

Analisa Propeller Yang Tidak Balance dan Pengaruhnya Pada Kinerja Mesin di PT. Gamatara Trans Ocean Shipyard Cirebon

Santhi Wilastari^{1*}, M. Robiatu MV²

^{1,2} Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal, Politeknik Bumi Akpelni
Jl. Pawiyatan Luhur II/17, Bendanduwur, Semarang, Indonesia.

*e-mail korespondensi: santhi@akpelni.ac.id

Abstract

The propeller plays a crucial role in the maritime industry, particularly in ship propulsion systems. However, it often experiences low performance, commonly due to imbalance. So this research aims to determine the damage and handling of unbalanced propellers and their solutions. An early indication of this problem is unstable rotation, which is generally caused by component damage or imbalance. This research highlights the damage found in the propeller and its shaft. The findings reveal significant erosion, wear, and cracking, particularly on the inner part of the shaft and the propeller blades. These damages result in imbalance, which negatively impacts other components and the overall propulsion performance. To address this issue, technical inspection and clarification by the Indonesian Classification Bureau (BKI) are necessary to ensure safety and restore the optimal function of the ship's propulsion system.

Keywords: Propeller, imbalance, damage, erosion, repair.

Abstrak

Propeller memiliki peran penting dalam dunia pelayaran, khususnya dalam bidang perkapalan. Namun, propeller sering mengalami low performance sebagai salah satu gejala umum, terutama pada propeller yang mengalami ketidakseimbangan (unbalance). Sehingga penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kerusakan dan penanganan propeller yang tidak balance beserta solusinya. Indikasi awal dari menurunnya performa propeller adalah putaran yang tidak stabil, yang biasanya disebabkan oleh kerusakan atau ketidakseimbangan komponen. Fokus penelitian ini adalah pada kerusakan yang terjadi pada propeller dan as propeller. Berdasarkan hasil penelitian, ditemukan bahwa banyak komponen propeller maupun as propeller yang mengalami pengikisan (erosi). Beberapa kerusakan yang ditemukan meliputi retakan dan keausan pada bagian dalam as propeller, serta pengikisan pada bagian bilah propeller, yang menyebabkan ketidakseimbangan dan berdampak pada komponen lainnya. Untuk mengatasi masalah tersebut, perlu dilakukan pemeriksaan dan klarifikasi teknis oleh BKI (Biro Klasifikasi Indonesia) sebagai lembaga berwenang, guna memastikan keamanan dan kinerja optimal dari sistem propulsi kapal.

Kata Kunci: Propeller, ketidakseimbangan, kerusakan, perbaikan.

PENDAHULUAN

Propeller pertama kali dibuat di Inggris pada tahun 1680 oleh HOOKE. Kemudian pada sekitar tahun 1804 di Amerika, seorang yang bernama Colonel Stevens mencoba menggunakan propeller pada kapalnya yang mempunyai panjang 7,5 meter. Pada tahun 1828, Russel berhasil pula membuat sebuah propeller untuk dipasang pada sebuah kapal yang berukuran 60 feet atau setara dengan 18,28 meter yang pada saat itu dapat mencapai kecepatan sekitar 6 knot. Tetapi keberhasilan ini belum mendapat perhatian dari sarjana-sarjana Austria dan para pemilik kapal lainnya.

Akhirnya pada tahun 1836, seorang yang bernama PETTIT SMITH dari Inggris mencoba sebuah propeller ciptaannya yang dipasang pada sebuah kapal kayu berukuran 6 ton

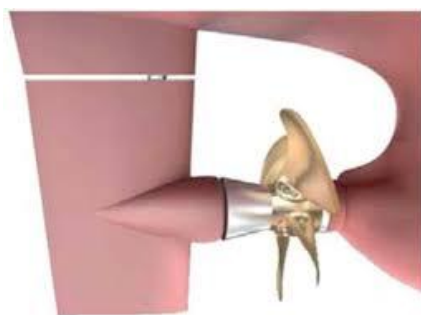
dengan mesin penggerak sebesar 6 HP yang percobaan pertamanya ini dilakukan di *Paddington Canal*, pada percobaan tersebut kapal PETTIT SMITH menabrak kapal lain yang sedang tambat di tepi kanal dan tabrakan ini telah mengakibatkan patahnya sebagian dari daun *propeller* tersebut secara tidak di sangka kapalnya melaju lebih cepat, sehingga dari kejadian tersebut Smith dapat menyempurnakan *propeller* buatannya dengan lebih baik lagi.

Sejak penggunaan pertama kali sampai dengan sekarang, *propeller* sebagai alat penggerak kapal berkembang secara tahap demi tahap. Walaupun demikian saat ini *propeller* merupakan alat penggerak kapal mekanis yang paling banyak digunakan untuk kapal-kapal dari segala ukuran dan jenisnya.

Propeller atau baling-baling kapal adalah sebuah kipas yang dipasang pada poros mesin penggerak kapal yang menghasilkan gaya dorong pada sebuah kapal, sehingga dapat membuat kapal bergerak maju secara umum *propeller* mempunyai beberapa jenis seperti berikut ini :

1. *Fixed Pitch Propeller* (*propeller* biasa atau *propeller* tetap)

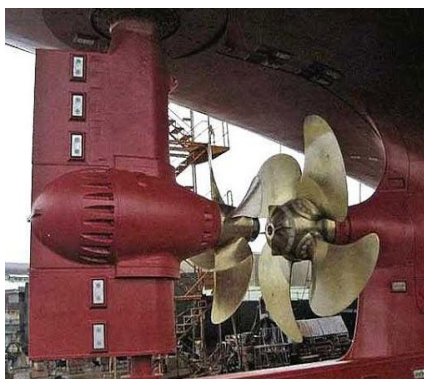
Propeller dengan pitch tetap biasanya digunakan untuk kapal-kapal besar dan kecil dengan RPM menengah dan rendah, dan torsi yang hasilnya tinggi, lebih ekonomis, biasanya di desain secara individual sehingga memiliki karakteristik.



Gambar 1. *Fixed Pitch Propeller*

2. *Controllable Pitch Propeller* (*propeller* yang *pitch* dapat diubah-ubah)

Propeller dengan *pitch* yang dapat diubah-ubah ini merupakan *propeller* kapal yang dikehendaki, diperlukan tenaga hidrolis untuk menggerakkan *pitch*nya. *Controllable pitch propeller* adalah *propeller* yang dapat mengatur atau mengubah *pitch* *propellernya*. *Pitch* adalah jarak aksial yang ditempuh atau diambil oleh *propeller* pada satu kali putaran penuh.



Gambar 2. *Controllable Pitch Propeller*

3. Z Peller

Pada prinsipnya *Z-Peller* prinsip kerjanya sama, yaitu kapal memakai sistem ini tidak dilengkapi dengan daun kemudi, karena seluruh pergerakan kapalnya diatur oleh putaran *propeller* itu sendiri. Dalam hal ini *propeller* berputar sebesar 360^0 .



Gambar 3. *Z Peller*

4. *Propeller* dengan Bolt yang diatur (*Adjustable Bolied Propeller*)

Jenis *propeller* ABP ini merupakan pengembangan dari FPP, dimana daun *propeller* dapat dibuat secara terpisah kemudian di pasang pada *boss propeller* dengan baut, sehingga dapat di stel *pitch*nya pada nilai optimum yang akan dicapai. Dengan pembuatan daun secara terpisah uang pembuatan dapat ditekan (butuh satu cetakan atau *mold* daun *propeller*) termasuk pengirimannya.

Pada pemakaiannya, kondisi *propeller* akan berubah dari bentuk semula bahkan akan terjadi kerusakan. 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*). 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. Sehingga penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kerusakan dan penanganan *propeller* yang tidak *balance* beserta *solusinya*

METODE

Dalam penelitian ini baling-baling yang dijadikan sebagai obyek penelitian adalah baling-baling pada kapal Tug Boat KEITARO III dengan spesifikasi seperti diperlihatkan dalam Tabel 1. Adapun lokasi lokasi penelitian di PT. Gamatara Trans Ocean Shipyard Cirebon

Tabel 1. Spesifikasi baling-baling

Deskripsi	Ukuran
Diameter baling-baling	2150 mm
Tebal bilah daun	50,8 mm
Jumlah bilah daun	4 buah
Terbuat dari	Kuningan

Alat-alat yang digunakan adalah mesin las kuningan, yang digunakan untuk menyambung daun baling-baling. Mesin gerinda digunakan untuk menggerinda permukaan daun. Mesin balancing manual digunakan untuk mensetting agar baling-baling seimbang.

Secara umum proses reparasi *propeller* berdasarkan jenis kerusakan atau permasalahan yang dapat terjadi adalah sebagai berikut :

1. **Pengikisan daun *propeller*.**

- Bersihkan daun *propeller*
- Lakukan penambahan bahan (sesuai material *propeller*) dengan las Pada bagian-bagian *propeller* yang mengalami pengikisan.
- Setelah dilakukan penambahan ketebalan (las popok), selanjutnya digerinda dan dihaluskan permukaan daun *propeller* hingga sesuai dengan kondisi awal dengan bentuk dan ketebalan yang sama.
- Langkah terakhir adalah *balancing propeller*

2. ***Fouling* dalam jumlah besar pada *propeller*.**

- Bersihkan daun *propeller* dengan gerinda hingga semua *fouling* yang menempel dapat terlepas. Pastikan daun *propeller* tidak terkena gerinda pada proses ini.
- Untuk sisa-sisa *fouling* yang masih menempel dapat dibersihkan dengan cairan kimia yang mendapatkan sertifikasi.
- Langkah terakhir adalah meratakan permukaan daun *propeller* dengan gerinda.

3. **Keretakan pada daun *propeller*.**

- Pada bagian yang retak dipotong dan diganti dengan plat baru dengan ketebalan dan jenis material yang sesuai dengan *propeller*, penyambungan dilakukan dengan cara dilas.
- Setelah disambung, kemudian digrinda (pada sambungan) sampai permukaannya halus dan ketebalan sesuai dengan ketebalan *propeller*.
- Langkah terakhir adalah *balancing propeller*.

4. **Bengkokan/bending dan patah pada daun *propeller*.**

- Apabila bengkokan yang terjadi tidak begitu parah, maka daun *propeller* dapat diluruskan kembali dengan cara dipanaskan dan dipukul merata atau dipres hingga rata, yang harus diperhatikan adalah sudut rake *propeller*, pastikan tidak terjadi perubahan sudut.
- Jika bengkokan yang terjadi cukup parah, maka sisi daun *propeller* tersebut harus dipotong dan disambung lagi dengan plat yang memiliki bahan dan ketebalan yang sama. Penyambungan dilakukan dengan las.
- Pada sisi penyambungan digerinda hingga halus dan ketebalannya sesuai dan pada sisi tip *propeller* dibentuk sesuai dengan bentuk awal (dengan grinda).
- Selanjutnya *propeller* *dibalancing*.

5. **Proses pemotongan *blade propeller*.**

- Proses pemotongan *blade propeller*, penyebab terjadinya pemotongan ini diakibatkan karena kerja engine menggerakkan *propeller* terlalu berat sehingga *engine* menjadi *overheat* dan merusak sebagian sensor panas yang dipasang pada sistem transmisi

kapal. Solusi agar masalah ini terselesaikan adalah melakukan pemotongan sehingga mengurangi diameter propeller dan sesuai dengan beban yang mampu ditanggung engine.

- b. Persiapan sebelum pemotongan adalah pembuatan mal yang telah disesuaikan dengan bentuk dan ukuran yang diinginkan. Mal yang dipakai disini terbuat dari kertas sampul, langkah pertama pemotongan adalah meletakkan mal pada *blade* yang akan dipotong kemudian dibuat pola sesuai mal pada blade menggunakan spidol.
- c. Pemotongan dilakukan pada ujung blade sesuai dengan tujuan awal yaitu mengurangi diameter. Alat yang digunakan adalah gerinda potong dan orang yang berhak melakukan proses ini harus memiliki sertifikat dari klas.

Untuk mempermudah proses pemotongan bagian yang akan dipotong dibagi beberapa potongan kecil. Setelah semua bagian terpotong maka langkah selanjutnya bagian ujung *blade* yang terpotong tadi dihaluskan menggunakan amplas atau gerinda, seluruh blade juga dipoles menggunakan gerinda supaya terlihat rapi dan **Balancing Propeller**. Setelah dilakukan perbaikan di atas selanjutnya adalah proses *balancing propeller*. *Balancing propeller* merupakan proses yang dilakukan untuk mengetahui apakah masing-masing daun *propeller* telah seimbang satu dengan yang lainnya. Tujuan dari *balancing* ini adalah agar tidak terjadi torsi yang tidak seimbang pada saat *propeller* berputar yang mana jika dibiarkan terus dapat mengakibatkan deformasi atau lenturan pada poros *propeller* dan getaran yang sifatnya fluktuatif dan merusak, sehingga dapat membahayakan.

Proses *balancing propeller* ini dapat dilakukan secara konvensional atau dengan alat khusus pengecek getaran dan keseimbangan. Pada *balancing* secara manual dilakukan dengan menggunakan poros sederhana. Langkah-langkahnya sebagai berikut :

- a. Siapkan sebuah poros panjang dengan diameter yang sesuai dengan diameter bos *propeller*. Biasanya ukuran poros ini sudah tersedia di pasaran dengan ukuran yang sesuai dengan diameter *hub propeller*
- b. Masukkan poros tersebut ke dalam *hub propeller* dan berikan sedikit pelumas agar putarannya lancar.
- c. Berikan pengunci pada kedua sisi poros agar *propeller* tidak terlepas ketika diputar.
- d. Putar daun *propeller* dengan kecepatan tertentu hingga *propeller* berhenti dengan sendirinya akibat massa *propeller* dan gaya gravitasi.
- e. Lakukan langkah di atas beberapa kali hingga *propeller* berhenti dengan sendirinya.
- f. Jika *propeller* berhenti pada satu sisi daun *propeller* setelah dilakukan beberapa kali putaran (salah satu daun selalu berada dibawah) dimana *propeller* berhenti akibat perbedaan massa dari daun *propeller*, maka dapat dipastikan daun tersebut memiliki massa yang tidak sesuai (lebih berat) dari daun *propeller* yang lain. Sehingga dapat dikatakan *propeller* tersebut tidak *balance*.

Untuk mengetahui seberapa banyak kelebihan massa dari daun *propeller* yang tidak *balance* tersebut, dapat dilakukan dengan menambahkan sedikit massa pada ujung daun *propeller* lain sebagai penyeimbang. Pemberat ini dapat menggunakan malam. Setelah diberi pemberat, selanjutnya *propeller* diputar kembali dan pastikan *propeller* dapat berhenti dengan sendirinya akibat massa dan gravitasi, jika masih belum *balance* tambahkan massa pemberat hingga terjadi *balance*. Ketika *propeller* telah *balance* maka massa dari daun *propeller* yang tidak *balance* dapat diketahui dari jumlah massa malam yang ditempelkan tadi sebagai penyeimbang. Dari massa tersebut kemudian dilakukan proses grinding hingga massa daun *propeller* dikurangi sejumlah massa malam pemberat. Proses *balancing* dengan computer dapat memberikan hasil yang lebih presisi dimana *propeller* diputar dengan kecepatan yang dapat dikontrol, dan tingkat getarannya dapat dikontrol hingga kecepatan tinggi



Gambar 4. *Adjustable Bolied Propeller*

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Perbaikan dan penanganan *propeller* yang tidak *balance* dan solusinya Perbaikan dan penanganan pada sebuah *propeller* dikarenakan dari terjadinya kerusakan-kerusakan yang dialami oleh *propeller* itu sendiri, sehingga dapat mengganggu kinerja sebuah mesin penggerak kapal yang berada di kamar mesin. Selain dapat mengganggu kinerja sebuah mesin penggerak utama kapal, kerusakan *propeller* juga dapat mengakibatkan getaran pada sebuah kapal bila sedang dalam pelayaran.

Perbaikan dan penanganan diadakan pada saat *docking survey*, yaitu saat kapal diatas *docking* untuk diperiksa *class*, dimana akan diketahui bagian-bagian kapal masih layak laut atau tidak, seperti :

- a. Plat tidak diperiksa untuk mengetahui apakah plat dari kapal layak digunakan atau harus diganti dengan plat yang baru.
- b. *Gretting sea chest* dibuka dan diperiksa apakah masih bersih atau banyak *fouling* yang menempel. Serta memeriksa zink anode yang ada di dalamnya.
- c. *Propeller* wajib dicek terutama pada bagian daun *propeller* apakah masih bagus atau sudah terkena erosi, dan juga bengkok. Jika diketahui ada kerusakan pada daun *propeller* maka *propeller* harus di lepas dan diadakan perbaikan. Akan tetapi pada *special survey* 5 tahunan kapal berada di atas *docking*, *propeller* wajib dicabut dan harus segera dilaksanakan perbaikan dan penanganan, disamping *propeller* harus dicabut, *propeller shaft* atau *tail shat* harus dilepas, guna pemeriksaan *stern tube* dan tali *shaftnya*.

Solusi Penanganan Pada *Propeller* Yang Tidak *Balance*

- a. Membersihkan *propeller* yang dipenuhi *fouling* atau tiram-tiram laut, proses ini dikerjakan dengan menyekrap daun dan disemprot dengan *water jet*. Proses pemberian ini dilakukan saat *propeller* masih terpasang pada poros atau *shaft* dari *propeller*.
- b. Siapkan peralatan yang digunakan untuk melepas *propeller*, seperti :
 1. *Acytellin brander*
 2. *Hammer* besar
 3. Kunci khusus *propeller*
 4. *Chain block* 5 ton sebanyak 4 buah
 5. Balok kayu
 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* yang besar dengan bantalan kayu agar pukulan tidak merusak dari pada *cone* tersebut.
 4. Melepas 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 *wayer 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 untuk di tangani.
 - e. Setelah dibawa ke bengkel mesin, *propeller* diadakan penanganan dan perbaikan sesuai dengan jenis kerusakan yang ada pada *propeller*.
2. Penanganan dan Perbaikan *Propeller* pada Bengkel
- Secara umum proses reparasi *propeller* berdasarkan jenis kerusakan atau permasalahan yang dapat terjadi adalah sebagai berikut :
- a. *Fouling* dalam jumlah besar
 1. Pertama yang harus dikerjakan adalah membersihkan *fouling* tadi dengan menggunakan sekrap hingga semua *fouling* yang masih menempel pada daun *propeller* terlepas,
 2. Menggerinda daun *propeller* hingga bersih.
 3. Langkah berikutnya dilakukan *indicator cracking* untuk mengetahui apakah ada yang retak pada daun *propeller* tersebut.
 - b. Perbaikan pengikisan daun *propeller* (EROSI)

Hal pertama yang perlu dilakukan adalah membersihkan bagian-bagian *propeller* terutama bagian *blade*. Pembersihan menggunakan mesin gerinda listrik dengan *cup brus*. Pemberian mesin dilakukan hingga metal dari *propeller* terlihat bersih, dari sini akan terlihat bagian-bagian *propeller* yang rusak.

 1. Selanjutnya melakukan penambahan bahan (sesuai material *propeller*) dengan di las pada bagian ujung *propeller* yang mengalami pengikisan.
 2. 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 *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 yang ada di bengkel atau *workshop*.
 2. Mengebor kedua ujung keretakan daun *propeller*.

3. Menggerinda berbentuk “X” pada alur keretakan untuk pengisian pengelasan.
 4. Proses selanjutnya adalah melakukan pengelasan untuk menambal permukaan daun *propeller* yang sudah di bor dan di gerinda. Pengelasan menggunakan brander *acyteline* dan memakai *electrode* material yang sesuai (*bronze mangan* atau *bronze phosphor*).
 5. Setelah selesai pengelasan, pendinginannya 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. Jika sudah tidak ada keretakan dilanjutkan dengan proses pengukuran ketebalan disesuaikan terhadap daun *propeller* yang kondisinya baik.
 9. Langkah terakhir sebagai *finishing* perbaikan dilakukan proses *balancing* yang disaksikan oleh Biro Klasifikasi.
- d. Penanganan pada daun *propeller* yang deformasi (bengkok pada bagian ujung daun *propeller*).
- Untuk melakukan perbaikan pada daun *propeller* yang bengkok atau rusak pada ujungnya, tahap penanganannya adalah sebagai berikut :
1. Bagian daun *propeller* yang rusak harus di potong 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 mendekati bentuk semula.
 3. Setelah selesai pengelasan, pendinginannya harus secara natural, artinya tidak diperbolehkan menggunakan media air atau tekanan angin.
 4. Kemudian diadakan penggerindaan untuk mengetahui adanya bagian yang kurang rata atau cekung, perlu diadakan pengelasan tambahan dan penggerindaan hingga rata.
 5. Selanjutnya harus diadakan *colour cracking test* atau pengecekan 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* adalah perbaikan dilakukan proses *balancing* yang disaksikan oleh Biro Klasifikasi.
- e. Pengukuran pada *propeller*
- Pengukuran ini dilakukan untuk memastikan daun *propeller* yang telah diperbaiki ukurannya mendekati sama dengan *record* terakhir pada waktu *docking*.
- f. *Balancing propeller*
- Setelah dilakukan perbaikan dan penanganan selanjutnya adalah proses *balancing*. *Balancing propeller* merupakan proses yang dilakukan untuk mengetahui apakah masing-masing daun *propeller* telah seimbang antara daun *propeller* yang satu dengan daun *propeller* yang lainnya. Tujuan dari *balancing* ini adalah agar tidak terjadi torsi yang tidak seimbang pada saat *propeller* berputar yang mana jika dibiarkan terus menerus, maka 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.



Gambar 5. *Gland packing*

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* pada PT. Gamatara trans ocean shipyard (Persero) adalah sebagai berikut :

1. Pertama yang harus dilakukan adalah menandai semua daun *propeller* menggunakan angka ataupun huruf yang berbeda.
2. Siapkan sebuah poros dengan diameter yang sesuai dengan diameter *boss propeller*.
3. Masukkan poros ke dalam *boss propeller* dan berikan pelumas agar putarannya 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.
7. Jika *propeller* berhenti pada satu sisi daun *propeller* setelah dilakukan beberapa kali putaran ternyata salah satu daun selalu berada di bawah, dimana *propeller* berhenti akibat perbedaan masa dari daun *propeller*, maka dapat dipastikan daun tersebut memiliki masa yang tidak sesuai atau lebih berat dari daun *propeller* yang lainnya, sehingga dapat dikatakan *propeller* tersebut tidak *balance*.

Untuk mengetahui sebesar apa banyak kelebihan dari massa dari daun *propeller* yang tidak *balancing* tersebut, maka dapat dilakukan dengan menambah sedikit massa pada daun *propeller* yang lain sebagai penyeimbang. Penambahan berat ini dapat menggunakan besi yang ditempelkan lem perekat. Setelah ditambah pemberat, selanjutnya *propeller* dapat berhenti dengan sendirinya akibat massa dan gravitasi, jika masih belum *balance* juga maka tambahkan besi pemberat dengan massa yang lebih besar hingga terjadi *balance*, jika *propeller* telah *balance*, maka massa dari daun *propeller* yang tidak *balance* tadi 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 ditandatangani oleh Biro Klasifikasi.

g. 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 :

1. *Radiography Test*
2. *Dye Penetrant Test*
3. *Ultrasonic Flaw Detector*
4. *Holiday Detector*

Jenis NDT yang digunakan para *class* di PT. Gamatara trans ocean shipyard (Persero) adalah dengan menggunakan *Dye Penetrant Test*.



Gambar 4. NDT *Dye Penetrant Test*

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

h. Pemindahan *propeller* dari bengkel mesin menuju kapal

Proses pemindahan *propeller* dari pinggir mesin menuju kapal menggunakan bantuan alat berat seperti :

- *Overhead crane*
 - *Railway crane*
 - *crane* yang ada di dok apung
1. Pertama *propeller* yang sudah di *balancing* tadi di lepas 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, dari bengkel lalu dibawa oleh *railway crane*.
 4. Setelah *propeller* sampai di dok apung, maka *propeller* diangkat oleh *crane* dok apung, untuk diangkat menuju bagian belakang kapal. Setelah *propeller* berada di belakang kapal dilanjutkan ke proses pemasangan *propeller*.

i. Pemasangan *propeller* ke *shaft propeller*

1. Langkah pertama *propeller* diangkat menggunakan *crane* yang ada pada dok 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* di pasang pada *shaft propeller*, ujung pada tali *shaft* dimana *propeller* terpasang harus dibersihkan sebersih mungkin dan setelah bersih diberikan pelumas.
4. *Boss propeller* harus dibersihkan dan diberi pelumas.
5. Setelah di luruskan, *propeller* di pasang dengan cara *chain block* agar *propeller boss* masuk kedalam *propeller shaft*.
6. Setelah *propeller* terpasang dengan 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 dikeraskan menggunakan *chain block* dengan cara dikaitkan pada pegangan kunci dan ditarik.
7. Pengikatan baut di kerjakan dengan cara menyilang hingga sama kuat.
8. 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.
- j. Langkah terakhir yaitu melakukan *sea trial*
Sea trial dilakukan setelah kapal dinyatakan selesai *docking* dan kapal sudah turun ke air, *sea trial* atau disebut juga dengan uji coba pelayaran adalah inspeksi terakhir sebelum kapal diizinkan berlayar dan memiliki sertifikat dari kelas. Kapal akan di uji dengan serangkaian tes untuk mengetahui kelayakannya pada kondisi berlayar. *Sea trial* percobaan kapal terhadap mesin penggerak utama dengan kecepatan normal atau *economist speed* operasional, diperiksa seluruhnya seperti generator, mesin penggerak utama, bantalan poros *propeller*, *intermediate shaft*, *stern tube propeller*. Yang mengenai penunjang pengoperasian kapal pada waktu *sea trial* kapal akan diuji dengan percobaan-percobaan yang sama sebagai berikut:
 - a. *Speed Test*
Kapal akan di uji coba secara bertahap melalui *dead slow* hingga *full away*, dan setiap tahap kecepatan di periksa apakah dalam setiap tahap ada kendala atau tidak.
 - b. *Endurance Test*
Chief Engineer memeriksa seluruh bagian oil atau minyak lumas, untuk mengetahui minyak lumas masih banyak dan masih baik, jadi jika oli berkurang berarti ada kebocoran di *seal* atau *gland packing*.
 - c. *Steering Test*
Tes kemudian terdiri dari dua jenis pengujian, yaitu main *steering gear* dan *emergency steering test*.

SIMPULAN

Studi kasus tentang perbaikan dan penanganan *propeller* yang tidak *balance* dan solusinya telah dipaparkan. Jenis kerusakan terjadi pada *propeller* adalah: *fouling*, erosi dan keretakan. Perbaikan dilakukan dengan cara pembersihan penambahan bahan dan terakhir proses balancing. Hasil perbaikan sudah sesuai standard sehingga baling-baling siap digunakan untuk berlayar. Ke depan, perlu dilakukan kajian mendalam tentang pengaruh perbaikan ini terhadap kinerja kapal.

DAFTAR PUSTAKA

- Adji S.W, Propeller Design. 1999. *“Teknik Sistem Perkapalan Surabaya”*
- Eko Julianto Sasono, 2009, *“Pemakaian Baling-Baling Bebas Putar (Free Rotating Popeller) Pada Kapal”*
- Eko Setyo Laksono, 2017, *“Proses perbaikan dan perawatan propeller pada kapal tunda selat siberut di dry dock galangan PT Rukindo Jakarta”*
- Firstdhitama, W. 2018. *Perencanaan Reparasi Kapal Ferry Untuk Efisiensi Waktu Docking Dengan Metode Flash* (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).
- Laksmiana, Viki Indra. *Analisa Pengaruh Variasi Temperatur Pelarut dan Waktu Aging Pada Proses Perlakuan Panas T6 Komposit Aluminium 2075, Abu Dasar Batu Bara Sebagai Bahan Dasar Propeller Tiga Daun Terhadap Kekerasan dan Kekuatan Tarik*. 2019. PhD Thesis. Untag 1945 Surabaya.
- Muhammad Rif'an, 2009 *“Perawatan-Dan-Perbaikan-Propeller docx”*
- Munawir, A., Rubiono, G., & 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).
- Naval Lovers. 2009. *“reparasi-propeller”* <https://www.maritimeworld.web.id/2011/04/macam-macam-jenis-propeller-baling.html?m=1>
- Setiawan, Y. 2004. *Menentukan Ukuran Utama Yang Optimal Untuk Propeller B-Series Menggunakan Open Water Diagram* (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).
- Tutu, Smith. 2015. *“Kerusakan Pada Baling-Baling Kapal”*, smithship.blogspot.com