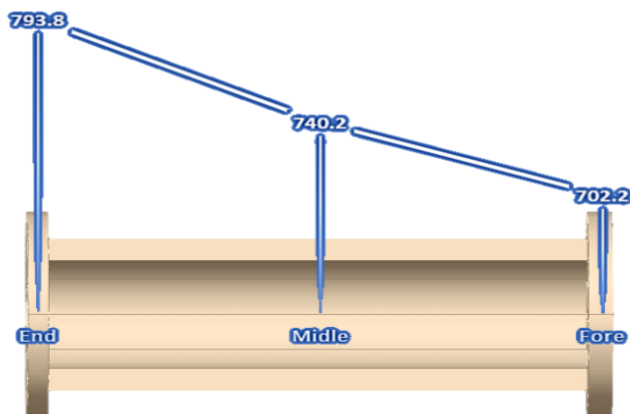
**Gambar 6 .** Hasil perhitungan numerik dengan FEM pada load RPM maksimum

Hasil perhitungan dapat diketahui distribusi tanganan dari masing-masing daerah peninjauan *stern tube* poros *propeller*, lihat gambar 6. Hasil perhitungan menunjukkan nilai maksimum tegangan yang diterima pada gradasi warna menunjukkan tingkat tegangan yang terjadi pada *stern tube* poros *propeller*. Nilai tegangan maksimum saat *load* RPM maksimum pada bagian *fore* sebesar 1103,4 MPa, pada bagian *middle* sebesar 1023,9 MPa, pada bagian *end* sebesar 1133,7 MPa. Nilai tegangan terbesar rata-rata terjadi pada bagian akhir *stern tube*, hal ini menunjukkan adanya reaksi beban radial yang cukup besar sebelum putaran poros *propeller* memberikan aksi daya dorong keluar bagian lambung kapal.



**Gambar 7 .** Grafik Perbandingan tegangan pada tiap bagian

Hal tersebut senada dengan sebaran perbandingan nilai tegangan, lihat gambar 7. Menunjukkan hasil dimana kenaikan nilai tegangan juga terjadi ketika *load Rpm* yang diterima juga semakin besar. Setiap tegangan maksimum memiliki kenaikan rata-rata 24,8 % dimana kenaikan tertinggi pada rpm awal yaitu 100 menuju ke 200 rpm, tingkat prosentase kenaikan tegangan sebesar 41,7 %, diikuti dengan pada 200 rpm menuju 300 rpm dan seterusnya masing masing 19,1 % dan 18,7 %.



**Gambar 8** . Grafik rata-rata tegangan yang terjadi berdasarkan lokasi tumpuannya

Rata-rata nilai tegangan berdasarkan lokasi menunjukkan nilai tegangan maksimum 793,8 MPa pada bagian belakang (*end*). Dimana setiap bagian ini mengalami peningkatan tegangan pada kondisi maksimum load rpm sebesar pada bagian *fore* ke bagian *midle* 38%, sedangkan pada bagian *midle* dengan *end* sebesar 53,8 % . Hal tersebut tergambar pada reparasi yang dilakukan dimana bagian akhir yang paling banyak dilakukan perbaikan.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa dapat disimpulkan bahwa hubungan kontak antara *stren tube* dan poros propeller menimbulkan adanya tegangan maksimum. Terjadinya tegangan maksimum tersebut masih masuk kedalam ukuran *safety factor* standart dari kekuatan mekanik material. Beban radial pada rpm maksimum putaran poros *propeller*

menjadikan tegangan yang diterima oleh *stern tube* bervariasi sesuai tingkat area kontak antara kedua material.

Hasil perhitungan didapatkan hasil pada putaran maksimum yaitu 525 rpm mesin bagian *fore* sebesar 1103,4 MPa, pada bagian *midle* sebesar 1023,9 MPa, pada bagian *end* sebesar 1133,7 MPa . Rata-rata tegangan yang terjadi pada bagian *end stern tube* sebesar 793.8 MPa.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kami ucapkan kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam penyelesaian penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. N. Anyfantis, "Preliminary design assessment of an alternative repair method for corroded shear panels in ship hull structures," *Ocean Engineering*, vol. 188, p. 106323, 2019.
- [2] H. Jafaryeganeh, M. Ventura, and C. Guedes Soares, "Application of multi-criteria decision making methods for selection of ship internal layout design from a Pareto optimal set," *Ocean Engineering*, vol. 202, p. 107151, 2020.
- [3] E. B. Njaastad and O. Egeland, "Detection and Inspection Planning for Ship Propeller Blades via Spectral Shape Analysis," *IFAC-PapersOnLine*, vol. 52, no. 10, pp. 154–159, 2019.
- [4] S. F. Khristyson, S. D. Said, M. A. Wahid, and S. Khoeron, "Keausan Poros Propeller yang Berlebihan Akibat Beban Radial Seal pada Lingkungan Air Laut," *INOVTEK POLBENG*, vol. 11, no. 1, pp. 67–73, 2021.
- [5] Y. Guo, H. Wang, X. Liang, and H. Yi, "A quantitative evaluation method for the effect of construction process on shipbuilding quality," *Ocean Engineering*, vol. 169, pp. 484–491, Dec. 2018.
- [6] Y. Kitagawa, O. Bondarenko, and Y. Tsukada, "An experimental method to identify a component of wave orbital motion in propeller effective inflow velocity and its effects on load fluctuations

- of a ship main engine in waves,” *Applied Ocean Research*, vol. 92, p. 101922, 2019.
- [7] Y. Huang, Y. Hu, J. Wu, and C. Zeng, “Observer-based motion control system for the approach ship with propeller and rudder in the process of underway replenishment,” *Ocean Engineering*, vol. 222, p. 108586, 2021.
- [8] G. N. Rossopoulos, C. I. Papadopoulos, and C. Leontopoulos, “Tribological comparison of an optimum single and double slope design of the stern tube bearing, case study for a marine vessel,” *Tribology International*, vol. 150, p. 106343, 2020.
- [9] C.-G. Lin, M.-S. Zou, C. Sima, S.-X. Liu, and L.-W. Jiang, “Friction-induced vibration and noise of marine stern tube bearings considering perturbations of the stochastic rough surface,” *Tribology International*, vol. 131, pp. 661–671, 2019.
- [10] A. Barszczewska, “Experimental Research on Insufficient Water Lubrication of Marine Stern Tube Journal Bearing with Elastic Polymer Bush,” *Polish Maritime Research*, vol. 27, no. 4, pp. 91–102, 2020.
- [11] M. Wodtke and W. Litwin, “Water-lubricated stern tube bearing - experimental and theoretical investigations of thermal effects,” *Tribology International*, vol. 153, 2021.
- [12] D. Feng, J. Yu, R. He, Z. Zhang, and X. Wang, “Improved body force propulsion model for ship propeller simulation,” *Applied Ocean Research*, vol. 104, p. 102328, 2020.
- [13] D. Harsha Vardhan, A. Ramesh, and B. Chandra Mohan Reddy, “A Review On Materials Used For Marine Propellers,” *Materials Today: Proceedings*, vol. 18, pp. 4482–4490, 2019.
- [14] Z. Blednova and P. Rusinov, “Deformation behavior of a surface composition of materials with shape memory effect in the conditions of multi-factor impacts,” *Materials Today: Proceedings*, vol. 38, pp. 1908–1914, 2021.
- [15] A. Barszczewska, E. Pitkowska, and W. Litwin, “Selected Problems of Experimental Testing Marine Stern Tube Bearings,” *Polish Maritime Research*, vol. 26, no. 2, pp. 142–154, 2019.
- [16] S. Zhang, Z. Long, and X. Yang, “Reaction force of ship stern bearing in hull large deformation based on stochastic theory,” *International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering*, vol. 12, pp. 723–732, 2020.