



Department of Digital Business

Journal of Artificial Intelligence and Digital Business (RIGGS)

Homepage: <https://journal.ilmudata.co.id/index.php/RIGGS>

Vol. 4 No. 2 (2025) pp: 1993-1999

P-ISSN: 2963-9298, e-ISSN: 2963-914X

Identifikasi Kerusakan Pada *Cargo Oil Pump* Framo Di Kapal MT Bintulu

I Ketut Pria Noviantara¹, Eko Prayitno², Kuntoro Bayu Ajie³, Agus Prawoto⁴, Azis Nugroho⁵

^{1,2,3,4,5} Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal, Politeknik Pelayaran Surabaya

abiira107@gmail.com, ekopravitno877@gmail.com, kuntoro.bayu@poltekpel-sby.ac.id, prawotoagus35@gmail.com,

azis.nugroho@poltekpel-sby.ac.id

Abstrak

Pompa adalah mesin di atas kapal yang berfungsi untuk memindahkan cairan dari tempat rendah ke tempat yang lebih tinggi atau memindahkan cairan dari tempat bertekanan rendah ke tempat bertekanan tinggi. Faktor penting dari pompa adalah kualitas minyak pelumas. Oli hidrolis adalah cairan khusus yang digunakan untuk mentransfer daya dalam sistem hidrolis. Oli hidrolis ini memiliki fungsi untuk melumasi, memindahkan, dan melindungi komponen dalam sistem hidrolis. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dampak kontaminasi air terhadap kinerja dan kerusakan pompa minyak kargo Framo di atas kapal MT. Bintulu. Penelitian ini menggunakan analisis deskriptif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa keberadaan air dalam cairan hidrolis dapat mempercepat keausan pompa, meningkatkan tingkat kerusakan komponen seperti segel dan bantalan, serta mengurangi efisiensi sistem secara keseluruhan. Oleh karena itu, deteksi dan pencegahan kontaminasi air dalam oli hidrolis sangat penting untuk menjaga kinerja dan masa pakai pompa hidrolis Framo. Pentingnya prosedur pemeliharaan dan penggantian cairan hidrolis secara berkala direkomendasikan.

Kata kunci: Cargo Oil Pump, Hidrolis, Kapal, Pompa

1. Latar Belakang

Kapal didefinisikan sebagai kendaraan air dengan bentuk dan jenis tertentu, yang digerakkan dengan tenaga angin, tenaga mekanik, energi lainnya, ditarik atau ditunda, termasuk kendaraan yang berdaya dukung dinamis, kendaraan di bawah permukaan air, serta alat apung dan bangunan terapung yang tidak berpindah-pindah (Kemenhub, 2008). Kapal memiliki struktur khusus yang digunakan untuk membawa orang atau muatan berupa barang di dalam box, maupun cairan, dari satu tempat ke tempat yang lainnya.

Salah satu jenis kapal yang berfungsi untuk mengangkut muatan berupa cairan adalah kapal tanker. Kapal tanker dirancang untuk mengangkut muatan berupa cairan seperti minyak. Kapal tanker adalah jenis kapal niaga yang dirancang khusus untuk mengangkut cairan dalam jumlah besar. Muatan kapal tanker bisa berupa minyak mentah (*crude oil*), produk olahan minyak bumi (seperti bensin, solar), bahan kimia cair, atau gas alam cair (LNG/LPG). (Eyres, 2006). Berdasarkan definisi dari Kementerian Perhubungan, Kapal Tangki Minyak atau disebut juga *Oil Tanker* adalah Kapal yang dibangun dan dipergunakan untuk mengangkut minyak bumi dan produk dari minyak bumi secara curah (PM Kemenhub No 26, 2022).

Muatan cair yang diangkat oleh kapal tanker mewajibkan adanya pompa dalam proses bongkar muat. Pompa merupakan permesinan di atas kapal yang secara umum berfungsi untuk memindahkan suatu cairan dari tempat rendah ke tempat yang lebih tinggi atau memindahkan cairan dari tempat yang bertekanan rendah ke tempat yang tekannya lebih tinggi. Di atas kapal ada beberapa jenis pompa beserta sistem kerja pompanya (Saputra, 2021), diantara jenis pompa yang digunakan adalah gear pump. Gear pump biasa digunakan dalam sistem pelumasan mesin dan sistem bahan bakar. Untuk pompa jenis pompa sentrifugal digunakan untuk sistem pendinginan mesin induk maupun permesinan bantu. Terdapat jenis pompa lain yang khusus untuk proses bongkar muat kapal tanker. Jenis pompa tersebut adalah pompa submersible yang hanya digunakan untuk proses discharging muatan (pompa cargo). Pada studi kasus dalam penelitian ini, di kapal tanker MT. Bintulu, pompa yang digunakan di atas kapal adalah jenis pompa *submersible* merk Framo *Submerged Cargo Pump*.

Pompa cargo menggunakan hydraulic oil sebagai penggerak motor pompa. Minyak pelumas hidrolis merupakan cairan khusus yang di pakai untuk men-transfer tenaga dalam sistem hidraulik. Minyak pelumas hidrolis ini memiliki fungsi untuk melumasi, menggerakkan, dan melindungi komponen dalam sistem hidraulik. Minyak pelumas hidrolis biasanya memiliki warna bening dengan tekstur yang kental. Studi kasus penelitian mengambil

permasalahan pada praktek berlayar di kapal MT. Bintulu pada tanggal 9 Agustus 2023. Permasalahan terjadi saat discharge cargo terdapat kebocoran pada pipa hidraulik. Oli hidraulik tersebut telah terkontaminasi dengan air hujan. Minyak tersebut kemudian ditampung kembali ke dalam drum bekas, lalu dimasukan lagi kedalam hydraulic tank. Minyak dari tangki tersebut kemudian ditransfer ke pompa cargo untuk digunakan lagi. Oli hidraulik tersebut sudah tercampur dengan air. Peneliti sebelumnya menyatakan bahwa kontaminasi pada minyak hidrolis menyebabkan kerusakan pada pompa cargo (Haryadi, 2019). Berdasarkan uraian di atas, maka peneliti memaparkan penelitian dengan judul “Identifikasi Kerusakan *Cargo Oil Pump* Framo di Kapal MT Bintulu”.

Pompa adalah alat mekanis yang dapat menggerakkan fluida baik berupa cairan ataupun gas, melalui pipa atau saluran dengan gaya mekanis. Prinsip kerja pompa adalah untuk mengubah energi dari sumber penggerak, seperti motor listrik atau mesin diesel, menjadi tekanan atau energi kinetik pada fluida. Pompa terbagi menjadi dua kategori utama menurut prinsip kerjanya adalah: Displacement Pumps dan Dynamic Pumps (Lunde, 2020).

Menurut Priyanto (2021), Perpindahan energi mekanis menjadi energi fluida dilakukan oleh penggerak seperti motor listrik atau mesin diesel. Sehubungan dengan jenis cairan yang digunakan dan kapasitas yang dibutuhkan, pompa centrifugal dan pompa positive displacement adalah dua tipe pompa yang paling umum digunakan dalam sistem ini. Jenis pompa cargo yaitu, pompa sentrifugal, *screw*, *piston*, *gear* dan pompa vakum.

Framo adalah merek yang terkenal dalam teknologi pompa hidrolis dan mengkhususkan diri dalam membuat pompa dan penggerak hidrolis yang sangat efisien; komponen ini digunakan dalam berbagai aplikasi industri, terutama pada kapal laut dan sistem kelautan. Kapal tanker dan kapal lainnya yang membutuhkan sistem pengangkut menggunakan sistem ini. Prinsip kerja pompa minyak pelumas hidrolis ini adalah berdasarkan perbedaan tekanan. Ketika minyak pelumas hidrolis masuk ke dalam ruang pompa bertekanan, ia akan menggerakkan piston dan komponen penggerak lainnya, menghasilkan energi mekanik yang diperlukan untuk beroperasinya mesin lainnya dalam sistem hidrolis.

Berikut adalah komponen-komponen pompa yang berkaitan erat dengan kinerja pompa. Malfungsi dari komponen tersebut akan berdampak kepada penurunan kinerja bahkan bisa menyebabkan kegagalan kerja pompa.



Gambar 1. Hydraulic oil motor
(Sumber: <https://www.hydromot.lu/en/MP100COD.html>)

Motor minyak pelumas hidrolis biasanya digunakan pada alat berat seperti excavator, forklift, dan sistem transmisi hidrolis pada kendaraan khusus. Perangkat ini mengubah tekanan fluida hidrolis menjadi energi mekanik rotasional melalui prinsip aliran fluida bertekanan tinggi. (Masryukan et al, 2021)



Gambar 2. Ball bearing
(Sumber: <https://www.britannica.com/technology/ball-bearing>)

Ball bearing, juga disebut bantalan bola, adalah komponen mekanis yang menggunakan elemen berbentuk bola sebagai medium utamanya untuk mengurangi gesekan antara dua bagian yang bergerak relatif. Dia berfungsi untuk menopang beban radial dan aksial dalam sistem mekanik. Bola *bearing* biasanya digunakan pada mesin industri, kendaraan, dan perangkat elektronik karena efisiensi energi, presisi, dan daya tahan. (Riva'I, 2021)



Gambar 3. *Mechanical Seal*

(Sumber: <https://www.devsaan.co.id/product/ksb-syt-Mechanical-seal-crsic-ptfe-35-35-mm-p1135212.aspx>)

Mechanical seal adalah bagian penting dari sistem transportasi fluida karena membantu mencegah kebocoran cairan atau gas pada poros berputar dan casing stasioner peralatan. Ini dilakukan dengan membuat segel antara dua permukaan, dengan satu bergerak mengikuti poros dan yang lain diam pada casing. *Mechanical seal* melakukan banyak hal, seperti mencegah kebocoran, mengurangi gesekan, mempertahankan tekanan, dan melindungi sistem dari unsur-unsur luar (Ariyanto, 2020)



Gambar 4. O-Ring

(Sumber: <http://id.svks-oilseal.com/o-rings/nbr-o-rings/nitrile-viton-silicon-rubber-o-ring.html>)

Menurut Singh dan Kumar (2021), Keunggulan O-ring termasuk kemudahan instalasi, biaya produksi yang rendah, dan kemampuan menyegel yang luar biasa dalam berbagai kondisi tekanan. Namun, efektivitas O-ring bergantung pada material yang tepat, desain alur, dan kondisi operasional, seperti suhu dan tekanan. (Permana, 2010)



Gambar 5. *Wear ring*

(Sumber: <https://www.polmix-ast.pl/s-valve-unit/wear-rings/>)

Wear ring adalah cincin pelindung yang biasanya terbuat dari bahan yang tahan aus dan ditempatkan diantara elemen berputar (rotor atau *impeller*) dan elemen diam (casing) dalam pompa. Fungsi utama *wear ring* adalah untuk mencegah kontak langsung antara komponen yang bergerak dan yang tetap, sehingga mengurangi keausan dan mempertahankan efisiensi pompa. Dengan adanya *wear ring*, celah antara *impeller* dan casing dapat diperkecil, sehingga pompa menjadi lebih tipis (Sumarno P.S., 2018)



Gambar 6. *Shaft* Pompa

(Sumber: <https://padiumkm.id/product/shaft-for-auxiliary-sw-cooling-pump-type-ilc-65125/66730431497e629ffb22a5ab>)

Menurut Priyanto (2021), Untuk memastikan keandalan pompa, pemilihan material dan desain *shaft* sangat penting. *Shaft* pompa harus memiliki kekuatan mekanis yang tinggi, ketahanan terhadap korosi, dan stabilitas dimensi yang baik. Selain itu, kegagalan mekanis, seperti retak atau korosi, dapat mengganggu seluruh sistem. (Iskandar, 2022)



Gambar 7. *Impeller* Pompa

(Sumber: <https://id.flslurrypump.com/slurry-pump/centrifugal-pump-impeller.html>)

Impeller adalah bagian penting dari pompa sentrifugal dan terdiri dari cakram dengan bilah-bilah, atau *blade*, yang dirancang sedemikian rupa untuk mengalirkan fluida dalam gaya sentrifugal. *Impeller* sangat penting dalam aplikasinya karena menentukan kapasitas aliran, tekanan, dan efisiensi pompa. (Jurnal Sains dan Seni ITS, 2015)

Oli atau sering disebut pelumas, adalah zat cair yang digunakan untuk mengurangi gesekan antara dua permukaan yang bergerak saling bergesekan, mencegah keausan, dan menjaga suhu mesin stabil. Oli melapisi komponen mekanis, sehingga pergerakan menjadi lebih halus dan efisien, dan juga membantu mencegah korosi dan membersihkan kotoran dari mesin. Ada dua jenis oli, yaitu oli pelumas dan minyak pelumas hidrolik (Prasetya, 2014)

Gravitasi spesifik air adalah 1,00. Definisi gravitasi spesifik adalah rasio antara densitas suatu zat dengan densitas air pada suhu dan tekanan yang sama. Sedangkan gravitasi spesifik oli bervariasi tergantung pada jenis dan komposisi oli tersebut. Secara umum, gravitasi spesifik oli biasanya berada dalam kisaran 0,85 hingga 0,95. Ini berarti bahwa oli lebih ringan daripada air, yang memiliki gravitasi spesifik sebesar 1. (Jiang, 2019)

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kualitatif, dimana analisis data dilakukan secara induktif berdasarkan fakta-fakta yang diperoleh di lapangan. Data yang dikumpulkan kemudian diolah dan dirumuskan menjadi teori. Hasil penelitian dengan metode ini disajikan dalam bentuk narasi, yang memberikan penjelasan deskriptif mengenai temuan secara terperinci. Pendekatan kualitatif ini berfokus pada penggunaan berbagai metode, bersifat alami dan holistik, mengutamakan aspek kualitas, serta disajikan dalam bentuk narasi dalam penelitian ilmiah. (Sugiyono., 2019)

3. Hasil dan Diskusi

Berdasarkan kondisi di lapangan didapati kinerja dari hydraulic pump frame pada kapal MT. Bitulu menurun dikarenakan kualitas minyak pelumas hidrolik yang sudah tercampur air dan menyebabkan kerusakan pada hydraulic pump frame. Pada tanggal 20 November 2023 saat kapal akan melakukan loading cargo, surveyor melakukan inspeksi pada tangki muatan. Terdapat kebocoran pada pompa cargo di no 2 *port side*. Kemudian surveyor melapor pada *chief officer* dan *2nd Engineer* (Masinis 2), saat melakukan pengecekan ke dalam tangki

DOI: <https://doi.org/10.31004/riggs.v4i2.783>

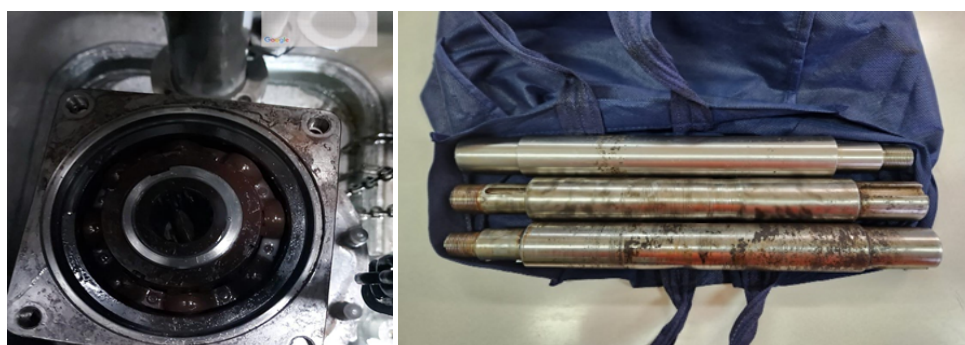
Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

muatan, sudah terdapat banyak minyak pelumas hidrolis yang keluar dari pompa cargo. Masinis 2 memberi arahan agar menutup kran *inlet* dan *outlet* pada tangki minyak pelumas hidrolis agar tidak banyak oli yang terbuang. Kemudian melakukan pengecekan pada pompa dengan membongkar pompa dan mengecek pompa tersebut, ternyata terdapat kerusakan pada *Mechanical seal* nya. Kemudian *2nd Engineer* melakukan perbaikan dengan mengganti *Mechanical seal* yang baru. setelah di ganti lalu dilakukan pengetesan untuk memastikan oli tidak ada yang keluar lagi, setelah melakukan pengetesan pompa berjalan seperti normal.



Gambar 8. Kebocoran Minyak pelumas hidrolis Dari Pompa
 (Sumber: Dokumen MT. Bintulu)

Pada tanggal 19 February 2024, saat kapal berlayar dari Balikpapan menuju Pelabuhan Dumai, *crew deck* melakukan kegiatan *mooping* atau *tank cleaning*. Aktivitas rutin setelah melakukan proses bongkar muat. *Crew deck* mendapati kebocoran lagi pada pompa cargo tank no 4 *port side*, kebocoran itu disebabkan karena *shaft* pompa yang sudah aus, *Mechanical seal* yang pecah, dan *bearing* sudah karat. Perbaikan dilakukan dengan mengganti komponen yang rusak dengan suku cadang baru. Setelah melakukan pergantian, pompa cargo dilakukan pengetesan untuk mengetahui apakah pompa sudah berjalan dengan baik dan tidak terdapat kebocoran lagi.



Gambar 9. Kerusakan *Bearing* Dan Keausan *Shaft* Pompa
 (Sumber: Dokumen MT. Bintulu)

Pada tanggal 25 maret 2024, kapal melakukan proses *docking* untuk mengganti minyak pelumas hidrolis yang sudah tercampur air dengan oli hidrolis yang baru sebanyak 5 ton. Melakukan *overhaul* pada semua *cargo pump* framo untuk memastikan kerusakan yang ada didalam pompa. Setelah melakukan proses *docking* pompa *cargo* dilakukan pengetesan kembali untuk memastikan semua sudah bekerja dengan baik dan tidak ada kebocoran.

Kerusakan pompa dapat dilihat melalui tekanan di ruang control atau mendengarkan suara pompa saat beroperasi.

Tabel 1. Perbedaan Tekanan Pompa

	Sebelum Perbaikan	Sesudah Perbaikan
Pressure	100 Kgf/Cm ²	150 Kgf/Cm ²
Suara	Bising	Halus

Dari tabel 1, peneliti menarik kesimpulan bahwa pressure pompa sebelum diperbaiki memiliki tekanan sebesar 100 Kgf/cm². Tekanan tersebut menjadikan pompa tidak bekerja dengan normal sehingga pompa tidak dapat melakukan proses bongkar. Setelah melakukan perbaikan, tekanan pompa kembali menjadi normal pada tekanan 150 kgf/cm².

Hasil Wawancara

Berikut hasil wawancara yang dilakukan peneliti dengan Chief Engginer dan Second Engginer untuk mendapatkan faktor penyebab, upaya pencegahan dan perbaikan yang dilakukan.

1) Faktor penyebab terjadinya kerusakan pada *Cargo Oil Pump* framo.

Penyebab utama kerusakan cargo pump framo adalah kebocoran pada pipa. Penanganan pasca kebocoran menjadi penyebab lain dari kerusakan *Cargo Oil Pump*, hal itu terjadi ketika minyak pelumas hidrolik yang ditampung dari kebocoran tersebut ternyata sudah bercampur dengan air dan dikembalikan lagi ke dalam *service tank*. Berdasarkan standar manual book, minyak pelumas hidrolik dilakukan pengecekan secara rutin setiap seminggu. Oli diambil sampel dari hidrolik *service tank* dan di tes kandungannya, serta setiap tiga bulan sekali dikirim ke laboratorium untuk di cek lebih lanjut.

2) Upaya pencegahan terhadap kerusakan pada *Cargo Oil Pump* framo.

Setiap 3 bulan sekali dilakukan uji offland lubricating oil. Berdasarkan hasil laboratotium jika hasilnya dibawah standar maka harus diganti, serta oli yang bocor tidak boleh dimasukan lagi ke dalam *service tank*. Perawatan juga dilakukan sesuai dengan *maintenance hours*. Perawatan meliputi penggantian oil seal, cargo seal, bearing, impeller, o-ring.

3) Langkah perbaikan saat terjadi kebocoran pada *Cargo Oil Pump* framo dalam proses bongkar muat.

Minyak pelumas hidrolik harus diganti dengan baru secara menyeluruh, dan untuk menjamin kinerja sistem hidrolik pada *hydraulic pressure line* dan *low pressure* harus rutin dilakukan *drain*. *Drain* dan *cleaning* dilakukan pada *cargo pump* ataupun pada *hydraulic service tank*. Memastikan kinerja berjalan baik, maka sebelum dioperasikan lakukan pemeriksaan pada *hydraulic oil level* di *service tank*. Lakukan tes kandungan air setiap seminggu sekali. Lakukan pengambilan sampel per tiga bulan dan dikirimkan ke laboratorium untuk dianalisis kontaminasi airnya. Periksa secara rutin *low oil level tank alarm*, periksa *high temperatur oil service*. Secara rutin lakukan pembersih *oil cooler* sekurang-kurangnya setiap enam bulan sekali.

PEMBAHASAN

Pembahasan terhadap permasalahan dilakukan untuk menjawab tiga hal, sebagaimana disampaikan dalam wawancara dengan narasumber praktisi di atas kapal. Didapatkan hasil pembahasan sebagaimana berikut:

a. Faktor penyebab terjadinya kerusakan pada *Cargo Oil Pump* framo di kapal MT. Bintulu.

Penyebab terjadinya kerusakan pada *Cargo Oil Pump* framo adalah terdapat kerusakan pada minyak pelumas hidrolik yang sudah tercampur dengan air. Minyak pelumas hidrolik yang sudah tercampur air menyebabkan kerusakan pada komponen *Cargo Oil Pump* framo.

b. Upaya pencegahan terhadap kerusakan pada *Cargo Oil Pump* framo di kapal MT. Bintulu.

Upaya pencegahan yang dapat dilakukan pada saat terjadinya kerusakan pada *Cargo Oil Pump* framo adalah dengan melakukan pergantian pada minyak pelumas hidrolik dengan minyak pelumas hidrolik yang baru sesuai dengan periodik running hours. Dengan mengganti minyak pelumas hidrolik yang menurun kualitasnya akan mencegah terjadinya kerusakan kembali pada *Cargo Oil Pump* framo.

Pencegahan lainnya bisa dilakukan dengan mengikuti PMS (*Plant Maintenance System*) pada *Cargo Oil Pump*, mengambil sampel minyak pelumas hidrolik untuk dibawa ke laboratorium untuk melakukan analisis pada minyak pelumas hidrolik. Pengoperasian pompa cargo harus memenuhi SOP (Standar Operasional Prosedur) agar pompa cargo tidak mengalami kerusakan yang serius.

c. Perbaikan yang dilakukan saat terjadi kebocoran pada *Cargo Oil Pump* framo.

Langkah yang dilakukan jika terjadi kebocoran pada *Cargo Oil Pump* framo ketika proses bongkar muat berlangsung adalah dengan melakukan pengecekan langsung kondisi pompa cargo di dalam tangki muatan. Tangki muatan harus di kosongkan agar dapat dilakukan pengecekan untuk mengetahui sumber penyebab terjadinya kebocoran.

Jika terjadi permasalahan pada pompa cargo, segera lakukan perbaikan dengan mengganti komponen pompa yang rusak dengan komponen yang baru agar pompa dapat bekerja secara optimal.

4. Kesimpulan

Kerusakan pada pompa cargo Framo di MT. Bintulu disebabkan oleh kontaminasi minyak pelumas hidrolik dengan air, yang mengurangi efektivitas pelumasan dan menyebabkan keausan serta kerusakan pada komponen

internal seperti *bearing*, *Mechanical seal*, *wear ring*, dan *shaft* pompa. Kontaminasi ini terjadi karena adanya kesalahan dalam penggunaan kembali oli bekas yang ternyata sudah tercampur air dan dimasukkan ke dalam tangki *service* hidrolik tanpa pemeriksaan lebih lanjut. Untuk mengatasi kerusakan akibat minyak pelumas hidrolik yang tercemar, langkah yang perlu dilakukan antara lain adalah mengganti seluruh minyak pelumas hidrolik dengan yang baru dan memastikan oli bebas dari kontaminan melalui uji laboratorium secara berkala setiap enam bulan. Selain itu, komponen pompa yang telah rusak juga harus segera diganti, dan perawatan harus mengikuti jadwal *Planned Maintenance System* (PMS) agar kerusakan serupa tidak terulang. Jika terjadi kebocoran pada saat proses bongkar muat, langkah pertama yang harus dilakukan adalah mengosongkan tangki dan memastikan kondisi bebas gas sebelum pembongkaran pompa. Setelah itu, penyebab kebocoran harus diidentifikasi dengan akurat untuk menentukan tindakan perbaikan yang sesuai, menggunakan suku cadang yang tersedia agar operasional kapal dapat kembali berjalan dengan aman dan efisien.

Referensi

- Ariyanto, A. (2020). *Wet Mechanical Seal Reliability Improvements*. Jurnal Ilmiah Teknologi Dan Rekayasa. Universitas Gunadarma.
- Eyres, D. J. (2006). *Ship Construction* (7th ed.). Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Haryadi, A. (2019). *Perawatan Sistem Hidrolik pada Industri Manufaktur*. Surabaya: Penerbit Universitas Airlangga.
- Iskandar, A. , N. S. , & W. T. (2022). Analisis Dinamis pada Komponen *Shaft* dalam Sistem Pompa. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 14(3), 45–58.
- Jiang, H. , & W. Y. (2019). Digitalization in Cargo Pumps: Enhancing Efficiency and Reliability. *International Journal of Maritime Studies*, 42, 89–102.
- Jurnal Sains dan Seni ITS. (2015). Analisis dan Optimasi Desain *Impeller* dengan CFD. 4(2).
- Lunde, R. (2020). Advances in Pump Technology for Maritime Applications. *Journal of Marine Engineering and Technology*, 29(3), 120–135.
- Masryukan et al. (2021). Perbandingan Kualitas Material *Bearing*. *Media Mesin*, Universitas Muhammadiyah Surakarta. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Permana, A. (2010). Analisa Sistem Hidrolik pada Mesin Konveyor. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Permenhub Nomor PM 26 Tahun 2022 Tentang Pengawakan Kapal Niaga, Pub. L. No. 26, Kemenhub 1 (2022).
- Prasetya, A. (2014). *Dasar-Dasar Sistem Hidrolik. Teknik Mesin*. Universitas Gadjah Mada.
- Priyanto, H. (2021). Perancangan dan Pemeliharaan Mesin Pompa Industri. Jakarta: Penerbit Teknik Utama.
- Riva'I, M. (2021). analisa Kerusakan Bantalan Bola Berdasarkan Signal Getaran. *Jurnal Manutech*, 10(2).
- Saputra, A. B. & S. (2021). Analisa Distribusi Daya Hidraulik Motor Travel pada Unit Excavator Komatsu PC 200–8. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Sugiyono. (2019). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Sumarno P.S., P. D. , & H. S. (2018). Identifikasi Penyebab Kerusakan *Seal* Cargo Pump Dalam Proses Discharging Muatan Kimia Cair. *Jurnal Dinamika Bahari*, 8(2).
- UU. (2008). UU 17 tahun 2008 tentang Pelayaran. *The Visual Computer*, 24(3).