

Analisis Perbaikan *Stern Tube* Poros *Propeller Single Screw* pada Kapal General Cargo 4192 GT

Sulaiman*, Sunarso Sugeng, Mohammad Ridwan

Departemen Teknologi Industri, Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro,
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

*E-mail: sulaiman@lecturer.undip.ac.id

Diterima: 22-07-2021; Direvisi: 18-11-2021; Dipublikasi: 30-12-2021

Abstrak

Suatu latar belakang kondisi dalam proses perencanaan kapal, pada tahap pemasangan poros propulsi di kapal, tentu saja diperlukan penyelarasan yang benar. Kesalahan dapat menyebabkan distribusi beban yang tidak merata pada bantalan, akibatnya menyebabkan abrasi yang tidak normal, kondisi kelebihan beban, kelebihan beban dan kerusakan pada bagian bantalan tertentu, hal tersebut berlaku juga kepada struktur yang mendapat beban statis sebagai tumpuannya. perlunya uji numerik untuk proses analisa terjadinya beban berlebih dalam persiapan reparasi bantalan poros *propeller* sehingga menunjukkan karakter hidrodinamik dan beban yang terjadi ketika bantalan dan poros *propeller* mulai kontak. Tujuan penelitian ini, menganalisis desain bantalan poros *propeller* untuk direparasi dan untuk mendapatkan performa terbaik dari sistem kontak antara bantalan dengan poros *propeller* sehingga merepresentasikan perbandingan kinerja dari *propeller* sebelum dan sesudah perbaikan. Metode perhitungan dengan metode *finite elemen* berbasis persamaan matematik merepresentasikan tegangan yang terjadi sesuai karakter material *bronze* (AlBr dan CuSn) yang diaplikasikan pada performa bantalan poros *propeller* kapal tipe *general cargo* seberat 4192 GT. Hasil analisa menunjukkan pada beban rpm 525 maka *shear stress* untuk *stern tube* material AlBr bernilai 978 Mpa dan pada material SnCu bernilai 948 Mpa. Nilai *deflect* atau *clearance* pada setiap posisi setelah dilakukan perbaikan mengalami peningkatan rata-rata sebesar 24,4 % dari pengukuran awal sebelum dilakukan reparasi. Proses reparasi menunjukkan performa yang cukup baik, rata-rata temperatur kerja yang dihasilkan ketika dilakukan pengujian *sea trial* menurun dari sebelumnya sebesar 7,5%.

Kata kunci: *General Cargo*; Poros *Propeller*; Reparasi; *Single Screw*; *Stern Tube*

Abstract

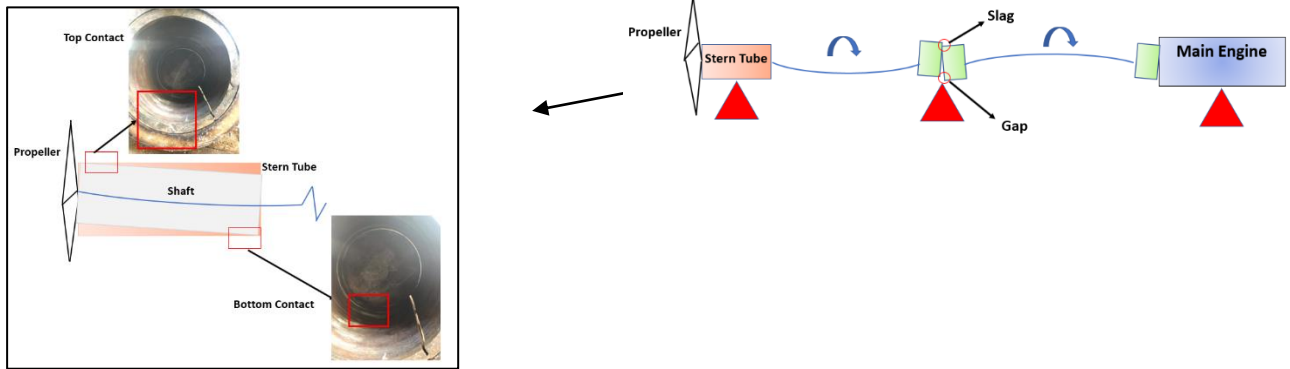
In the ship planning process, at the stage of installing the propulsion shaft on the ship, of course, proper alignment is required. Errors can cause uneven load distribution on the bearing, resulting in abnormal abrasion, overload conditions, overload and damage to certain bearing parts, this also applies to structures that receive static loads as their supports. the need for numerical tests for the process of analyzing the occurrence of overload in preparation for repair of propeller shaft bearings so that it shows the hydrodynamic character and the load that occurs when the bearing and propeller shaft start to contact. The purpose of this research, analyze the design of the propeller shaft bearing for repair and to get the best performance from the contact system between the bearing and the propeller shaft so that it represents a comparison of the performance of the propeller before and after repair. The calculation method using the finite element method based on mathematical equations represents the stress that occurs according to the character of the bronze material (AlBr and CuSn) which is applied to the performance of the propeller bearing of a 4192 GT general cargo ship. The results of the analysis show at 525 rpm, the shear stress for stern tube AlBr material is 978 Mpa and for SnCu material is 948 Mpa. The value of deflection or clearance at each position after repair has increased by an average of 24.4% from the initial measurement before repair. The repair process showed a fairly good performance, the average working temperature produced when the sea trial was tested decreased from the previous 7.5%.

Keywords: *General Cargo*; *Propeller Shaft*; *Repair*; *Single Screw*; *Stern Tube*

1. Pendahuluan

Dalam proses perencanaan kapal, pada tahap pemasangan poros propulsi di kapal, tentu saja diperlukan penyelarasan yang benar [1,2]. Hal itu sangat penting untuk memastikan adanya distribusi beban yang stabil dan tepat ke bantalan pendukung poros [3,4,5]. Sehingga kemungkinan terjadinya keausan pada poros *propeller* juga cukup kurang resikonya [6,7]. Kesalahan dapat menyebabkan distribusi beban yang tidak merata pada bantalan, akibatnya

menyebabkan abrasi yang tidak normal, kondisi kelebihan beban, kelebihan beban dan kerusakan pada bagian bantalan tertentu, hal tersebut berlaku juga kepada struktur yang mendapat beban statis sebagai tumpuannya [8]. Dalam praktik konvensional, beban lokal yang berlebihan pada bantalan dapat mengakibatkan terjadinya gesekan yang cukup besar sehingga tegangan yang terjadi dapat melebihi batas kekuatan material dan mengakibatkan deformasi pada bagian tertentu [9,10,11]. Gambar 1 menunjukkan terdapat kerusakan pada bantalan poros *propeller*, dimana terjadi kerusakan keausan dan bagian material yang terkikis karena adanya pengaruh beban dari putaran poros *propeller*.



Gambar 1. Kondisi beban kerja Stren Tube Poros *Propeller*

Hasil penelitian sebelumnya mengungkapkan bahwa sudut kemiringan relatif antara poros penggerak dan bantalan poros *propeller* kapal telah menyebabkan terjadinya *misalignment*, yang mengakibatkan dampak buruk pada performa sistem poros *propeller*, dan akibatnya merusak bantalan [10,11]. Hasil analisis dari beberapa penelitian menyarankan bahwa derajat kemiringan diperhitungkan ketika memperkirakan titik tumpuan efektif bantalan terlebih ketika kapal beroperasi tentunya ada beban yang diterima bantalan selama proses tersebut [12,13]. Hipotesis sementara menunjukkan bahwa penetapan pedoman pemasangan poros *propeller* dengan mempertimbangkan efek kemiringan poros *propeller* dapat mempengaruhi pencegahan kerusakan pada bantalan poros *propeller*. Sementara itu penelitian lainnya, sebuah simulasi numerik yang difokuskan pada penyelidikan fenomena termal di bawah pengoperasian bantalan berpelumas air menunjukkan bahwa terdapat suatu aliran aksial terbatas yang mendorong aliran balik air dari zona sisi bantalan melalui alur yang telah terbantuk [14]. Sehingga dapat diketahui suhu aliran balik lebih tinggi dari suhu suplai awal pendinginan oleh air karena dibawah kondisi aliran aksial yang terbatas, hal itu dipengaruhi terutama oleh suhu aliran air dari celah yang terdapat pada didalam bantalan poros *propeller*, yang lebih tinggi karena film pelumas [15]. Untuk itu perlunya dilakukan investigasi terkait proses reparasi yang menggambarkan efek yang terjadinya kenaikan suhu serta kemungkinan tegangan yang terjadi pada bantalan poros *propeller*. Pendekatan untuk perhitungan perubahan elevasi kemiringan bantalan dapat ditunjukkan dengan persamaan gaya elastic [16], dapat ditulis ulang sesuai dengan Pers. (1) :

$$\Delta j = \delta j - \gamma j \tag{1}$$

Dimana nilai perbedaan defleksi dapat diketahui dari selisih antara yaitu defleksi antar bantalan (meter) dan dengan jarak antara bantalan dengan lambung kapal dalam meter. Kemudian jika di turunkan dalam persamaan gravitasi dan gerak transasional [7], maka dapat ditulis ulang sesuai dengan Pers. (2-5) :

$$\gamma_j^R = \gamma_j^L = \gamma j \tag{2}$$

$$\theta_j^R = \theta_j^L = \theta j \tag{3}$$

$$M_j^R = M_j^L = M j \tag{4}$$

$$Q_j^R + m_j \delta = Q_j^L + m_j \omega^2 y_j + K_{sj} \Delta_j \quad (5)$$

Dalam persamaan tersebut nilai δ adalah sudut yang terbentur dari kemiringan shaft terhadap bantalan ditunjukkan dalam bentuk radian. Sedangkan nilai M menunjukkan momen dari beban poros yang terbentuk satuannya dalam N.m . Kemudian nilai Q adalah gaya shear yang direpresntasikan melalui tegangan yang terjadi dimana m adalah elemen dari masa, menunjukkan radian kecepatan putaran *shaft* (rpm) , lalu g akselerasi gravitasi (kg/s^2) , K_s adalah bagian dari stiffness (N/m) , jarak perubahan antara bantalan dengan lambung (meter). Adapun gap dari penelitian sebelumnya perlunya uji numerik untuk proses analisa terjadinya beban berlebih dalam persiapan reparasi bantalan poros *propeller* sehingga menunjukkan karakter hidrodinamik dan beban yang terjadi ketika bantalan dan poros *propeller* mulai kontak. Sedangkan pengaruh penggunaan tipe material berpengaruh terhadap hasil analisa tegangan pada bantalan poros *propeller* ketika beroperasi dan menghasilkan karakter tersendiri ditunjukkan dari hasil analisa grafiknya. Sehingga dalam penelitian ini menghubungkan nilai numerik dengan karakter material *bronze* (AlBr dan CuSn) yang diaplikasikan pada performa bantalan poros *propeller* kapal tipe *general cargo* seberat 4192 GT . Korelasi dan hubungannya dengan penelitian terdahulu tersebut cukup terlihat dari penelitian ini adalah proses perbaikan bantalan poros *propeller* tipe *single screw* beserta kajian analisis beban pada desain bantalan setelah perbaikan. Pengaruh modifikasi juga ditinjau dari pengaruh kontak antara material bantalan poros *propeller*, pada sistem propulsi kapal yang berpengaruh terhadap performa *propeller* kapal serta hubungannya terhadap perbandingan performa. Hal ini merumuskan suatu hipotesis bahwa perencanaan desain stern tube poros *propeller* perlu diperhatikan guna mendapatkan peroforma terbaik dari bantalan dan poros *propeller* yang saling kontak. Demikian halnya dengan penelitian – penelitian yang dilakukan sebelumnya berkaitan dengan eksperimen simulasi modifikasi desain dan material *bronze* (AlBr dan CuSn) pada bantalan *propeller* kapal.

Secara garis besar batasan masalah dalam penelitian ini adalah bagian yang dilakukan perbaikan bantalan poros propeller pada sistem propulsi kapal general cargo 4192 GT , perhitungan simulasi desain bantalan *propeller* dengan *Finite Element Method*, kondisi gelombang sesuai dengan kondisi rata-rata perairan dalam di Indonesia, cuaca ketika pelaksanaan sea trial cukup cerah. Sehingga berdasarkan pendahuluan dan beberapa kajian dari peneliti terdahulu maka tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis desain bantalan poros *propeller* untuk direparasi dan untuk mendapatkan performa terbaik dari sistem kontak antara bantalan dengan poros *propeller* sehingga merepresentasikan perbandingan kinerja dari *propeller* sebelum dan sesudah perbaikan.

2. Material dan metodologi

Data kapal yang digunakan dalam penelitian ini, terdapat pada data Tabel 1. Data pengukuranporos *propeller* kapal besertaclereancedengan bantalannya terdapat pada Tabel 2. Alur metode yang digunakan adalah dengan menggambar ulang desain *stren tube* poros *propeller* model *single screw* untuk kemudian dilakukan simulasi perhitungan dengan metode *finite elemen*. Kemudian dibandingkan dibuat model perbaikan berdasarkan desain yang telah di buat. Seperti terlihat pada Gambar 4, dapat terlihat alur penelitian dimana desain yang dibuat kemudian dibuat dan disimulasikan sebelum di produksi untuk dibuat.

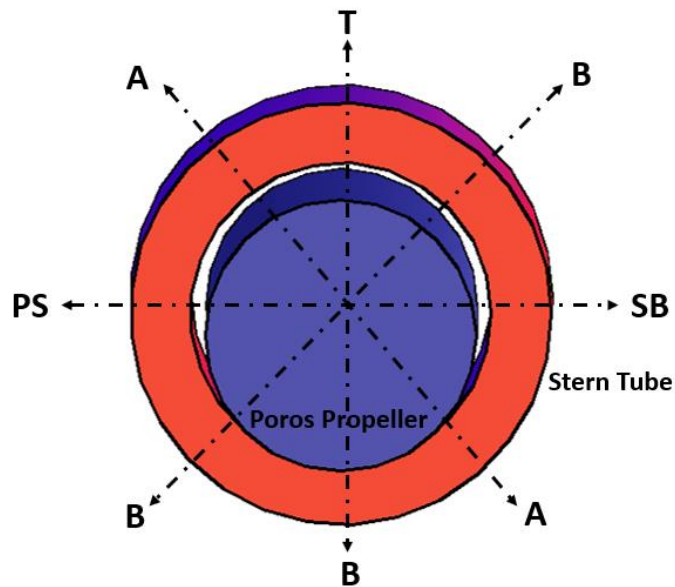
Tabel 1. Data Ukuran Utama Kapal

No.	Data Ukuran Utama Kapal	
1.	Nama Kapal	KM. LINTAS BRANTAS
2.	LOA	111,90 m
3.	LBP	105,27 m
4.	B	16,00 m
5.	H	7,60 m
6.	GT	4192 Ton

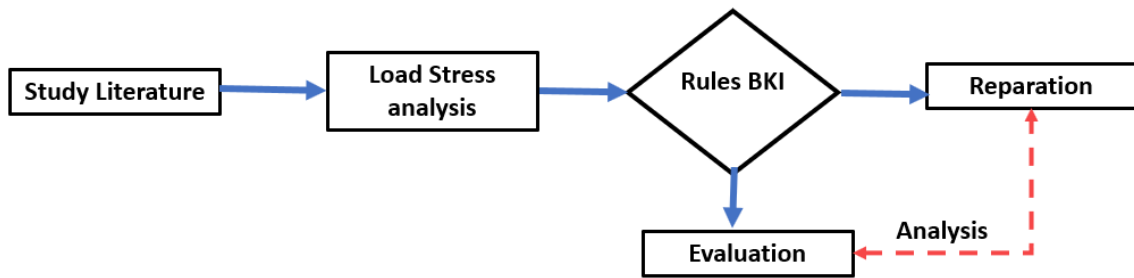
Tabel 2. Record of *Propeller Shaft Clereance*

Location	Dia Bush (mm)	Dia Shaft (mm)	Clereance (mm)
Before Repair			
TB	429.89	351	78.89
PSPB	430.21	351	79.21
AA	429.96	351	78.96
BB	429.88	351	78.88
After Repair			
TB	325.54	351	25.46
PSPB	325.59	351	25.41
AA	325.55	351	25.45
BB	325.56	351	25.44

Agar memudahkan dalam membaca posisi dari pengukuran clereance maka dapat digambarkan seperti, lihat pada gambar 3.



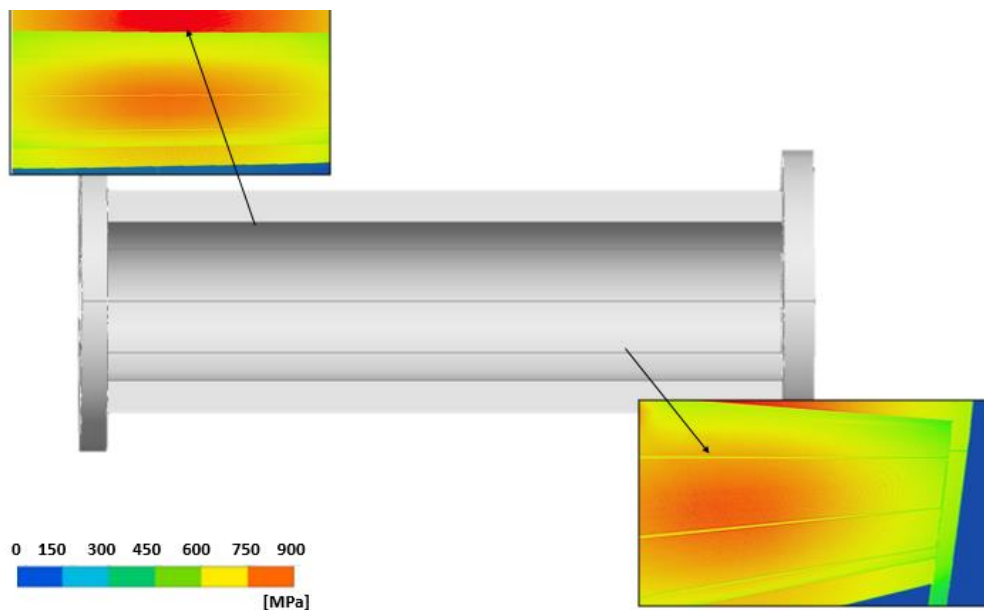
Gambar 3. Lokasi pengukuran clereance pada *stern tube propeller shaft*



Gambar 4. Alur Penelitian

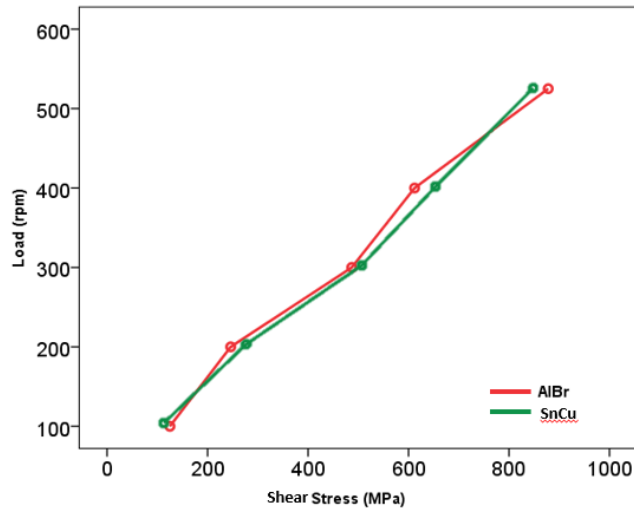
3. Hasil dan pembahasan

Hasil pemodelan kemudian dianalisa dan didapatkan nilai tegangan pada bagian beban kontak antara poros *propeller* dengan *stern tube* , pada material bronze (AlBr) memiliki nilai tegangan maksimum sebesar 878 Mpa sedangkan untuk material (CuSn) nilai tegangan maksimum sebesar 848 Mpa tentunya semua pada kondisi operasional yang menyesuaikan dengan keadaan maksimum rpm mesin. Dikarenakan data pada beban maksimum merupakan baban kinerja tertinggi pada poros *propeller*, dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Tegangan Maksimum pada *stern tube*

Dari Pers. (5) sesuai penjabarannya dari persamaan (1,2,3,4) kemudian dilakukan perhitungan untuk menentukan dan menggambarkan kondisi performa *stern tube propeller* setelah dirancang. Setelah dilakukan data perbandingan maka diperoleh sesuai terlihat pada Gambar 6. Berdasarkan Gambar 6 diketahui jika nilai teradapat pada kondisi maksimum load rpm yang berkerja pda poros *propeller* , sehingga kontak dengan *stern tube* memiliki nilai yang tinggi pula, dari grafik tersebut pada beban rpm 525 maka *shear stress* untuk *stern tube* material AlBr bernilai 978 Mpa dan pada material SnCu bernilai 948 Mpa.



Gambar 6. Hasil Perhitungan *Shear Stress* berdasarkan beban *stren tube*

Terlihat pada Gambar 7, menunjukan pesoses perbaikan pada bagian bantalan poros *propeller* yang terdapat deformasi. Proses perbaikan ini menggunakan *heat treatmen* sehingga material dapat menjadi lunak dan mudah diatur. Kemudian setelah diluruskan maka dilakukan peroses pengelasan dan penggerindaan secara bertahap sehingga membentuk *stren tube* atau bantalan poros *propeller* yang diinginkan. Proses pengelasan dengan teknik pengelasan *Oxyaceteline* dimana elektroda atau material tambahan yang digunakan untuk *bronze*, lihat Gambar 8. Proses pengecekan setelah perbaikan dilakukan perbaikan dengan metode Non Destructive Test yaitu dengan menggunakan Dry Penetran Test , seperti terlihat pada Gambar 9.

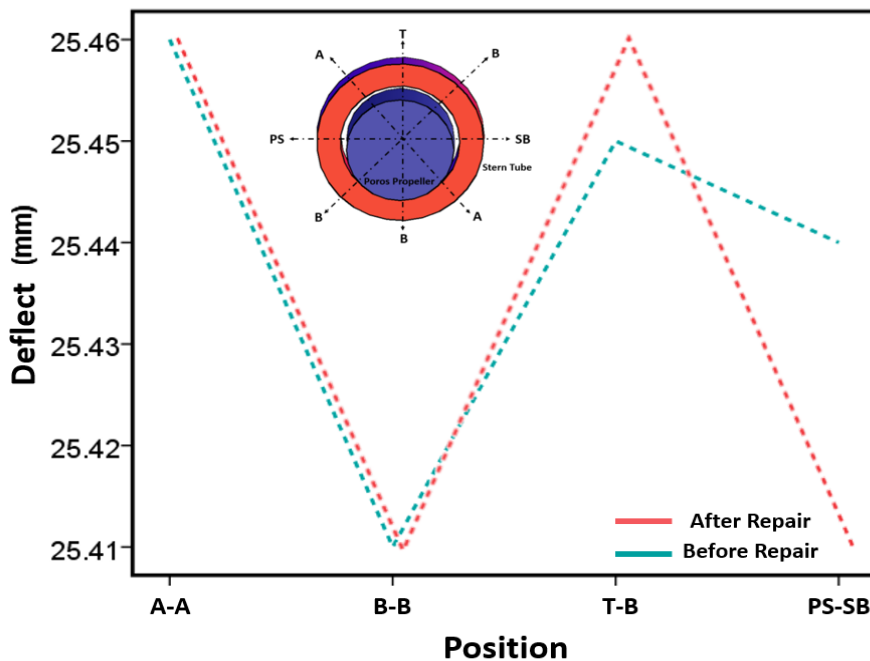


Gambar 8. Pengelasan *Oxyaceteline* untuk perbaikan *stern tube*

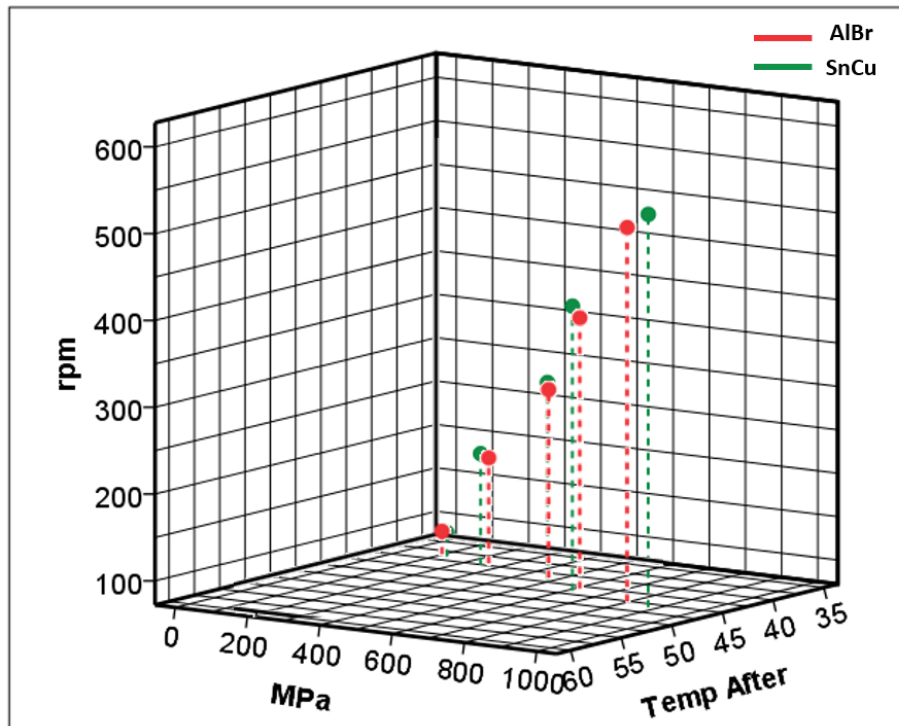


Gambar 9. Proses pengecekan hasil pengelasan *stern tube*

Hasil dari perbaikan disimpulkan untuk perbaikan *stern tube* poros *propeller* membutuhkan 12 kg bahan isian guna memperbiki bagian yang telah rusak atau deformasi tadi. Dari model pengelasan dan teknik perbaikannya tidak ditemukan cacat pengelasan sehingga hasil ini direkomendasikan oleh klasifikasi Indonesia (BKI). Hal tersebut senada dengan performa pengujian yang dilakukan, dari gambar 10 sesuai dengan persamaan (1) , maka didapatkan nilai *deflect* atau clearance pada setiap posisi setelah dilakukan perbaikan mengalami peningkatan rata-rata sebesar 24,4 % dari pengukuran awal sebelum dilakukan reparasi. Kondisi kritis yang paling menunjukkan adanya perubahan yang sangat signifikan terdapat pada posisi TB sebesar 0,011 mm dan pada posisi PS – SB sebesar 0,032 mm. Hal tersebut menunjukan putaran poros propeller dengan beban *horizontal* dan *vertical* sangat memengaruhi terjadinya keausan, deformasi tertentu pada permukaan dua buah kontak antara benda tersebut. Sedangkan pada bagian diagonal yaitu A-A dan B-B tidak begitu menunjukkan adanya pengurangan yang cukup besar.



Gambar 10. Grafik *Deflect* pada tiap posisi



Gambar 11. Perbandingan Performa *stern tube* setelah repair

Dari Gambar 11, dapat diketahui setiap jenis material untuk bahan *stern tube* ini memiliki karakteristik yang hampir menyerupai. Ditinjau dari simulasi untuk menghitung beban kerja putaran poros dan tegangan yang terjadi memiliki nilai besaran yang identik. Pada Temperatur kerja antara material AlBr dan CuSn masing-masing memiliki range yang hampir sama antara 40 – 48^o C . Hasil proses reparasi menunjukkan performa yang cukup baik, rata-rata temperature kerja yang dihasilkan ketika dilakukan pengujian *sea trial* menurun dari sebelumnya sebesar 7,5% , sesuai yang tertera pada tabel 3.

Tabel3. *Stren Tube Performance Record*

Rpm	Temperature (°C)	
	Before repair	After repair
525	48	46
400	48	44
300	46	42
200	44	40
100	42	39

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah tersaji sebelumnya maka dapat disimpulkan yaitu perbaikan bantalan poros *propeller* memerlukan perencanaan yang tepat dari segi desain dan material yang akan digunakan. Kemudian aplikasi penggunaan software finite elemen dapat menganalogikan kriteria karakter performa *propeller* baik sebelum ataupun sesudah reparasi. Sehingga proses perbaikan bantalan yang optimum dari beberapa referensi dapat menjadi gambaran referensi desain sebelum mengalami kerusakan. Adapun dalam hasil penelitian ini menunjukkan metode perhitungan dengan numerik membantu dalam merekonstruksi pembebanan desain awal *stern tube* poros *propeller* yang telah mengalami

kerusakan. Dari hasil perhitungan dapat diketahui jika tegangan yang terjadi maksimum pada saat putaran *propeller* pada rpm mesin optimum. Maka nilai dari perbandingan performa dari jenis material perpaduan *bronze* yang berbeda menjadi salah satu pertimbangan pemilik kapal dalam hal ini kapal General Cargo 4192 GT Lintas Brantas dalam melakukan pengerjaan perbaikan *stern tube* yang efektif dan efisien.

Ucapanterimakasih

Terima Kasih kepada seluruh pihak yang telah mendukung dalam penulisan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] Utomo B, Khristyson SF. Studi Perancangan Propulsi Kapal Peti Kemas 100 Teus. Gema Teknologi. 2019 Apr 30 ;20(2):46.
- [2] Khristyson SF, Jamari, Bayuseno AP. Design of Fishing Vessel 5 GT for Traditional Fishing Community Activities. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering . 2021;1096(1):12030.
- [3] Lin C-G, Zou M-S, Sima C, Liu S-X, Jiang L-W. Friction-induced vibration and noise of marine stern tube bearings considering perturbations of the stochastic rough surface. Tribology International. 2019;131:661–71.
- [4] Kuang F, Zhou X, Huang J, Wang H, Zheng P. Machine-vision-based assessment of frictional vibration in water lubricated rubber stern bearings. Wear . 2019;426–427:760–9.
- [5] Khristyson SF, Jamari, Bayuseno AP. Stress analysis bottom plate block B-03 on patrol ship construction using finite element methods. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2021;1034(1):12004.
- [6] Khristyson SF, Said SD, Wahid MA, Khoeron S. Keausan Poros Propeller yang Berlebihan Akibat Beban Radial Seal pada Lingkungan Air Laut. INOVTEK POLBENG. 2021;11(1):67–73.
- [7] Guo H, Zou Z, Wang F, Liu Y. Numerical investigation on the asymmetric propeller behavior of a twin-screw ship during maneuvers by using RANS method. Ocean Engineering. 2020;200:107083.
- [8] Feng D, Yu J, He R, Zhang Z, Wang X. Improved body force propulsion model for ship propeller simulation. Applied Ocean Research . 2020;104:102328.
- [9] Wodtke M, Litwin W. Water-lubricated stern tube bearing - experimental and theoretical investigations of thermal effects. Tribology International. 2021;153.
- [10] Litwin W, Dymarski C. Experimental research on water-lubricated marine stern tube bearings in conditions of improper lubrication and cooling causing rapid bush wear. Tribology International. 2016;95:449–55.
- [11] Singh RP, Kumar S, Dubey S, Singh A. A review on working and applications of oxy-acetylene gas welding. Materials Today: Proceedings. 2021;38:34–9.
- [12] Thamilarasan J, Karunakaran N, Nanthakumar P. Optimization of oxy-acetylene flame hardening parameters to analysis the surface structure of low carbon steel. Materials Today: Proceedings. 2021.
- [13] Lee J, Jeong B, An T-H. Investigation on effective support point of single stern tube bearing for marine propulsion shaft alignment. Marine Structure. 2019;64:1–17.
- [14] Rossopoulos GN, Papadopoulos CI, Leontopoulos C. Tribological comparison of an optimum single and double slope design of the stern tube bearing, case study for a marine vessel. Tribology International . 2020;150:106343.
- [15] Lee J. Application of strain gauge method for investigating influence of ship shaft movement by hydrodynamic propeller forces on shaft alignment. Measurement. 2018;121:261–75.

- [16] Zhang S, Long Z, Yang X. Reaction force of ship stern bearing in hull large deformation based on stochastic theory. *International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering*. 2020;12:723–32.
- [17] He X, Xing P, Li G, Shang M, Zhang H. Investigation on evolvement of dynamic behaviors of ship stern shaft-bearing system under the different rub-impact states based on attractor. *Ocean Engineering*. 2020;215:107733.