4 (1) (2023) 1-7

Marine Science and Technology Journal

http://e-journal.ivet.ac.id/index.php/maristec

Analisis *Propeller* Yang Tidak *Balance* pada Kapal *Tugboat* Anugerah 1

Ricky Apriyanto[1], Eka Darmana✉, Santhi Wilastari[3]

[123]Politeknik Bumi Akpelni Semarang

DOI: https://doi.org/10.31331/maristec.v4i1

Info Articles

Sejarah Artikel:
Disubmit Juni 2023
Direvisi Juli 2023
Disetujui Agustus 2023

Keywords:
Propeller maintenance; propeller balance; propeller fouling; propeller wear; propeller deformation

Abstrak

Studi kasus dikapal tugboad anugerah 1 mengalami permasalahan pada propeller yang dimungkinkan tidak balance. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui penyebab propeller pada kapal tidak seimbang dan bagaimana mengatasinya. Penggunaan metode penelitian dengan menggunakan metode observasi, wawancara dan analisa data dengan cara mengamati, tinjauan dan menganalisa obyek ataupun permasalahan yang akan diteliti secara langsung sehingga data yang didapat bersifat obyektif karena penulis mengalami sendiri dan berada di lokasi docking kapal ketika kerja dari propeller tidak sempurna. Dari data yang didapatkan kemudiaan dilakukan analisis metode kualitatif deskriptif. Hasil studi ini menyatakan bahwa propeller yang tidak balance disebabkan adanya fouling, pengikisan, keretakan, dan adanya deformasi pada daun propeller. Kemungkinan faktor pemicunya antara lain lama tidak melakukan maintenance, usia komponen yang sudah lama, maupun kelalaian pengoperasian. Propeller yang tidak balance kalau tidak segera ditangani dikawatirkan akan menyebabkan kerusakan pada komponen lain seperti kerusakan pada stern tube yang mengakibatkan kebocoran dan dapat membahayakan kapal..

Abstract

The case study on the tugboat award 1 experienced problems with the propeller which made it possible to be out of balance. The purpose of this research is to find out the causes of unbalanced propellers on ships and how to overcome them. The use of research methods using observation, interviews and data analysis by observing, reviewing and analyzing objects or problems that will be examined directly so that the data obtained is objective because the author experienced it himself and was at the ship docking location when the work of the propeller was not perfect. From the data obtained, then an analysis of descriptive qualitative methods was carried out. The results of this study state that the unbalanced propeller is caused by fouling, erosion, cracks, and deformation of the propeller blades. Possible triggering factors include long absence of maintenance, old components, and negligence in operation. An unbalanced propeller if not handled immediately is feared to cause damage to other components such as damage to the stern tube which results in leaks and can endanger the ship..

✉Alamat Korespondensi: E-mail: ekadarmana@akpelni.ac.id

ISSN : 2746-1580

PENDAHULUAN

Propeller adalah alat yang digunakan untuk menghasilkan gaya dorong yang berasal dari daya mesin yang di transmisikan melalui poros. Dengan kata lain propeller berfungsi merubah tenaga mesin menjadi dorongan sesuai dengan kombinasi RPM dan kecepatan. Propeller adalah komponen mesin yang digunakan untuk mentransmisikan daya dengan mengkonversi gerakan rotasi menjadi daya dorong (thrust). Perbedaan tekanan dihasilkan antara permukaan depan dan belakang sudu (blade). Propeller banyak digunakan dalam industri penerbangan, maritim, dan mesin energi. Pengembangan desain propeller blade semakin baik dengan bentuk aerodinamis yang memadai, sehingga dapat menghasilkan daya dorong yang semakin besar, berdasarkan mekanisme sistem pemegang blade propeller, ada dua jenis mekanisme yang umum dipakai, yaitu mekanisme tetap yang disebut Fixed Pitch Propeller (FPP) dan mekanisme yang dapat diatur sudut serangnya yang biasa disebut dengan Controllable Pitch Propeller (CPP) atau Variable Pitch Propeller (VPP). Mekanisme CPP lebih menguntungkan dibandingkan dengan mekanisme FPP, karena pada CPP dapat dihasilkan daya dorong yang bervariasi dengan putaran propeller yang konstan. (Gumoto, 2012).

Dalam dunia perkapalan banyak istilah Bahasa yang digunakan, salah satu nya adalah kata dok atau *docking*. Apa sebenarnya arti dok atau *docking* itu sendiri? Dok atau *docking* mempunyai pengertian yaitu sebuah kondisi dimana sebuah kapal berada di atas dok atau dermaga untuk dilakukannya perawatan ataupun perbaikan. Proses *docking* atau pengedokan dibantu dengan fasilitas pendukung yang biasa disebut dengan galangan atau *shipyard*. Nah sebenarnya dalam cakupan yang lebih luas dok atau *docking* tersebut tidak hanya proses perbaikan tetapi juga proses pembangunan kapal baru. (Bambang Kiswono, 2019).

Kerusakan pada mesin tentunya hal yang tidak diinginkan oleh para pekerja industri, termasuk industri kapal dan pesawat. Selama ini terjadi kerusakan yang diakibatkan oleh korosi terutama dibidang industri khususnya industri perkapalan bidang kelautan. Ada banyak kerugian karena adanya korosi sehingga perusahaan mau tidak mau harus mengeluarkan biaya lebih untuk perbaikan peralatan. Baik untuk propeler yang sudah mengalami kerusakan atau belum, harus selalu dilakukan perawatan agar propeler dapat bekerja secara maksimal.

Kavitasi *(Cavitation)* adalah suatu fenomena dimana terjadi perubahan secara cepat dalam zat cair yang mengarah pada pembentukan rongga kecil berisi uap di tempat adanya tekanan yang relatif rendah.Ada juga yang mendefinisikan Kavitasi *(Cavitation)* adalah fenomena perubahan fase uap dari zat cair yang sedang mengalir, karena tekanannya berkurang hingga di bawah tekanan uap jenuhnya. Ketika mengalami tekanan yang lebih tinggi, rongga-rongga ini, yang disebut *"gelembung"* atau *"rongga kosong"*, pecah dan dapat menghasilkan gelombang kejut yang intens. Kavitasi *(Cavitation)* ini adalah penyebab signifikan terjadinya keausan dalam beberapa konteks teknik. Gelembung yang pecah didekat permukaan logam menyebabkan tekanan siklis melalui tumbukan berulang. Hal ini menyebabkan kelelahan pada permukaan logam yang menyebabkan keausan yang juga disebut "kavitasi". Contoh paling umum dari jenis keausan ini adalah untuk baling-baling/*propeller*. (BT, 2019).

Proses perbaikan propeller dengan pengelasan oxy-acetylene, dalam penggunaan bahan penambah (filler) tidak memperhatikan material induk propeller, prosedur yang ditentukan oleh Biro Klasifikasi Indonesia yaitu metode las tungsten inert gas (TIG) dengan filler sesuai jenis material propeller.

Kerusakan pada propeller khususnya pada daun propeller berpengaruh terhadap performa dari kapal dimana daya yang ditransferkan dari mesin tidak dapat di serap secara maksimal (dengan kata lain terjadi losses daya pada propeller) (Wilastari, S. & Santoso, 2022). Sebagai contoh jika daun propeller mengalami bending atau bengkok maka kemungkinan terjadi perubahan pitch propeller untuk rasio r/R tertentu, hal ini menyebabkan terjadinya peningkatan pada beban propeller (propeller load) sehingga untuk mencapai kecepatan servis dibutuhkan daya motor penggerak yang lebih besar (kurva beban propeller akan naik dan keluar dari kurva range daya mesin/engine envelope) dan jika dipaksakan maka motor induk akan bekerja dengan keras (MCR secara kontinu) hal ini akan membahayakan motor, jika digunakan secara kontinu maka kemungkinan motor akan rusak (batang piston, piston dan bagian-bagian bergerak lainnya).

Proses reparasi propeller kapal dilakukan ketika kapal berada di dalam dok (proses docking), umumnya kerusakan pada propeller terjadi pada bagian daunnya (blade) dimana daun propeller inilah yang menjadi prantara antara kapal dan air sehingga kapal dapat berjalan, sebagai contoh kerusakan pada daun propeller seperti : mengalami fouling, terjadi pengikisan akibat kavitasi, terjadi keretakan dan bengkokan (bending) akibat berbenturan dan sebagainya. Seperti yang telah

dijelaskan sebelumnya dengan kondisi propeller yang tidak optimum tersebut maka performa propeller akan turun. (Inameq, 2019).

Dikapal tagboad anugerah 1 terjadi permasalahan pada propeller yang dimungkinkan terjadi unbalance pada propellller tersebut. Maka dari itu perlu dilakukan analisis serta tindakan untuk mengatasinya. Tujuan dari penelitian ini untuk menganalisa penyebab terjadinya propeler yang tidak balance dan bagaimana proses perbaikannya.

METODE

Dalam Dalam mencari data yang dibutuhkan untuk mengetahui ketidak seimbangan dari propeller, beberapa metode harus dilakukan guna membantu mempermudah dalam pencarian data.Ada beberapa metode yang dilakukan yaitu dengan cara : Observasi langsung ditugboad Anugerah 1untuk mengetahui data langsung dilapangan, mewawancarai pihak terkait baik dari para masinis kapal maupun pihak-pihak yang bertanggung jawab, studi pustaka dari berbagi jurnal maupun literatur lainnya. Data-data yang didapatkan dari berbagai metode diatas kemudian dilakukan analisis data, metode analisis data yang digunakan adalah diskriptif kualitatif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengamatan dilakukan didocking kapal. Untuk mengetahui data propeller yang diamati maka perlu dilakukan proses yang dilakukan, antara lain:

a. Membersihkan *propeller* yang dipenuhi *fouling* atau tiram-tiram laut, proses ini dikerjakan dengan menyekrap daun dan disemprot dengan *water jet.* Proses pembersihan ini dilakukan saat *propeller* masih terpasang.
b. Siapkan peralatan yang digunakan untuk melepas *propeller*, seperti:
    1. *Acitelin brander*
    2. *Hammer* besar
    3. Kunci khusus *propeller*
    4. *Chain block* 5 ton = 4 buah
    5. Balok
    6. Las listrik
c. Melepas *propeller* dari poros atau *shaft propeller:*
    1. Membuat staging atau tangga untuk mempermudah pekerjaan pelepasan propeller.
    2. Memasang chain block 5 ton untuk menahan, menarik, dan menggantung propeller.
    3. Melepas cone propeller dengan memukul menggunakan hammer besar dengan bantalan kayu agar pukulan tidak merusak dari pada cone tersebut.
    4. Melepaskan atau membuka nut yang terletak pada bagian belakang dari boss, menggunakan kunci khusus propeller yang terbuat dari plat tebal.
    5. Memukul propeller menggunakan hammer besar hingga propeller terlepas dari poros atau shaft dari propeller tersebut.
    6. Apabila propeller sulit dilepaskan atau lengket melekat pada shaft propeller maka diperlukan pemanasan pada boss propeller menggunakan brander acitelin.
    7. Disamping dipanaskan boss dari propeller, melepaskan propeller perlu dibantu dengan hydraulic jack, untuk mendorong propeller keluar dari tail shaft.

d. Sebelum melepas *propeller* kalungkan *wire sling* dan kaitkan dengan *crane* dan *chain block* hal ini sangat diperlukan komunikasi yang bagus, agar antara operator *crane* dan orang yang menarik *chain block* saling mengerti. Tahan *propeller* dengan *chain block* agar setelah terlepas dari *tail shaft* dapat menggantung. Setelah *propeller* menggantung mengangkatnya dapat menggunakan *crane*, kemudian ditransfer ke *rainway crane* untuk dibawa ke bengkel perawatan.
e. Setelah dibawa ke bengkel mesin, *propeller* diadakan pengamatan untuk mengetahui jenis kerusakan yang ada pada propeller.
f. Proses *NDT* (*Non Destructive Test*)

    Non Destructive Test (NDT) adalah Teknik Analisa yang dilakukan untuk mengevaluasi suatu material tanpa merusak fungsi dari benda uji tersebut. Beberapa jenis *NDT* antara lain: *Radiography Test, Dye penetrant test, Ultrasonic flaw detector, Holiday detector.*

    Jenis *NDT* yang digunakan para class di PT. CITRA BAHARI SHIPYARD adalah dengan menggunakan *Dye Penetrant Test*.

Dye Penetrant merupakan metode *NDT* untuk mengetahui tidak adanya *crack* pada *welding*. Tes ini sangat mudah dilakukan dan pelaksanaanya juga sangat singkat. Prinsip kerja dari metode tersebut adalah menggunakan cairan penetrant dengan memanfaatkan kemampuanya yang bisa melewati celah atau pori-pori benda tersebut dan selanjutnya megangkat kembali cairan yang meresap pada retakan, dengan begitu cacat pada material dapat terdeteksi.

Dari pengamatan propeller dikapal tugboad Anugerah 1 didapati kerusakan pada propeller yaitu: fouling dalam jumlah yang besar, terjadi pengikisan daup propeller, adanya keretakan pada daun propeller, dan adanya deformasi pada daun propeller. Kerusakan-kerusakan inilah yang dimungkinkan menyebabkan propeller yang tidak balance.

Dari kerusakan propeller yang terjadi tersebut, kemungkinan-kemungkinan penyebabnya antara lain:

1. kelalaian pengoperasian kapal saat kapal melewati daerah yang dangkal sehingga kapal berpotensi besar menabrak kayu yang mengapung dan menabrak karang serta serpihan bangkai kapal yang masih ada di laut.
2. Walaupun *propeller* mengandung bahan yang dapat tahan terhadap air laut, *propeller* tetap dapat mengalami pengikisan karena pengaruh mekanik yang bergesekan dengan air laut dalam jangka waktu cukup lama dan dengan frekuensi gesekan yang terlalu sering.
3. Kurangnya perawatan yang disebabkan lambatnya kapal naik *dock* dikarenakan pihak kapal sering meminta perpanjangan kenaikan kapal karena faktor biaya. Jika tidak segera naik *dock* akan berakibat pada *propeller* yang bertambah lama waktu jam kerjanya, sehingga erosi yang timbul akan semakin bertambah banyak sehingga mengakibatkan *propeller* tidak *balance*.

Setelah diketahui kerusakan yang terjadi pada propeller kemudian dilaksanakan perbaikan berdasarkan klasifikasi kerusakannya dan urutan perbaikannya.

a. *Fouling* dalam jumlah besar
    1. Pertama yang harus dikerjakan membersihkan *fouling* tadi dengan menggunakan sekrap hingga semua *fouling* yang masih menempel pada daun *propeller.*
    2. Menggerinda daun *propeller* hingga bersih.
    3. Langkah berikutnya dilakukan *indicator color cracking* untuk mengetahui apakah ada yang retak pada daun *propeller*.
b. Perbaikan pengikisan daun *propeller* (Erosi)
    1. Hal pertama yang dilakukan adalah membersihkan bagian- bagian propeller terutama bagian blade. Pembersihan menggunakan mesin gerinda listrik dengan cup brusk. Pembersihan dilakukan hingga metal dari propeller terlihat bersih, dari sini akan terlihat bagian-bagian propeller yang rusak.
    2. Selanjutnya melakukan penambahan bahan (sesuai material propeller) dengan di las pada bagian ujung propeller yang mengalami pengikisan. Setelah dilakukan penambalan terhadap propeller yang terkikis tadi, bagian propeller yang telah selesai di tambal di gerinda dan dihaluskan permukaan dari propeller hingga sesuai dengan kondisi awal dengan bentuk dan ketebalan yang sama.
    3. Lakukan indicator colour cracking, untuk memastikan bahwa tidak ada masalah maupun keretakan pada propeller tersebut. Setelah proses *cracking colour*, *propeller* harus di *balancing* dan di *survey* oleh *class*
c. Keretakan pada *propeller*

    Untuk mengerjakan perbaikan daun *propeller* yang retak *(crack),* tahap-tahap yang harus dilakukan adalah:
    1. Meletakkan *propeller* ke bangku mesin bor besar yang ada di bengkel perawatan.
    2. Mengebor kedua ujung keretakan daun *propeller*.
    3. Menggerinda berbentuk ”X” pada alur keretakan untuk pengisian pengelasan.
    4. Proses selanjutnya melakukan pengelasan untuk menambal permukaan daun *propeller* yang sudah dibor dan di gerinda. Pengelasan menggunakan *brander acyteline* dan memakai *electrode* material yang sesuai *(bronze mangan* atau *bronze phosphor).*
    5. Setelah selesai pengelasan, pendinginanya harus secara natural, artinya tidak diperbolehkan mendinginkan dengan air atau tekanan angin.
    6. Penggerindaan kembali dilakukan hingga daun *propeller* yang telah selesai dilas, dan menyesuaikan ketebalan yang ada di sisinya.
    7. Setelah itu dilakukan *colour cracking test* untuk mengetahui hasil akhir perbaikan dan memastikan tidak ada keretakan.

8. dilanjutkan dengan proses pengukuran ketebalan disesuaikan terhadap daun *propeller* lain yang kondisinya baik.
9. Langkah terakhir sebagai *finishing* perbaikan dilakukan proses *balancing* yang disaksikan oleh Biro Klasifikasi.

d. *Perbaikan* pada daun *propeller* yang deformasi (bengkok pada *propeller*).

Untuk melakukan perbaikan pada daun *propeller* yang bengkok atau rusak pada ujungnya, tahap perbaikanya sebagai berikut

1. Bagian daun *propeller* yang rusak harus dipotong terlebih dahulu menggunakan mesin gerinda potong.
2. Setelah itu diadakan pengelasan menggunakan *brander* potong *acytelin* dan memakai kawat las yang sesuai (dengan bahan material yang sama). Lakukan pengelasan secara bertahap, sehingga terbentuklah hasil pengelasan yang mendeketi bentuk semula.
3. Setelah selesai pengelasan, pendinginanya harus secara natural, artinya tidak diperbolehkan menggunakan media air atau tekanan angin.
4. Kemudian diadakan penggerindaan untuk mengetahui adanya bagian permukaan yang kurang rata. Bila masih terdapat bagian yang kurang rata atau cekung, perlu diadakan pengelasan tambahan dan penggerindaan hinngga rata.
5. Selanjutnya harus diadakan *colour cracking test* atau pengecekkan keretakan.
6. Jika sudah tidak ada keretakan dilanjutkan dengan proses pengukuran dan laporan untuk Biro Klasifikasi mengenai ketebalan yang disesuaikan terhadap daun *propeller* lain yang kondisinya baik.
7. Langkah terakhir sebagai *finishing* perbaikan dilakukan proses *balancing* yang disaksikan oleh Biro Klasifikasi.

e. Pengukuran pada *propeller*

Pengukuran ini dilakukan untuk memastikan daun *propeller* yang telah di perbaiki ukuranya mendekati sama dengan *record* terakhir pada waktu *docking.*

f. *Balancing* propeller

Setelah dilakukan perbaikan dan perawatan selanjutnya adalah proses *balancing. Balancing propeller* merupakan proses yang dilakukan untuk mengetahui apakah masing-masing daun *propeller* telah seimbang antara daun *propeller* satu dengan daun *propeller* yang lainya. Tujuan dari *balancing* ini adalah agar tidak terjadi torsi yang tidak seimbang pada saat *propeller* berputar yang mana jika dibiarkan terus menerus dapat mengakibatkan getaran yang sifatnya merusak dapat berbahaya dan dapat mengakibatkan kerusakan pada bantalan, kayu poghot pada *stern tube*, kerusakan pada *gland packing*, *intermediate shaft*, dan *bearing* mesin penggerak utama. Proses ini dapat dilakukan secara konvensional atau dengan alat khusus untuk mengecek keseimbangan. Pada *balancing* secara manual dilakukan dengan poros sederhana, langkah-langkah proses balancing sebagai berikut:

1. Pertama yang harus dilakukan adalah menandai semua daun *propeller* menggunakan angka ataupun huruf yang berbeda.
2. 2.Siapkan sebuah poros dengan diameter yang sesuai dengan diameter *boss propeller*.
3. Masukkan poros kedalam *boss propeller* dan berikan pelumas agar putaranya lancar.
4. Berikan pengunci pada kedua sisi poros agar *propeller* tidak lepas ketika diputar.
5. *Propeller* diputar dengan kecepatan tertentu hingga *propeller* berhenti dengan sendirinya.
6. Lakukan langkah tersebut berulang kali hingga *propeller* berhenti dengan sendirinya.

Jika *propeller* berhenti pada satu sisi daun *propeller* setelah dilakukan beberapa kali putaran ternyata salah satu daun selalu berada dibawah, dimana *propeller* berhenti akibat perbedaan masa dari daun *propeller*, maka dapat dipastikan daun tersebut memiliki masa yang tidak sesuai atau lebih berat dari daun- daun *propeller* yang lain, sehingga dapat dikatakan *propeller* tidak *balance.* Untuk mengetahui seberapa banyak kelebihan massa dari daun *propeller* yang tidak *balance* tersebut, dapat dilakukan dengan menambah sedikit masa pada daun lain sebagai penyeimbang. Penambahan berat ini dapat menggunakan besi yang ditempelken menggunakan lem perekat. Setelah ditambah pemberat, selanjutnya *propeller* diputar kembali dan pastikan *propeller* dapat berhenti dengan sendirinya akibat massa dan gravitasi, jika masih belum *balance* juga tambahlah besi pemberat dengan massa yang lebih besar hingga terjadi *balance*, *propeller* telah *balance* maka masa dari daun *propeller* yang tidak balance dapat diketahui dari jumlah massa pemberat yang ditempel sebagai penyeimbang. Massa pemberat ditimbang terlebih dahulu, setelah ditimbang massa pemberat tadi maka daun *propeller* yang tidak *balance* dapat dikurangi dengan proses grinding hingga massa pada daun *propeller* sama dengan massa daun *propeller* yang lain. Setelah

perbaikan *balancing* berhasil dengan baik pada tes *balancing* yang terakhir harus disaksikan oleh biro klasifikasi. Untuk dapat dikeluarkan sertifikatnya, bersama dengan hasil pengukuran yang terakhir harus ditanda tangani oleh biro klasifikasi.

g. Pemindahan *propeller* dari bengkel mesin menuju kapal. Proses pemindahan propeller dari pinggir mesin menuju kapal menggunakan bantuan alat berat, seperti: *overhead cran, rainway crane, crane* yang ada di *dok* apung
   1. Pertama *propeller* yang sudah di *balancing* tadi dilepas dari poros pendek yang digunakan untuk proses baling-baling.
   2. Kemudian sling dibelitkan ke *propeller* dan kaitkan sling ke pengail yang ada pada *overhead crane*.
   3. *Overhead crane* diarahkan ke bagian bengkel perawatan, dari bengkel perawatan dibawah oleh *railway crane*.
   4. Setelah *propeller* sampai disamping dok apung, maka *propeller* diangkat oleh *crane* dok apung, untuk diangkat menuju bagian belakang kapal. Setelah *propeller* berada dibelakang kapal dilanjutkan proses pemasangan *propeller.*

h. Pemasangan *propeller* ke *shaft propeller*
   1. Langkah pertama *propeller* diangkat menggunakan *crane* yang ada pada *dock* apung, kemudian diterima oleh *chain block* 5 ton yang digantung di lambung buritan kapal.
   2. Senterkan *boss propeller* hingga lurus dengan *shaft propeller.*
   3. Sebelum *propeller* dipasang pada *shaft propeller*, ujung pada *tail shaft* dimana *propeller* terpasang harus dibersihkan sebersih mungkin dan setelah bersih diberi pelumas.
   4. *Boss propeller* harus dibersihkan dan diberi pelumas.
   5. Setelah diluruskan, propeller di pasang dengan cara chain block agar *propeller boss* masuk kedalam *propeller shaft*.
   6. Setelah *propeller* terpasang degan benar, pasang nut yang ada pada *shaft propeller*, sebelum dipasang pastikan drat yang ada pada *tail shaft* harus bersih dan mur harus diberi pelumas. Mur dipasang menggunakan kunci khusus *propeller* dan di keraskan menggunakan chain block dengan cara di kaitkan pada pegangan kunci dan di Tarik.
   7. Pengikatan baut di kerjakan dengan cara menyilang hingga sama kuat.

      Dari baut-baut tersebut terdapat lubang baut dimana lubang pada baut tersebut berguna untuk memasang segel yang terbuat dari kawat baja *stainless*, kawat segel berfungsi agar baut tidak kendor pada saat *propeller* berputar.Setelah *propeller* terpasang permukaan daun *propeller* dilumasi dengan minyak agar *propeller* tahan terhadap binatang dan tumbuhan laut.

KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa propeller yang tidak balance disebabkan adanya kerusakan yang terjadi pada propeller antara lain: fouling dalam jumlah yang besar, terjadi pengikisan, adanya keretakan, dan adanya deformasi pada daun propeller. Dan kerusakan tersebut kemungkinan disebabkan oleh beberapa hal: usia komponen yang sudah lama, kelalaian pengoperasian ataupun kelalaian manajemen kapal yang menunda masa maintenance. Propeller yang tidak balance kalau tidak segera ditangani dikawatirkan akan menyebabkan kerusakan pada komponen lain seperti kerusakan pada stern tube yang mengakibatkan kebocoran dan dapat membahayakan kapal

DAFTAR PUSTAKA

Adri Zakky Zain, 2018, *Analisa Perbandingan Propeller Berdaun 4 Pada Kapal Trimaran Untuk Mengoptimalkan Kinerja Kapal Menggunakan Metode CFD*, Jurnal teknik perkapalan UNDIP, Vol. 6, No. 1.

Alfan Dicky Firmansyah, 2012, *Perancangan Controllable Pitch Propeller pada Kapal Offshore Patroli Vessel 80 (OPV80)*, JURNAL TEKNIK ITS Vol. 1, No. 1.

Alif Nur Rochmad, 2021, *Jenis-jenis Propeller pada Kapal*, (https://www.anakteknik.co.id/alifnr798/articles/perang-propeller-mana-yang-lebih-

baik-dari-7-jenis-propeller-ini)

Andi Hendrawan, 2019, *Analisa Penyebab Keausan Poros Baling Baling Kapal*, Jurnal Saintara, Vol. 4, No. 1.

Bambang Kiswono, 20019, *Jenis dan macam-macam dock,* (jenis dok kapal & metode docking | docking.id blog)

Andi Suadi, 2016, *Tinjauan Berbagai Keretakan Pada Poros Propeller Baling-Baling Kapal Dengan Menggunakan Proses Non Destructive Testing,* (https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/poros/article/view/1316)

Bayu Ade Mahaputra, 2020, *Analisis Pengaruh Konfigurasi Perubahan Sudut Rake Propeller B5-80 Terhadap Fatigue Life pada Kapal Kontainer 3600 TEUs*, Jurnal teknik perkapalan UNDIP, Vol. 8, No. 3.

BT, 2019, Pengertian Kavitasi (Cavitasion), https://blogteknisi.com/pengertian-kavitasi-cavitation/

Dwi Setiono, 2019, *Rekayasa Material Pada Pengecoran Propeller Kapal,* (https://dspace.hangtuah.ac.id/xmlui/bitstream/handle/dx/901/Buku%20Monograf.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Farisa Mukti Arta Mevia, 2020, *Galangan Kapal,* (https://wira.co.id/galangan-kapal/amp/)

Fatha Makhrusyah, 2014, *Makalah Propeller,* (https://zdocs.tips/doc/makalah-gamtek-fatha-op0lzl7ezxpy)

Gumoto, 2012, *Pengertian propeller*, (12. BAB 2 awal.rtf REVISI.pdf (unimar-amni.ac.id)

inameq, 2019, *Penyebab kavitasi propeller dan reparasi propeller kapal,* https://inameq.com/propulsion/akibat-yang-itimbulkan-oleh-kavitas-propeller-kapal/#google_vignette

Iqbal shalahudin, 2019, *Mekanisme Fouling pada Membran Mikrofiltrasi Mode Aliran Searah dan Silang*, Jurnal rekayasa proses, Vol. 13, No. 1, pp. 6-15.

Muh. Zainal Abidin, 2012, *Analisa Performance Propeller B-Series dengan Pendekatan Structure dan Unstructure Meshing*, Jurnal teknik ITS Vol. 1, No. 1.

Niken Sarawati dan rekan, 2018, *Perencanaan Strategi Pengembangan Usaha Pada PT. Dok dan Perkapalan Surabaya*, Jurnal teknik ITS Vol. 7, No. 1, pp. 23-35.

P Teuku Rizky, 2019, *Pengujian Kavitasi pada Pemodelan Propeller Tipe B-Series dengan Variasi Jumlah skala laboratorium*, (http://repository.unsada.ac.id/1595/3/3.%20Bab%20II.pdf)

Wilastari, S., & Santoso, B. (2022). Studi Kasus Perbaikan Daun Baling-Baling Kapal tugboad akibat patah dan fouling. *Momentum*, *18*(1), 24–28.

Siproni Umar, 2010, *Pengaruh Proses/Metode Pengecoran terhadap Sifat-sifat Mekanis pada Baling-baling (propeller) Motor Tempel (Ketek)*, (https://jurnal.polsri.ac.id/index.php/austenit/article/view/106)