

Analisis Perbaikan *Shaft Propeller* Pada Kapal Dharma Ferry II di PT. Janata Marina Indah Pelabuhan Tanjung Emas Semarang

Helmina Putri Kintamani^{1*}

Universitas Maritim Amni Semarang

e-mail : kintha28@gmail.com¹

Abstract

The propeller shaft is a critical component of a ship propulsion system that transmits power from the main engine to the propeller. Deterioration of shaft condition may increase vibration, reduce propulsion efficiency, and compromise navigation safety. This study aims to analyze the types of propeller shaft damage, evaluate shaft clearance values, and assess the effectiveness of repair methods applied to KM. Dharma Ferry II during docking at PT. Janata Marina Indah, Tanjung Emas Port, Semarang. A descriptive quantitative method was employed, with data collected through observation, interviews, and documentation. The results indicate that the main problems include bearing wear, sleeve damage, increased clearance, and lubrication system deficiencies. Repair methods such as re-machining, sleeving, chrome plating, and shaft alignment proved effective in restoring the ship propulsion system performance.

Keywords: Propeller Shaft, Shaft Clearance, Propulsion System, Ship Maintenance.

Abstrak

Poros baling-baling (*shaft propeller*) merupakan komponen utama dalam sistem propulsi kapal yang berfungsi menyalurkan daya dari mesin induk ke baling-baling. Penurunan kondisi poros dapat menyebabkan meningkatnya getaran, menurunnya efisiensi propulsi, serta berpotensi mengganggu keselamatan pelayaran. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis jenis kerusakan *shaft propeller*, mengevaluasi nilai *clearance* poros, serta menilai efektivitas metode perbaikan yang diterapkan pada KM. Dharma Ferry II selama proses docking di PT Janata Marina Indah, Pelabuhan Tanjung Emas Semarang. Metode penelitian yang digunakan adalah deskriptif kuantitatif dengan teknik pengumpulan data melalui observasi, wawancara, dan dokumentasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kerusakan utama meliputi keausan bantalan, kerusakan *sleeve*, peningkatan *clearance*, serta gangguan sistem pelumasan. Metode perbaikan berupa pembubutan ulang, pemasangan *sleeve*, pelapisan *chrome*, dan pelurusan poros terbukti mampu mengembalikan kinerja sistem propulsi kapal.

Kata kunci: *Shaft Propeller*, *Clearance* Poros, Sistem Propulsi, Perawatan Kapal.

PENDAHULUAN

Sebagai negara kepulauan terbesar di dunia, Indonesia sangat bergantung pada transportasi laut dan sektor pelabuhan dalam mendukung mobilitas penumpang dan distribusi barang. Perusahaan pelayaran memegang peranan strategis dalam sistem maritim nasional sebagai penyedia jasa angkutan laut yang menghubungkan pelabuhan asal dan tujuan, baik domestik maupun internasional. Keandalan operasional kapal menjadi faktor kunci dalam menjamin keselamatan pelayaran dan efisiensi kegiatan transportasi laut.

Salah satu komponen vital dalam sistem propulsi kapal adalah *shaft propeller* yang berfungsi meneruskan daya dari mesin induk ke baling-baling. Kinerja *propeller* sangat dipengaruhi oleh kondisi *shaft*, karena putaran poros menentukan kecepatan dan stabilitas baling-baling dalam menghasilkan gaya dorong. Dalam kondisi operasional yang intensif, *shaft propeller* dan bantalan poros bekerja di bawah beban berulang serta lingkungan laut yang bersifat korosif, sehingga rentan mengalami keausan dan penurunan kinerja.

Seiring meningkatnya tuntutan keselamatan dan efisiensi operasional kapal, kegagalan mekanis pada *shaft propeller*, seperti keausan berlebih hingga patahnya poros, menjadi permasalahan serius yang dapat menimbulkan kerugian besar bagi pemilik kapal. Oleh karena itu, aspek perancangan, pemilihan material, serta evaluasi kondisi kerja poros perlu dilakukan secara cermat, terutama untuk memastikan kemampuan poros dalam menahan beban puntir dan beban dinamis selama operasi.

Di antara *shaft* dan *bearing* terdapat jarak bebas yang disebut *clearance*, yaitu toleransi celah yang dirancang untuk menjamin pelumasan yang optimal, mengurangi gesekan, serta mengakomodasi pemuaian termal material. *Clearance* yang berada di luar batas toleransi dapat menyebabkan kontak langsung antara *shaft* dan *bearing*, meningkatkan getaran, mempercepat keausan, dan berpotensi menimbulkan kerusakan serius pada sistem propulsi. Nilai *clearance* dipengaruhi oleh diameter *shaft*, jenis *bearing*, sistem pelumasan, serta standar badan klasifikasi kapal seperti BKI.

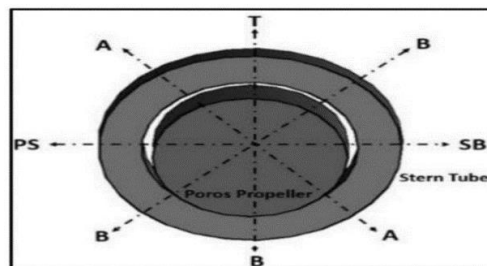
Perubahan nilai *clearance* umumnya terjadi akibat keausan, korosi, atau kurangnya pelumasan selama operasi kapal. Oleh sebab itu, pengukuran dan evaluasi *clearance* menjadi bagian penting dalam manajemen perawatan dan perbaikan sistem propulsi, khususnya saat kapal menjalani *docking* atau *overhaul*. Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis proses perbaikan *shaft propeller* pada KM. Dharma Ferry II yang dilaksanakan di PT Janata Marina Indah, Pelabuhan Tanjung Emas Semarang, guna mengevaluasi efektivitas perbaikan dalam memulihkan kinerja dan keandalan sistem propulsi kapal.

KAJIAN TEORI

Secara teknis, sistem propulsi kapal terdiri atas mesin induk, kopling, poros *propeller*, bantalan poros, *stern tube*, serta *propeller* yang bekerja secara terpadu. Kinerja sistem propulsi sangat dipengaruhi oleh keselarasan poros, kondisi bantalan, sistem pelumasan, dan desain *propeller*. Ketidaksempurnaan pada salah satu komponen tersebut dapat menyebabkan penurunan efisiensi propulsi, peningkatan getaran, serta berkurangnya keandalan dan keselamatan operasional kapal.

Clearance poros *propeller* adalah jarak bebas atau celah toleransi antara poros *propeller* dengan komponen penyangganya, seperti *stern tube bearing*, *bushing*, dan *shaft liner*. *Clearance* ini merupakan parameter teknis yang sangat penting dalam sistem propulsi kapal karena memungkinkan poros berputar secara bebas tanpa terjadi kontak langsung dengan bantalan. Meskipun dimensinya relatif kecil, nilai *clearance* yang tepat sangat memengaruhi kinerja, keandalan, serta umur pakai sistem propulsi secara keseluruhan.

Secara umum, *clearance* poros *propeller* dibedakan menjadi dua jenis, yaitu *clearance* radial dan *clearance* aksial. *Clearance* radial merupakan jarak bebas antara permukaan luar poros dan permukaan dalam bantalan, sedangkan *clearance* aksial adalah celah sejajar sumbu poros yang memungkinkan pergerakan memanjang (*end play*). Kedua jenis *clearance* ini harus dikontrol secara cermat karena berpengaruh langsung terhadap kestabilan putaran poros, distribusi beban pada bantalan, serta tingkat getaran sistem propulsi. Perubahan nilai *clearance* yang tidak terkendali dapat menyebabkan ketidakseimbangan dinamis dan gangguan operasional kapal.



Gambar 1. Pengukuran *Clearance* Pada *Stren Tube* Poros *Propeller*

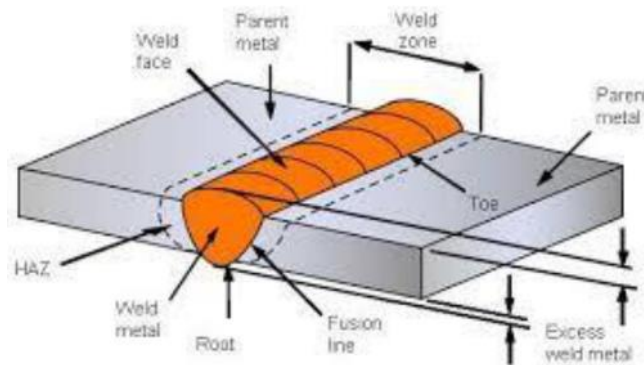
Besarnya nilai *clearance* yang diperbolehkan sangat bergantung pada jenis bantalan dan sistem pelumasan yang digunakan. Pada bantalan *lignum vitae* dengan pelumasan air laut, nilai maksimum *clearance* umumnya ditetapkan sebesar $0,01D + 2,5$ mm, sedangkan pada bantalan *white metal* dengan pelumasan minyak, nilai maksimum *clearance* berada pada kisaran $0,0015D + 0,65$ mm, di mana D merupakan diameter poros. Ketentuan ini menjadi acuan penting dalam evaluasi kondisi bantalan dan poros *propeller* selama perawatan kapal.

Proses pengukuran *clearance* biasanya dilakukan saat kapal sedang dalam kondisi kering, misalnya saat *docking*, menggunakan alat ukur seperti *feeler gauge*, mikrometer, atau alat ukur khusus lainnya. Pengukuran *clearance* untuk kapal yang sudah beroperasi (bukan bangunan baru) dengan celah yang relatif kecil $< 4"$: *Clearance* diukur dengan *feeler gauge*. Caranya, pilih *blade* dengan ketebalan yang sesuai dengan celah, lalu masukkan ke dalam celah. Ulangi hingga menemukan ketebalan yang pas. Nilai *clearance* sama dengan ketebalan *blade* yang digunakan. Jika diperlukan, beberapa *blade* dapat digabungkan untuk mendapatkan ketebalan yang lebih besar.

Propeller merupakan komponen utama dalam sistem propulsi kapal yang berfungsi mengubah daya putar dari mesin induk, yang disalurkan melalui *shaft*, menjadi gaya dorong. Dalam operasional kapal yang berlangsung secara terus-menerus dan berada pada lingkungan laut yang korosif, kerusakan pada sistem *shaft propeller* tidak dapat dihindari. Kerusakan tersebut dapat menyebabkan penurunan efisiensi propulsi, peningkatan getaran, serta gangguan terhadap keselamatan dan keandalan kapal. Oleh karena itu, diperlukan metode perbaikan yang tepat sesuai dengan jenis dan tingkat kerusakan yang terjadi. Beberapa metode perbaikan *shaft propeller* yang umum diterapkan dalam praktik perawatan kapal adalah sebagai berikut:

a. Pengelasan (*Welding*)

Pengelasan merupakan metode perbaikan yang digunakan untuk menyambung bagian poros yang retak atau membangun kembali permukaan poros yang mengalami keausan. Proses ini dilakukan dengan melelehkan material dasar dan material pengisi (*filler*) sehingga terbentuk ikatan yang kuat dan permanen. Dalam perawatan *shaft propeller*, pengelasan sering dikombinasikan dengan proses pemesian ulang untuk mengembalikan dimensi poros sesuai dengan spesifikasi desain. Metode pengelasan yang umum digunakan antara lain SMAW, MIG, dan TIG, dengan pemilihan metode disesuaikan dengan jenis material dan kondisi kerusakan.



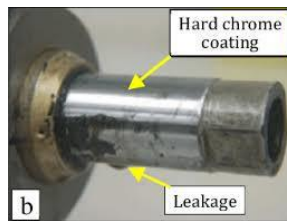
Gambar 2. Pengelasan (*Welding*)

b. *Machining* atau Bubut Ulang

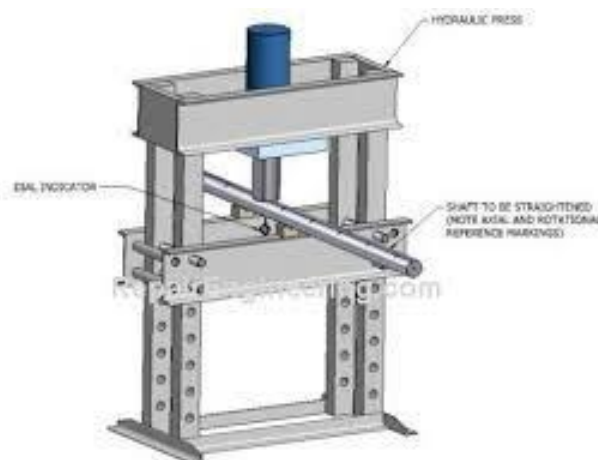
Machining atau bubut ulang adalah proses pemesian yang bertujuan untuk mengembalikan bentuk dan ukuran *shaft propeller* yang mengalami keausan atau deformasi. Proses ini dilakukan menggunakan mesin bubut atau mesin CNC dengan tingkat presisi tinggi. Bubut ulang umumnya dilakukan setelah proses pengelasan atau pelapisan permukaan untuk memastikan bahwa poros memenuhi toleransi dimensi dan kekasaran permukaan yang dipersyaratkan, sehingga dapat bekerja secara optimal saat dipasang kembali.

Gambar 3. *Machining* atau Bubut Ulangc. *Chrome Plating* atau *Hard Coating*

Chrome plating atau *hard coating* merupakan metode pelapisan permukaan poros menggunakan lapisan kromium keras melalui proses *elektroplating*. Tujuan utama metode ini adalah meningkatkan kekerasan permukaan, ketahanan terhadap keausan dan korosi, serta memperpanjang umur pakai *shaft propeller*. Pelapisan ini juga berfungsi untuk memulihkan dimensi poros yang mengalami pengurangan akibat keausan. Setelah proses pelapisan, poros biasanya mengalami proses *finishing* atau *grinding* agar sesuai dengan ukuran desain.

Gambar 4. *Chrome Plating* atau *Hard Coating*d. *Shaft Straightening* (Pelurusan Poros)

Pelurusan poros dilakukan untuk memperbaiki *shaft* yang mengalami pembungkakan atau ketidaksejajaran akibat beban berlebih atau kelelahan material. Proses ini bertujuan mengembalikan poros ke kondisi lurus sesuai toleransi yang diizinkan. Pelurusan dapat dilakukan menggunakan mesin *press* hidrolik atau metode pemanasan terkontrol, dengan pengukuran deviasi menggunakan *dial indicator*. Keberhasilan pelurusan sangat bergantung pada keakuratan pengukuran dan keahlian teknisi.

Gambar 5. *Shaft Straightening* (Pelurusan Poros)

e. Penggantian *Shaft* (*Replacement*)

Penggantian *shaft* dilakukan apabila kerusakan yang terjadi sudah tidak memungkinkan untuk diperbaiki dengan metode lain, seperti retak parah atau penurunan kekuatan material yang signifikan. Proses ini melibatkan pelepasan poros lama dan pemasangan poros baru yang telah difabrikasi sesuai spesifikasi teknis. Setelah pemasangan, dilakukan pengujian dan penyelarasan untuk memastikan sistem propulsi dapat beroperasi kembali secara optimal.

Gambar 6. Penggantian *Shaft* (*Replacement*)f. *Sleeving* (Pemasangan Cincin Pelindung)

Sleeving merupakan metode perbaikan dengan memasang cincin pelindung (*sleeve*) pada bagian poros yang mengalami keausan, terutama pada area kontak dengan *seal* atau *bearing*. *Sleeve* biasanya terbuat dari material tahan aus dan korosi, seperti baja tahan karat. Metode ini dipilih sebagai solusi yang ekonomis karena dapat memperbaiki permukaan poros tanpa harus mengganti seluruh *shaft*, sekaligus memperpanjang umur pakai sistem propulsi.

Gambar 7. *Sleeving* (Pemasangan Cincin Pelindung)

METODE PENELITIAN

Penelitian ini didasarkan pada asumsi bahwa pengendalian *clearance* dan penerapan metode perbaikan yang tepat akan berkontribusi positif terhadap pemulihan kinerja sistem propulsi. Penelitian ini dibatasi pada analisis perbaikan *shaft propeller* sebagai bagian dari sistem propulsi kapal penyeberangan. Objek penelitian adalah KM. Dharma Ferry II yang menjalani proses perbaikan di PT Janata Marina Indah, Pelabuhan Tanjung Emas Semarang. Ruang lingkup penelitian difokuskan pada kondisi teknis *shaft propeller* sebelum dan sesudah perbaikan, khususnya yang berkaitan dengan perubahan nilai *clearance* dan kesesuaiannya terhadap standar klasifikasi kapal. Data primer diperoleh dari hasil observasi langsung dilapangan di PT. Janata Marina Indah Semarang. Data sekunder penelitian ini berupa data perbaikan *shaft propeller* di PT. Janata Marina Indah Semarang.

Batas maksimum *clearance* yang diizinkan untuk celah antara poros baling-baling dan bantalan poros (*shaft bearing*) tergantung pada diameter poros bantalan poros dan pelumasan sesuai dengan *Rules BKI Volume I 2018, Rules for Classification and Survey Sec.3. B.1.10* mulai diberlakukan sejak 1 April 2018, sebagai berikut:

a. *Clearance of Propeller shaft - Water lubricated shaft (bearing made of lignum vitae)*

$$\text{New Assembly Between Clearance} = \frac{D}{X} \dots\dots\dots (1)$$

0.003 D + 0.2 (mm) and 0.004 D + 0.5 (mm)

Dimana, D = diameter *shaft liner*

Maximum clearance 0.01D + 2.5 mm

b. *Oil Lubricated Shaft (White Metal Bearing)*

New Assembly Clearence in Clearance General Between $\geq \frac{D}{X}$ (2)

0.001 D + 0.3 (mm) to 0,001 D + 0.5 (mm)

Maximum Clearence 0.0015 D + 0.65 mm

Maximum Keausan Untuk Liner Poros :

area bantalan : 25 % ketebalan *shaft liner*

area *packing* : 50 % ketebalan *shaft liner*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses pemeliharaan dan perbaikan kapal di PT Janata Marina Indah diawali dengan pengajuan surat permohonan perbaikan dari pemilik kapal kepada pihak galangan. Permohonan tersebut umumnya disampaikan satu hingga dua bulan sebelum pelaksanaan *docking* guna memungkinkan penyesuaian jadwal serta proses negosiasi harga. Dalam pengajuan tersebut, pemilik kapal melampirkan daftar pekerjaan perbaikan (*repair list*) beserta data teknis kapal, seperti ukuran utama kapal, tahun pembuatan, biro klasifikasi, jenis survei yang akan dilakukan, serta spesifikasi mesin induk dan mesin bantu.

Setelah proposal perbaikan disetujui, dilakukan tahap negosiasi untuk mencapai kesepakatan akhir terkait lingkup pekerjaan dan biaya reparasi. Kesepakatan tersebut kemudian dituangkan dalam Surat Perintah Kerja (SPK) yang dikeluarkan oleh PT Janata Marina Indah sebagai dasar pelaksanaan seluruh aktivitas perbaikan. Selama proses pekerjaan berlangsung, pengawasan dilakukan oleh tim *Quality Control* untuk memastikan bahwa setiap tahapan perbaikan dilaksanakan sesuai dengan spesifikasi teknis dan standar mutu yang telah ditetapkan.

Pada tahap *docking*, galangan kapal menyediakan berbagai fasilitas penunjang guna mendukung kelancaran proses perbaikan. Fasilitas tersebut meliputi area pembuangan limbah kapal, sistem pemadam kebakaran, penyediaan sambungan listrik dari darat ke kapal, serta tenaga keamanan untuk menjaga keselamatan kapal dan lingkungan galangan. Selain itu, disediakan pula *scaffolding*, dermaga, *shore crane*, serta fasilitas pengisian air ballast untuk mendukung proses *docking* dan *undocking* kapal.

Sebelum pekerjaan perbaikan dimulai, tim Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) serta HSSE (*Health, Safety, Security, and Environment*) melakukan serangkaian kegiatan, antara lain inspeksi fisik kapal, pemeriksaan area kerja, verifikasi peralatan dan perlengkapan keselamatan, serta pelaksanaan *safety briefing*. Kegiatan ini bertujuan untuk memastikan seluruh pekerjaan dilakukan dalam kondisi aman dan meminimalkan risiko kecelakaan kerja. Setelah seluruh persyaratan keselamatan terpenuhi dan *briefing* harian dilaksanakan, pekerjaan perbaikan kapal dilaksanakan oleh masing-masing divisi sesuai dengan ketentuan yang tercantum dalam SPK.

Sebelum kapal masuk ke *graving dock*, kolam dock diisi air laut hingga mencapai elevasi yang sama dengan permukaan laut. Pintu *dock* berbentuk ponton dibuka dengan mengeluarkan *ballast* sehingga dapat digeser menggunakan bantuan *tugboat*. Kapal kemudian didorong secara perlahan menuju *graving dock* dengan bantuan *tugboat*. Saat kapal memasuki *dock*, tali *mooring* dilempar ke sisi kanan dan kiri untuk mengontrol pergerakan. *Docking master* berdiri pada *center line dock* dan menggunakan bandul sebagai acuan untuk memastikan kapal tetap sejajar dengan sumbu *dock*. Setelah kapal berada tepat di posisi yang direncanakan, kapal diamankan menggunakan tiang pancang dan tali pada *bollard*. Pintu *dock* kemudian ditutup kembali, *ballast* dimasukkan, dan air laut dipompa keluar hingga kapal sepenuhnya berada pada kondisi *dock* kering.

Pemeriksaan klasifikasi (*Class Survey*) merupakan inspeksi teknis yang dilakukan oleh *surveyor* dari Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) untuk memastikan kapal tetap memenuhi persyaratan keselamatan dan kelayakan laut. Pemeriksaan meliputi inspeksi lambung, sistem propulsi, sistem kemudi, kelistrikan, serta verifikasi dokumen teknis. Jika diperlukan, dilakukan pengujian non-destruktif (NDT) untuk mendeteksi cacat material. Apabila seluruh hasil pemeriksaan dinyatakan memenuhi standar, maka sertifikat klasifikasi diperbarui dan kapal dinyatakan laik beroperasi.

Standar BKI merupakan acuan teknis nasional dalam kegiatan desain, konstruksi, perawatan, dan survei kapal berbendera Indonesia. Standar ini mencakup:

1. Klasifikasi kapal berdasarkan konstruksi, mesin, dan sistem kelistrikan.
2. Penerbitan sertifikat klasifikasi kapal.
3. Pelaksanaan survei periodik untuk memastikan kelayakan laut.
4. Pelaksanaan *Continuous Machinery Survey (CMS)* guna memantau kondisi sistem permesinan secara berkelanjutan.

Kapal DLU Dharma Ferry II mengalami gangguan sistem propulsi yang ditandai dengan meningkatnya *clearance shaft propeller*. Kondisi ini menyebabkan penurunan efisiensi daya dorong, peningkatan konsumsi bahan bakar, serta risiko keselamatan pelayaran. Berdasarkan hasil inspeksi awal, dilakukan tindakan perbaikan berupa pengukuran ulang *clearance* pada *propeller* kanan dan kiri, penggantian komponen aus, serta evaluasi sistem pelumasan dan pendinginan.

Pengukuran *clearance* dilakukan pada kondisi kapal *dock* kering menggunakan alat ukur presisi seperti *feeler gauge* dan *caliper*. Komponen yang diukur meliputi: *Bushing tailshaft*, *V-bracket*, *Stern tube* luar, dan *Stern tube* dalam. Untuk celah < 4 mm digunakan *feeler gauge*, sedangkan celah > 4 mm diukur menggunakan *caliper* atau *taper gauge*. Hasil pengukuran dibandingkan dengan batas toleransi yang ditetapkan BKI.

Berdasarkan *Rules BKI Volume I* (2018), batas maksimum *clearance* poros *propeller* dengan pelumasan air laut adalah $0,01D + 2,5$ mm. Hasil pengukuran menunjukkan beberapa titik *clearance* melebihi batas toleransi, yang mengindikasikan keausan signifikan pada poros dan bantalan. Penyebab utama keausan diidentifikasi meliputi: Kebocoran *seal* poros, Sirkulasi pelumasan tidak optimal, dan Ketidakseimbangan poros (*unbalance*). Penanganan *clearance* berlebih dilakukan melalui pencabutan poros *propeller*, penggantian bantalan, pemasangan *sleeve*, serta penyesuaian ulang *alignment* poros. Proses ini dilakukan secara bertahap dengan pengawasan teknis ketat agar poros kembali berada dalam batas toleransi. Tahapan akhir meliputi pemasangan kembali sistem propulsi dan pelaksanaan *sea trial* untuk memastikan performa kapal telah kembali optimal.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai analisis perbaikan *shaft propeller* pada KM. Dharma Ferry II di PT. Janata Marina Indah, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Jenis kerusakan *shaft propeller* yang ditemukan pada KM. Dharma Ferry II meliputi: keausan pada bantalan poros (*shaft bearing*), kerusakan *sleeve*, ketidaksesuaian *clearance* akibat keausan berlebih, serta permasalahan pada sistem pelumasan dan pendinginan. Kerusakan ini menyebabkan getaran, kebisingan, pemborosan bahan bakar, hingga potensi kegagalan sistem propulsi jika tidak segera ditangani.
2. Prosedur pengukuran *clearance shaft propeller* dilakukan melalui tahapan *docking* kapal, pemeriksaan komponen seperti *bushing tailshaft*, *stern tube*, dan bantalan, serta penggunaan alat ukur seperti *feeler gauge*, mikrometer, dan *taper gap gauge*. Hasil pengukuran kemudian dibandingkan dengan standar Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) untuk memastikan kondisi poros masih dalam batas aman.
3. Metode perbaikan *shaft propeller* yang diterapkan mencakup penggantian komponen aus (*cylinder liner*, *oil ring scrapper*, *sleeve*, dan bantalan), optimasi sistem pelumasan, perbaikan sistem pendinginan, serta *shaft alignment* untuk menjaga keseimbangan. Setelah semua perbaikan dilakukan, tahapan akhir berupa *sea trial* memastikan bahwa sistem propulsi berfungsi normal dan kapal laik beroperasi kembali.

SARAN

1. Bagi perusahaan galangan (PT. Janata Marina Indah): perlu meningkatkan program pemeliharaan prediktif dan inspeksi rutin pada *shaft propeller* agar kerusakan dapat dicegah sejak dini. Dokumentasi hasil perbaikan juga perlu ditingkatkan sebagai referensi perawatan berikutnya.
2. Bagi operator kapal (KM. Dharma Ferry II): disarankan melakukan pengecekan rutin terhadap sistem pelumasan, pendinginan, dan *clearance shaft* sesuai standar BKI. Selain itu, awak mesin harus diberikan pelatihan tambahan terkait prosedur pemeriksaan teknis agar mampu melakukan deteksi dini terhadap gejala kerusakan.
3. Bagi penelitian selanjutnya: dapat memperluas objek kajian dengan membandingkan beberapa kapal ferry sejenis untuk mendapatkan gambaran umum tingkat keausan *shaft propeller*. Selain itu, dapat pula ditambahkan analisis *cost-benefit* untuk menilai efektivitas metode perbaikan yang dipilih.

DAFTAR PUSTAKA

- Adi, Adi Putra Prastyawan, and Minto Basuki 2025 "Analisis Teknik ekonomis Jenis keretakan dan perbaikan nya Pada poros propeller Dengan menggunakan metode NDT (Non Destructive Testing) Pada kapal TB Grobol 02." Vol.25 No 272287.
- Ayuningtyas, Dyah Anggraeni, Zaneta Zakirena Sanjiwo, and Adi Kurniawan Yusim. 2023 "Penentuan Dimensi dan Jenis Propeller Kapal Ikan untuk Menghasilkan Sistem Propulsi yang Optimal." Jurnal Rekayasa Mesin Vol 19: 53-64.
- Coutsar, Ardan Nagra, et al 2023 "Pengaruh Material Propeller Kapal Terhadap Karakteristik Getaran Menggunakan Metode Elemen Hingga." G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan Vol 74: 1194-1202.
- Ebenezer Boy Simanjuntak., Wilma Amiruddin., Kiryanto., (2021) Analisa Desain Bentuk Lambung Pada Kapal Ikan Tradisional 200 GT Ditinjau Berdasarkan Kriteria Perancangan Kapal Jurnal Teknik Perkapalan ,Vol. 6, No. 1
- Guna Mahendra Satriananta, Hartono Yudo, Berlian Arswendo Adietya (2022). Studi Analisis Kekuatan Poros Propeller Kapal KMP. Pertiwi Nusantara Akibat Dikenai Torsi Dari Propeller, Jurnal Teknik Perkapalan, Vol. 7, No.1
- Husein Karman.,Muhammad Gufran.,Stell Sumoran (2022). Pembuatan dan Analsis Alat Manual Balancing Propeller, Jurnal Voering Vol. 7 No. 2
- Khristyson, Samuel Febriary, et al 2021 "Keausan Poros Propeller yang Berlebihan Akibat Beban Radial Seal pada Lingkungan Air Laut." INOVTEK POLBENG 11.1 : 67-73.
- Kurniawan Adi Yusim dan Yara Ashfiya Bihamdiya Assawa (2022) Anallisa Perbaikan Poros Baling – Baling MV. Queen Soya Di PT. DOK dan Perkapalan Surabaya (Persero) Sensistek, Vol. 5, No. 2
- Putra Angga Sandy., Galih Satriyo., Nina Ruly Estiari., (2021) Implementasi Kegiatan Claerance In dan Clearance Out Kapal Uv. Royal King Ali Pada PT. Bahtera Adhiguna Cabang Banyuwangi, Vol 3 No 2 Hal 84-95
- Sitorus, Samuel Pardomuan, Untung Budiarto, and K. Kiryanto 2020 "Perancangan Propeller dan Engine Propeller Matching Pada Kapal Self Propelled Oil Barge (SPOB) 5000 DWT." Jurnal Teknik Perkapalan 8.4 : 563-578.
- Zakki, Ahmad Fauzan, and Andi Trimulyono 2023 "Analisis Kelelahan Propeller Tipe Kaplan-Series Untuk Kapal Selam Komersial Dengan Variasi Jumlah Blade." Jurnal Teknik Perkapalan 11.2 : 66-72.