

Analisis Kerusakan dan Perbaikan Baling-Baling Kapal di PT Proskuneo Kadarusman, PPS Nizam Zachman Muara Baru - Jakarta

Damage Analysis and Repair of Ship Propellers at PT Proskuneo Kadarusman, PPS Nizam Zachman Muara Baru - Jakarta

Ismunandar^{1*}, Achmad Syarifuddin¹, M. Yusuf Syam¹, I Ketut Daging¹, Basino¹,
Wijatmika², Rendy Saputra¹

¹Politeknik Ahli Usaha Peikanan, Jl. AUP No.1 Pasar Minggu, Jakarta Selatan, 12520

²Sekolah Usaha Perikanan Menengah (SUPM) Tegal, Jl. Martoloyo No.22, Tegal Jawa Tengah, 52122

*Email: ismunandar@kkp.go.id

ABSTRAK

Baling-baling kapal merupakan komponen utama dalam sistem propulsi yang berfungsi mengubah tenaga mekanis menjadi gaya dorong, komponen ini sering mengalami kerusakan akibat faktor lingkungan, operasional, dan material. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis berbagai kerusakan dan metode perbaikan baling-baling kapal di PT Proskuneo Kadarusman. Jenis kerusakan yang banyak ditemukan adalah: korosi, kavitasi, retak akibat kelelahan material, dan deformasi akibat benturan benda asing yang dapat menurunkan efisiensi dan meningkatkan biaya perawatan kapal. Metode penelitian meliputi observasi langsung, wawancara dengan teknisi, dan studi dokumentasi untuk mengidentifikasi jenis kerusakan yang umum terjadi, faktor penyebabnya, dan metode perbaikan yang diterapkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode perbaikan yang dilakukan adalah pengelasan, penghalusan permukaan, serta pemeriksaan colour check dan balancing efektif dalam memperbaiki kerusakan pada baling-baling. Penerapan metode perbaikan yang tepat dapat meningkatkan umur pakai dan efisiensi baling-baling, serta mengurangi biaya perawatan yang tidak perlu. Penelitian ini memberikan kontribusi teoritis dan praktis dalam meningkatkan pemahaman mengenai perawatan baling-baling kapal.

Kata kunci: Daun baling-baling kapal, analisa kerusakan, perawatan dan perbaikan.

ABSTRACT

Ship propellers are a key component in propulsion systems that convert mechanical energy into thrust. These components often suffer damage due to environmental, operational, and material factors. This study aims to analyze damage and repair methods for ship propellers at PT Proskuneo Kadarusman. The types of damage commonly found are corrosion, cavitation, cracks due to material fatigue, and deformation due to foreign object impact, which can reduce efficiency and increase ship maintenance costs. The research methods included direct observation, interviews with technicians, and documentation studies to identify the types of damage that commonly occur, the contributing factors, and the repair methods applied. The results of the study show that the repair methods used, namely welding, surface smoothing, color check, and balancing, are effective in repairing damage to propellers. The application of appropriate repair methods can increase the service life and

efficiency of propellers, as well as reduce unnecessary maintenance costs. This study provides theoretical and practical contributions to improving understanding of ship propeller maintenance.

Keywords: Ship propeller blades, damage analysis, maintenance and repair.

PENDAHULUAN

Baling-baling kapal merupakan salah satu komponen utama dalam sistem propulsi kapal yang berfungsi untuk mengubah tenaga mekanis dari mesin menjadi gaya dorong. Keandalan dan efisiensi baling-baling sangat berpengaruh terhadap performa kapal dalam beroperasi di laut. Namun, dalam praktiknya, baling-baling kapal sering mengalami berbagai jenis kerusakan akibat faktor lingkungan, material, serta operasional kapal yang tidak optimal.

Kerusakan pada baling-baling kapal dapat disebabkan oleh berbagai faktor, seperti korosi akibat paparan air laut, erosi akibat gesekan partikel air dengan permukaan baling-baling, kavitasi yang mengakibatkan pembentukan gelembung udara dan berujung pada kerusakan material, serta retakan akibat kelelahan material yang disebabkan oleh beban berulang. Selain itu, deformasi atau perubahan bentuk baling-baling dapat terjadi akibat benturan dengan benda asing di perairan, seperti kayu atau sampah laut. Kerusakan ini tidak hanya menurunkan efisiensi kapal, tetapi juga meningkatkan konsumsi bahan bakar, mengurangi kecepatan kapal, dan menimbulkan gangguan operasional yang berpotensi menyebabkan biaya perawatan yang besar. Dalam industri perkapalan, pemeliharaan dan perbaikan baling-baling kapal menjadi faktor yang sangat penting untuk memastikan kinerja kapal tetap optimal.

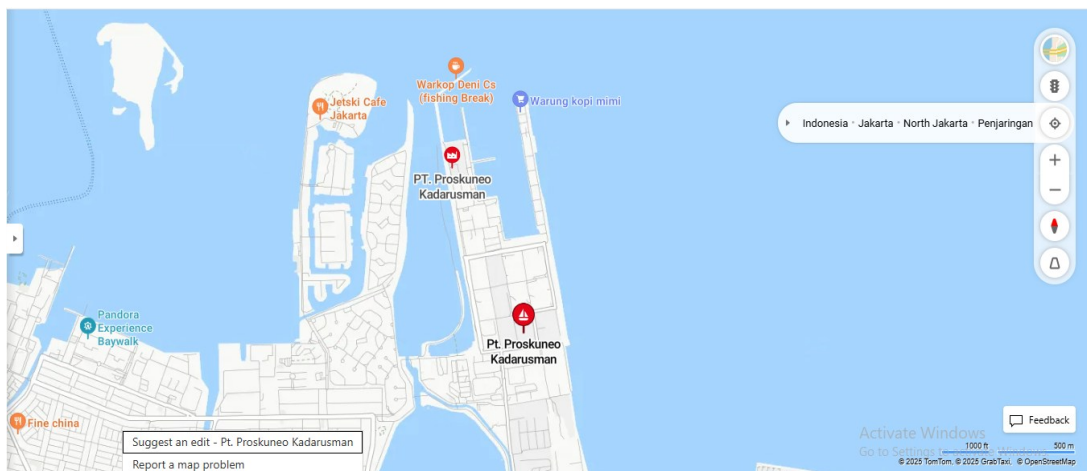
PT Proskuneo Kadarusman merupakan salah satu perusahaan yang bergerak dalam bidang perawatan dan perbaikan kapal, termasuk analisis serta penanganan kerusakan pada baling-baling kapal. Melalui analisis menyeluruh terhadap jenis kerusakan dan metode perbaikan yang diterapkan, dapat diperoleh wawasan mengenai keefektifan teknik perbaikan yang digunakan serta identifikasi metode yang lebih efisien untuk meningkatkan daya tahan baling-baling kapal.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis jenis-jenis kerusakan yang umum terjadi pada baling-baling kapal di PT Proskuneo Kadarusman, mengidentifikasi faktor penyebabnya, serta mengevaluasi metode perbaikan yang paling efektif dalam meningkatkan daya tahan dan efisiensi baling-baling kapal. Dengan adanya penelitian ini,

diharapkan dapat diperoleh rekomendasi metode perbaikan dan perawatan yang tepat dan lebih optimal sehingga dapat meningkatkan umur pakai baling-baling kapal dan mengurangi biaya perawatan yang tidak perlu.

BAHAN DAN METODE

Pelaksanaan Penelitian ini dimulai pada 21 Januari 2025 sampai 21 Maret 2025 yang bertempat di PT Proskuneo Kadarusman yang berlokasi di Kawasan Pelabuhan Perikanan Samudera (PPS) Nizam Zachman, Muara Baru, Jakarta Utara.



Gambar 1. Peta PT Proskuneo Kadarusman di Kawan PPSNZ Muara Baru
(Sumber: Google.com/Maps/PT Proskuneo Kadarusman)

Alat dan Bahan

Dalam penelitian dan observasi yang dilakukan, penulis menggunakan beberapa alat dan bahan berupa: Propeller, las karbit, handphone, alat tulis, kuesioner wawancara. Pengumpulan data menggunakan metode survey, observasi, wawancara dan dokumentasi (Firdan, 2021).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Baling-baling kapal merupakan komponen krusial dalam sistem propulsi kapal, bertugas mengubah energi mekanik dari mesin menjadi gaya dorong yang menggerakkan kapal melalui air. Desain baling-baling harus optimal agar dapat menghasilkan gaya dorong yang efisien dengan kehilangan energi minimal. Secara fisik, baling-baling terdiri dari beberapa bilah (*blade*) yang terpasang pada sebuah poros (*hub*). Jumlah dan bentuk bilah, serta sudut kemiringannya (*pitch*), dirancang sedemikian rupa untuk menghasilkan kinerja

terbaik sesuai dengan jenis kapal dan kondisi operasionalnya. Material yang digunakan pun dipilih agar tahan terhadap korosi dan tekanan air laut.

Fungsi utama baling-baling adalah menciptakan perbedaan tekanan antara sisi depan dan belakang bilah saat berputar. Perbedaan tekanan ini menghasilkan gaya dorong yang mendorong kapal maju. Selain itu, baling-baling juga berfungsi untuk mengendalikan arah kapal dengan mengubah sudut bilah atau memutar baling-baling ke arah yang berlawanan.

Dalam pengoperasiannya, baling-baling harus mampu bekerja secara efisien dalam berbagai kondisi, seperti saat kapal berlayar dengan kecepatan tinggi, bermanuver di perairan sempit, atau menghadapi gelombang dan arus yang kuat. Oleh karena itu, perawatan dan perbaikan baling-baling secara berkala sangat penting untuk menjaga kinerja dan keandalan kapal.

Kerusakan pada baling - baling kapal

Kerusakan pada daun baling-baling dapat dikategorikan berdasarkan penyebab dan bentuk kerusakannya. Menurut Smith (2018), beberapa jenis kerusakan yang sering terjadi antara lain:

a. Korosi

Korosi pada propeler adalah proses kerusakan material yang terjadi akibat reaksi elektrokimia antara logam dan lingkungan, terutama air laut yang mengandung garam (NaCl). Proses ini dapat mempercepat penurunan kualitas material, menyebabkan kerusakan pada poros propeler dan seal, sehingga berpotensi mengakibatkan kebocoran air laut ke dalam mesin kapal. Faktor-faktor yang mempengaruhi laju korosi meliputi salinitas, pH, temperatur, dan kecepatan putar propeler. Korosi erosi juga terjadi akibat gerakan relatif antara cairan korosif dan permukaan logam, meningkatkan risiko kerusakan.

b. Kavitasi

Kavitasi pada propeler adalah fenomena yang terjadi ketika tekanan di sekitar daun propeler menurun di bawah tekanan uap air, menyebabkan pembentukan gelembung gas atau buih. Ini biasanya disebabkan oleh peningkatan kecepatan aliran air di sisi hisap propeler, yang mengakibatkan penurunan tekanan. Kavitasi dapat menyebabkan kerusakan material, penurunan efisiensi propeler, serta menghasilkan getaran dan kebisingan yang tidak diinginkan. Desainer propeler harus mempertimbangkan kinerja kavitasi untuk mencapai keseimbangan antara efisiensi dan kenyamanan operasional.

c. Retak akibat kelelahan material

Keretakan akibat kelelahan material pada propeller adalah fenomena yang terjadi ketika material mengalami siklus beban berulang, yang dapat menyebabkan kerusakan permanen. Proses ini terdiri dari tiga tahap: crack initiation (tahap awal retakan), crack propagation (penjalaran retakan), dan final fracture (patahnya material). Kelelahan ini sering disebabkan oleh tekanan berlebih akibat beban operasional yang terus-menerus, serta benturan dengan objek lain, seperti batu karang. Analisis kelelahan penting untuk menentukan umur dan mencegah kerusakan lebih lanjut pada propeler.

d. Deformasi (Bending)

Deformasi (bending) pada propeller adalah perubahan bentuk permanen yang terjadi akibat tekanan atau beban yang diterapkan pada daun propeller. Proses ini dapat mengubah sudut pitch propeller, yang berdampak pada performa kapal, meningkatkan beban propeller, dan memerlukan daya motor penggerak yang lebih besar untuk mencapai kecepatan servis. Jika deformasi tidak terlalu parah, daun propeller dapat diluruskan; jika parah, perlu dilakukan penggantian atau penyambungan material.

Faktor – faktor penyebab kerusakan

1. Faktor lingkungan (salinitas, pH, temperatur, kecepatan putar propeller, gerakan relatif antara cairan korosif dan permukaan logam)
2. Beban operasional yang terus-menerus
3. Benturan dengan objek lain (batu karang)

Metode perbaikan baling – baling kapal

Metode perbaikan umum

1. Pengelasan: digunakan untuk memperbaiki retakan atau bagian baling-baling yang hilang.
2. Penggerindaan: digunakan untuk menghilangkan korosi atau erosi pada permukaan baling-baling.
3. Pelurusan: digunakan untuk memperbaiki deformasi pada baling-baling.
4. Penggantian: mengganti baling-baling yang rusak parah dengan yang baru.

Standar dan perbaikan umum

Secara umum, baling-baling terdiri dari beberapa daun (blade) yang terhubung pada hub sebagai pusat rotasi. Efisiensi baling-baling sangat dipengaruhi oleh desain daun, material yang digunakan, serta kondisi operasional saat baling-baling bekerja (Carlton, 2012).

Material yang umum digunakan untuk daun baling-baling antara lain nikel-aluminium-bronze (NAB), stainless steel, dan paduan logam lainnya. Pemilihan material ini bertujuan untuk memastikan kekuatan struktural, ketahanan terhadap korosi, serta kemampuan menahan beban dinamis dalam lingkungan yang keras, seperti air laut.

Dengan menerapkan standar dan prosedur perbaikan umum tersebut, PT Proskuneco Kadarusman dapat menjaga kualitas perbaikan baling-baling kapal sehingga kapal dapat beroperasi dengan optimal dan aman. Standar ini juga membantu mengurangi frekuensi perbaikan ulang dan biaya perawatan jangka panjang.

Berdasarkan hasil peyang diperoleh dari penelitian ini baling-baling yang dijadikan sebagai obyek penelitian adalah baling-baling pada KN. SAR Setyaki dengan spesifikasi seperti diperlihatkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi baling-baling

Deskripsi	Ukuran
Diameter Baling-baling	2.350 mm
Tebal bilah	60,8 mm
Jumlah bilah	4
Terbuat dari	Kuningan

Alat-alat yang digunakan adalah mesin las karbit dan kawat las kuningan 3 dan 4 mm, yang digunakan untuk menambal dan menyambung daun baling - baling yang rusak. Mesin gerinda digunakan untuk menggerinda permukaan daun. Mesin balancing manual digunakan untuk mengatur agar baling-baling seimbang.

Proses perbaikan diawali pengecekan bagian daun baling-baling secara visual yang sebelumnya didahului dengan pelepasan baling-baling dari kapal. Dari hasil pengecekan ini ditemukan dua jenis kerusakan yaitu adanya bagian ujung daun yang hilang karena patah. Bagian daun ini diberi identitas nomor 1. Sedangkan kerusakan kedua pada daun nomor 2 di sebelahnya karena adanya *fouling*.

Perawatan dan Perbaikan Daun Baling- Baling

Guna meminimalisir terjadinya kerusakan, baling-baling harus selalu diperiksa saat melakukan survei tahunan (annual survey), survei pertengahan (mid-term survey) ataupun saat survei khusus (special survey) guna mengetahui apakah performa baling- baling masih bekerja dengan baik atau tidak. Apabila baling-baling mengalami kerusakan maka kerja mesin semakin berat karena daya yang dihasilkan sudah maksimal, namun transfer daya

tersebut tidak terserap dengan baik oleh daun baling baling karena mengalami kerusakan. Pada baling-baling KN SAR Setyaki yang mengalami patahan dapat disebabkan oleh benturan benda di laut, kavitasi ataupun material yang sudah mencapai batas titik lelahnya, sehingga perlu dilakukan perbaikan. Diantara jenis perawatan dan perbaikan yang dilakukan adalah:

1. Membersihkan daun baling- baling

Tahap awal dari perawatan baling baling yaitu membersihkan daun baling-baling saat baling-baling masih terpasang pada poros, yang berfungsi untuk menghilangkan kotoran-kotoran yang menempel pada baling-baling seperti binatang laut ataupun tumbuhan, maka dilakukan sekrap.

2. Proses melepas baling-baling.

Pada proses ini, baling-baling dilepas dari porosnya untuk dilakukan pengecekan pada shaft maupun perbaikan pada baling baling apabila terjadi patahan atau bengkokan sehingga mengharuskan daun baling- baling dilepas untuk melakukan perbaikan

3. Cleaning daun baling-baling

Proses ini yaitu pembersihan daun baling-baling. Proses cleaning daun baling-baling dilakukan untuk melihat lebih detail kondisi permukaan daun baling-baling apakah terjadi kerusakan seperti kavitasi, keretakan atau bengkok. Pada tahap ini, apabila ditemukan patahan, maka dilakukan pemeriksaan kelengkungan pada patahan. Sedangkan pada keretakan, maka diukur seberapa besar keretaknya.

4. Perbaikan daun baling-baling

Pada daun baling-baling kapal KN SAR Setyaki yang terkikis dan mengalami kebengkokan, perbaikan dapat dilakukan dengan melakukan penambahan bahan yang sesuai dengan material baling baling dengan las pada bagian- bagian yang mengalami pengikisan dan meluruskan bagian-baling baling yang mengalami kebengkokan Apabila bengkoknya tidak terlalu besar, maka meluruskannya cukup dengan menggunakan palu dengan penahan dibaliknya berupa kayu. Bila bengkoknya cukup luas maka cara pelurusannya dengan menggunakan mesin press, setelah pelurusan daun baling-baling harus diadakan annealing sampai 850-950 °C. pemanasan ini dilakukan agar tidak timbul keretakan yang baru



Gambar 2. Daun Baling-baling yang mengalami kebengkokan

Pada daun baling- baling yang mengalami crack (retak), perbaikan yang dilakukan juga dengan penambahan material yang sesuai dengan material baling-baling dengan cara di las, kemudian permukaan dihaluskan kembali dengan gerinda hingga seperti semula.



Gambar 3. Proses pengelasan dan hasil pengelasan daun baling-baling

Setelah pengelasan pada daun baling-baling selesai, permukaan yang dilas harus digerinda untuk menghilangkan ketidak teraturan dan menyesuaikan ketebalan dengan bagian lain daun baling-baling. Penggerindaan ini dilakukan menggunakan mesin gerinda atau amplas bundar secara hati-hati agar permukaan menjadi halus dan rata.



Gambar 4. Proses penghalusan daun baling-baling menggunakan gerinda tangan

5. Pengujian *colour check*

Pengujian *colour check* pada daun baling-baling kapal adalah metode non-destruktif yang menggunakan cairan penetrant berwarna untuk mendeteksi adanya retakan atau cacat permukaan pada daun baling-baling setelah dilakukan perbaikan atau perawatan. Prosedur pengujian ini meliputi beberapa tahapan sebagai berikut:

- a. Pembersihan permukaan daun baling-baling dari kotoran, debu, minyak, dan cat lama dengan kain lap dan cairan pembersih (*cleaner*) yang tidak berwarna agar permukaan benar-benar bersih
- b. Aplikasi cairan penetrant berwarna merah disemprotkan ke seluruh permukaan daun baling-baling yang diuji, kemudian didiamkan selama 5-15 menit agar cairan meresap ke dalam retakan atau cacat permukaan
- c. Pembersihan kembali permukaan dari cairan penetrant yang berlebih menggunakan kain lap dan cairan cleaner agar hanya cairan yang meresap di retakan yang tertinggal.
- d. Penyemprotan bubuk developer berwarna putih ke permukaan yang sudah dibersihkan, yang berfungsi untuk menarik cairan penetrant keluar dari retakan sehingga retakan akan tampak sebagai bercak merah pada permukaan putih developer.
- e. Pengamatan hasil pengujian dilakukan dalam waktu 5 sampai 20 menit untuk menghindari kesalahan indikasi. Jika terdapat bercak merah pada developer, itu menandakan adanya retakan atau cacat pada daun baling-baling.

- f. Pengujian colour check ini penting dilakukan setelah perbaikan seperti penambalan, pelurusan, pemotongan dan pengelasan pada daun baling-baling kapal untuk memastikan tidak ada cacat atau retakan yang tersisa yang dapat mengganggu performa dan keamanan baling-baling saat beroperasi.
- g. Selain colour check, balancing daun baling-baling juga dilakukan untuk memastikan setiap daun memiliki berat yang sama sehingga tidak terjadi getaran atau deformasi saat propeller berputar.
- h. Singkatnya, colour check pada daun baling-baling kapal adalah metode uji penetrant cair berwarna yang efektif untuk mendeteksi retakan permukaan secara visual setelah perbaikan, sehingga dapat menjaga performa dan keamanan propeller kapal.



Gambar 5. *Colour Check* Pada Daun Baling Baling

6. *Balancing* baling- baling

Proses ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui apakah setiap daun baling-baling memiliki berat yang sama atau tidak, apabila timbangan pada daun baling-baling mengalami perbedaan di tiap daun, maka dilakukan perbaikan ulang hingga tiap daun baling- baling memiliki berat yang sama. Tahapan dalam balancing baling-baling dapat dilakukan secara manual dengan cara seperti berikut:

- a. Siapkan sebuah poros dengan diameter yang sesuai dengan diameter boss baling-baling.
- b. Masukkan poros tersebut ke dalam hub baling-baling dan berikan sedikit pelumas agar putaran lancar.
- c. Berikan pengunci pada kedua sisi poros agar baling-baling tidak terlepas ketika diputar

- d. Daun baling-baling diputar dengan kecepatan tertentu 2 hingga baling-baling berhenti dengan sendirinya akibat massa baling-baling dan gaya gravitasi.
- e. Apabila propeller berhenti pada satu sisi daun setelah dilakukan beberapa kali putaran dan letak daun tersebut selalu dibawah, maka dapat dipastikan daun tersebut memiliki massa yang lebih banyak.
- f. Apabila hal tersebut terjadi, maka daun baling-baling tersebut digerinda hingga massanya berkurang.



Gambar 6. *Balancing* Pada Daun Baling Baling

7. Pengecekan Visual Terhadap Daun Baling-Baling Setelah Tahap Balancing

Setelah balancing, daun baling-baling melewati tahap pengecekan visual terhadap daun baling-baling yang merupakan langkah penting dalam memastikan bahwa baling-baling siap dipasang kembali dan dioperasikan dengan aman. Pemeriksaan ini bertujuan untuk mendeteksi adanya cacat permukaan, kerusakan baru, atau ketidaksempurnaan yang mungkin terjadi selama proses balancing atau perbaikan sebelumnya. Berikut adalah tahapan pengecekan visual yang umum dilakukan pada daun baling-baling:

a. Pembersihan Permukaan

Sebelum pemeriksaan, permukaan daun baling-baling harus dibersihkan dari kotoran, minyak, dan sisa material perbaikan agar cacat permukaan dapat terlihat jelas³.

b. Inspeksi Permukaan Daun

Pemeriksaan dilakukan secara menyeluruh pada seluruh permukaan daun baling-baling, terutama pada area yang sebelumnya mengalami perbaikan atau pengelasan.

Fokus utama adalah mendeteksi: retakan (crack), goresan dalam (deep scratch), penyok atau deformasi (dent/bending), kerusakan akibat kavitasi atau korosi dan sisa material pengelasan yang tidak rata.

c. Pemeriksaan Ujung Daun dan Area Kritis

Ujung daun baling-baling dan area sambungan (jika ada perbaikan las) diperiksa secara lebih detail karena merupakan titik rawan terjadi kerusakan atau cacat baru.

Adapun kriteria hasil pengecekan visual adalah:

- a. Daun baling-baling dinyatakan layak jika tidak ditemukan retakan, deformasi, atau cacat permukaan yang dapat mempengaruhi performa dan keselamatan operasi.
- b. Jika ditemukan cacat, dilakukan perbaikan ulang sebelum baling-baling dipasang kembali

8. Pola Sisik pada Baling-Baling

Setelah melewati tahap pengecekan visual terhadap daun baling-baling, kemudian dilakukan pembuatan pola sisik dengan teknik tekan menggunakan gerinda tangan.



Gambar 7. Pola sisik pada daun baling-baling

Pola sisik pada daun baling-baling tidak hanya berfungsi sebagai elemen dekoratif, tetapi juga memiliki beberapa keuntungan fungsional:

- a. Pengurangan gesekan: Pola sisik dapat membantu mengurangi gesekan antara permukaan baling-baling dengan air, meningkatkan efisiensi hidrodinamis.
- b. Pencegahan kavitasi: Tekstur permukaan yang tepat dapat membantu mengurangi risiko kavitasi, fenomena yang dapat merusak permukaan baling-baling.

- c. Peningkatan durabilitas: Permukaan dengan pola tertentu dapat memberikan ketahanan yang lebih baik terhadap korosi dan keausan.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan mengenai kerusakan dan perbaikan baling-baling kapal di PT Proskuneeo Kadarusman, dapat ditarik beberapa kesimpulan penting.

1. Jenis kerusakan yang paling umum terjadi pada baling-baling kapal meliputi korosi, kavitasi, retak akibat kelelahan material, dan deformasi akibat benturan benda asing. Faktor-faktor penyebab kerusakan ini bervariasi, mulai dari kondisi lingkungan air laut yang korosif, tekanan operasional yang ekstrem, hingga kualitas material baling-baling yang kurang memadai.
2. Metode perbaikan baling-baling yang diterapkan di PT Proskuneeo Kadarusman meliputi pengelasan, penambalan, pelurusan, dan penggantian bagian yang rusak. Efektivitas metode perbaikan ini sangat tergantung pada jenis dan tingkat kerusakan yang dialami baling-baling. Dalam beberapa kasus, perbaikan yang dilakukan mampu mengembalikan performa baling-baling seperti semula. Namun, pada kasus kerusakan yang parah, penggantian baling-baling baru menjadi solusi yang lebih tepat untuk memastikan keselamatan dan efisiensi operasional kapal.
3. Perawatan baling-baling secara berkala merupakan langkah preventif yang sangat penting untuk mencegah kerusakan yang lebih serius. Pembersihan baling-baling dari kotoran dan organisme laut, pemeriksaan kondisi material, serta pelapisan anti-korosi dapat memperpanjang umur pakai baling-baling dan mengurangi risiko terjadinya kerusakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adji, S.W., 2005. Engine Propeller Matching. Available: [oc. its. ac. id/ambilfile.php](http://oc.its.ac.id/ambilfile.php).
- Adji, S.W., 2006. Pengenalan Sistem Propulsi Kapal. Available: [oc. its. ac.id/ambilfile. php](http://oc.its.ac.id/ambilfile.php).
- Azizah, D. N. (2022). Analisis Kerusakan Daun Baling-Baling dan Metode Perawatan yang Tepat. [Skripsi]. Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta. Diakses dari <http://repository.upnvj.ac.id/18726/17/AWAL.pdf>
- Carlton, J. S. (2007). Marine Propellers and Propulsion (2nd ed.). Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Carlton, J., 2018. Marine propellers and propulsion. Butterworth-Heinemann.

- Christanto, A.Y.B., 2018. Analisa Perbandingan Keuanggulan Kapal Tunda Menggunakan Propulsi Elektrik Dengan Propulsi Mekanis (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).
- Engineers, 166(1), 48-63.
- Firdaus, S., 2017. Analisis Peforma Modifikasi Propeller Ka-70 Menjadi Hubless RIM Driven Propeller Menggunakan CFD (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).
- Firmansyah, A.D., Santoso, A. and Djatmiko, E., 2012. Perancangan Controllable Pitch Propeller Pada Kapal Offshore Patroli Vessel 80 (OPV80). *Jurnal Teknik ITS*, 1(1), pp.G230-G235.
- Firstdhitama, W. (2018). Perencanaan Reparasi Kapal Ferry. [PDF]. Diakses dari Prosiding Seminar Nasional LPPM UMJ. <http://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnaskat/article/download/19514/95252>
- Gerr, D., 1989. Propeller handbook. International Marine Publishing.
- Julianto, E., 2009. Pemakaian Baling-Baling Bebas Putar (Free Rotating Popeller) Pada Kapal. *Teknik*, 30(2), pp.140-145.
- Laksono, E.S., 2017. PROSES PERBAIKAN DAN PERAWATAN PROPELLER PADA KAPAL TUNDA SELAT SIBERUT DI DRY DOCK GALANGAN PT RUKINDO JAKARTA (Doctoral dissertation, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta).
- Li, Z., Zhang, L., Liu, H., Zuo, Z., & Liu, C., 2018. Nonlinear robust control of tail-sitter aircrafts in flight mode transitions. *Aerospace Science and Technology*, 81, 348-361.
- Manik, P., Analisa Teknis Dan Ekonomis Sistem Perbaikan Daun Propeller Yang Patah Pada Km. Mandiri Dua Tanpa Docking. *Kapal: Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Kelautan*, 6(2), pp.100-106.
- Munawir, A., Rubiono, G. and Mujiyanto, H., 2017. Studi Prototipe Pengaruh Sudut Kemiringan Poros Baling-Baling Terhadap Daya Dorong Kapal Laut. *V-MAC (Virtual of Mechanical Engineering Article)*, 2(1).
- Salim, et al. (2024). Aktifitas Perawatan dan Perbaikan Daun Baling-Baling Pada Kapal. *Majalah Ilmiah Bahari Jogja*, 22(2), 217–219. Diakses dari <http://jurnal.stimaryo.ac.id/index.php/MIBJ/article/view/36636>

- Santhi Wilastari, & Budi Santoso. (2020). Studi Kasus Perbaikan Daun Baling-Baling Kapal Tug Boat Akibat Patah dan Fouling. *Momentum: Jurnal Teknik Mesin*, Diakses dari <https://publikasiilmiah.unwahas.ac.id/MOMENTUM/article/download/6436/pdf45>
- Setiawan, A. (2004). Prosedur Pengelasan pada Perbaikan Daun Baling-Baling Kapal. *Jurnal Teknik Perkapalan*.
- Smith, S. L., 1952. *Ship Research*. Proceedings of the Institution of Mechanical
- Sugiyono. (2009). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Suranto, M., 2018. *Analisa Kavitasi Surface Pada Daun Propeller Wageningen Series C4-40 Dengsn CFD* (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).litian dan Pengembangan Perhubungan. (2020). *Rencana Strategi Tahun 2020-2024*. Jakarta.