

Kerusakan Pompa *Ballast* Yang Menyebabkan Terganggunya Proses *Discharge*

Faizal Putra Pradana^{1*}, Amad Narto², Iwan Kurniawan³

^{1*}Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang, Indonesia

²Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang, Indonesia

³Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang, Indonesia

Alamat: Jl. Singosari No. 2A, Wonodri, Kecamatan Semarang Selatan, Kota Semarang, Jawa Tengah

*Corresponding author : faizalputrapradana1@gmail.com

Abstract. *The reliability of pumping systems on tanker vessels plays a crucial role in ensuring safety, stability, and operational efficiency. The damage that occurred to Ballast Pump No. 2 on MT Infinity during the discharge process caused disruptions to vessel stability, trim correction accuracy, and overall operational efficiency, making accurate identification of the issue essential for preventing delays and greater operational risks. This study aims to identify the causes of the ballast pump failure, analyze its impacts on the discharge process, and determine the necessary corrective measures to prevent recurrence. The research was conducted through direct onboard observation, interviews with MT Infinity's engineering officers and crew, and technical documentation obtained during sea practice. Data analysis employed a fishbone diagram to trace root causes based on human, method, machine, and material factors. The findings indicate that the failure was triggered by insufficient lubrication, worn-out ball bearings, damage to the mechanical seal and shaft, and misalignment between the motor and pump, all of which were exacerbated by improper maintenance procedures. By implementing consistent preventive maintenance, conducting proper risk assessments, and strengthening discipline within the Planned Maintenance System, the crew can minimize potential disruptions and ensure the discharge operation runs safely and efficiently.*

Keywords: *ballast pump failure, discharge operation, pump misalignment, mechanical seal damage, maintenance preventif*

Abstrak. Keandalan sistem pemompaan pada kapal tanker memegang peranan penting dalam menjaga keselamatan, stabilitas, dan efisiensi operasi. Kerusakan yang terjadi pada pompa *ballast* No. 2 di MT Infinity saat pelaksanaan proses *discharge* menimbulkan gangguan terhadap stabilitas kapal, akurasi trim correction, serta efisiensi operasional, sehingga kondisi tersebut perlu diidentifikasi secara tepat oleh awak kapal untuk mencegah keterlambatan dan risiko operasional yang lebih besar. Penelitian ini bertujuan mengetahui dan mengidentifikasi penyebab kerusakan pompa *ballast*, dampak yang ditimbulkan terhadap proses *discharge*, serta langkah penanganan yang diperlukan agar gangguan tidak terulang. Metode penelitian dilakukan melalui observasi langsung di kapal, wawancara dengan perwira dan kru mesin MT Infinity, serta dokumentasi teknis selama praktik laut. Analisis data menggunakan diagram fishbone untuk menelusuri akar permasalahan berdasarkan faktor manusia, metode, mesin, dan material. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kerusakan dipicu oleh kurangnya pelumasan, keausan ball bearing, kerusakan mechanical seal dan shaft, serta misalignment antara motor dan pompa yang diperparah oleh perawatan yang tidak sesuai prosedur. Dengan penerapan perawatan preventif yang konsisten, penilaian risiko yang tepat, serta penguatan kedisiplinan dalam Planned Maintenance System, awak kapal dapat meminimalkan potensi gangguan dan menjaga kelancaran operasi *discharge* secara aman dan efektif.

Kata kunci: *kerusakan pompa ballast, proses discharge, misalignment pompa-motor, mechanical seal, perawatan preventif*

1. LATAR BELAKANG

Sistem pemompaan merupakan elemen vital dalam menunjang keselamatan, stabilitas, dan efisiensi operasional kapal tanker. Salah satu komponen terpenting dalam sistem tersebut adalah pompa ballast, yang berfungsi mengatur distribusi air ballast untuk menjaga keseimbangan dan trim kapal selama proses bongkar muat. Kinerja pompa ballast berpengaruh langsung terhadap stabilitas kapal dan akurasi trim correction, yang perhitungannya mengacu pada parameter LCF, TPC, AMTC, dan LBP (Surya, 2025). Dalam operasional bongkar muat, terutama pada tahap stripping, efektivitas pengisian air ballast menjadi faktor kunci untuk memastikan proses berjalan optimal (Peñafort, 2023). Gangguan pada pompa ballast berpotensi menghambat proses tersebut, sehingga mengakibatkan keterlambatan operasi dan risiko keselamatan.

Berbagai penelitian sebelumnya telah mengkaji kerusakan pompa ballast pada kapal tanker dengan berbagai bentuk permasalahan. (Malik et al., 2024) mengidentifikasi kerusakan gear coupling akibat kurangnya pemeriksaan dan pelumasan, sementara (Angelia, 2024) menyoroti gangguan pengisian ballast yang disebabkan ketidakpatuhan terhadap *Planned Maintenance System (PMS)*. Studi lain menemukan kerusakan mechanical seal yang menghambat proses bongkar muat (Febry, 2022), penurunan tekanan akibat kavitasi dan korosi (Mashartanto, 2023), serta kerusakan roller ball bearing yang menyebabkan kegagalan sistem ballast (Dinda Ayu et al., 2025). Temuan-temuan tersebut menunjukkan bahwa kerusakan pompa ballast dapat disebabkan oleh kombinasi faktor teknis, kesalahan prosedural, dan kurangnya pemeliharaan.

Meskipun demikian, setiap kasus kerusakan memiliki karakteristik yang berbeda karena perbedaan desain pompa, lingkungan operasi, serta pola perawatan di masing-masing kapal. Pada MT Infinity, kerusakan pompa ballast No. 2 yang terjadi saat proses *discharge* menunjukkan pola kerusakan yang kompleks, meliputi keausan *ball bearing*, kerusakan *mechanical seal*, keausan *shaft*, *misalignment* antara motor dan pompa, serta indikasi kurangnya pelumasan. Kondisi ini menyebabkan getaran abnormal, peningkatan temperatur motor, kebocoran pada pompa, serta terganggunya proses pengaturan *trim correction*. Berbeda dengan temuan terdahulu, kerusakan pada kasus ini berdampak langsung pada keterlambatan *discharge*, penurunan efisiensi kapal, serta potensi kerugian operasional. Analisis akar masalah dalam penelitian ini menggunakan diagram *fishbone*

sebagaimana disarankan oleh (Sugiyono, 2022) untuk mengidentifikasi pengaruh faktor *Man, Method, Machine, dan Material* secara sistematis.

Berdasarkan kebutuhan untuk memahami karakteristik kerusakan secara spesifik dan dampaknya terhadap operasi kapal, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi faktor penyebab kerusakan pompa *ballast* No. 2 pada MT Infinity, menganalisis dampak kerusakan terhadap proses discharge dan pengaturan stabilitas kapal, serta menyusun langkah penanganan dan upaya pencegahan sesuai prosedur perawatan dan *manual book* permesinan. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap penguatan praktik pemeliharaan sistem pemompaan pada kapal tanker, serta mendukung peningkatan keselamatan dan efisiensi operasional maritim.

2. KAJIAN TEORITIS

Kerusakan Sistem Pompa

Kerusakan pada sistem pompa terjadi ketika komponen tidak mampu menjalankan fungsi hidrolis sesuai spesifikasi desain sehingga menyebabkan penurunan debit, tekanan, atau kinerja sistem secara keseluruhan. Faktor penyebab kerusakan dapat berupa keausan, korosi, pelumasan yang buruk, getaran tinggi, atau kesalahan pengoperasian. (Setyawan et al., 2024) Dalam konteks operasi kapal, kerusakan pompa sangat berpengaruh terhadap stabilitas dan efisiensi proses bongkar muat karena pompa merupakan bagian integral dari sistem pemindahan fluida.



Gambar 1. Tekanan Pompa Rendah

Pompa *Ballast*

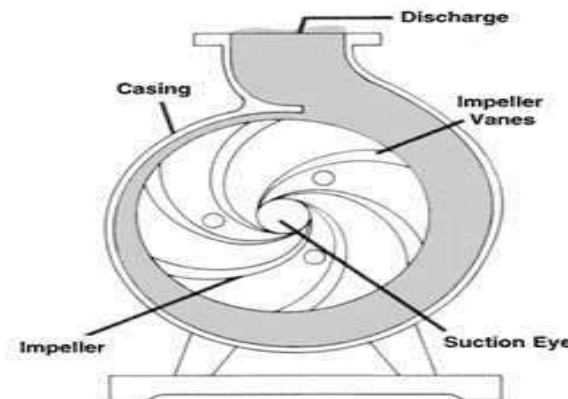
Pompa *ballast* adalah komponen vital yang digunakan untuk mengatur jumlah air dalam tangki ballast guna menjaga stabilitas, *trim*, dan keseimbangan kapal selama operasi pelayaran (Maulana et al., 2025). Pada kapal tanker, pompa *ballast* umumnya merupakan pompa sentrifugal berkapasitas besar yang dirancang untuk mendukung proses penyeimbangan kapal dengan cepat dan efisien. Gangguan pada pompa *ballast* dapat menghambat proses *discharge* dan meningkatkan risiko ketidakstabilan kapal (Darmawan, 2022).



Gambar 2. Pompa *Ballast*

Prinsip Kerja Pompa Sentrifugal

Pompa sentrifugal bekerja dengan mengonversi energi mekanik dari poros menjadi energi kinetik fluida melalui putaran *impeller*, sebelum akhirnya diubah menjadi energi tekanan di dalam *volute* atau *diffuser*. Kinerja pompa dipengaruhi oleh desain *impeller*, kecepatan putar, kondisi shaft, dan tingkat keselarasan (*alignment*) antara motor dan pompa. Ketidakseimbangan pada sistem ini dapat menyebabkan getaran, penurunan tekanan *discharge*, bahkan kerusakan komponen internal (Riyanto et al., 2022).



Gambar 3. Diagram *Cassing* Sentrifugal

Komponen Kritis Pompa *Ballast*

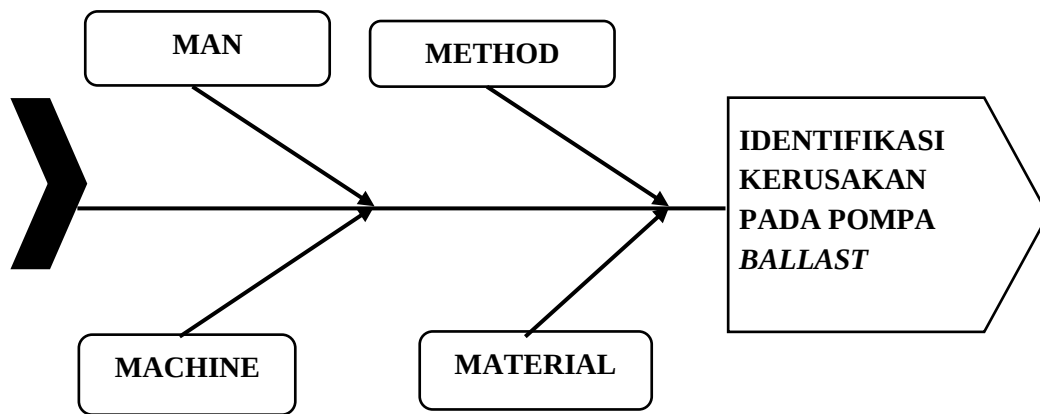
Komponen utama pompa *ballast* meliputi *impeller*, *shaft*, *mechanical seal*, *ball bearing*, dan motor listrik. *Impeller* berfungsi meningkatkan energi fluida, sementara *mechanical seal* bertugas mencegah kebocoran pada area berputar. *Shaft* meneruskan putaran dari motor ke *impeller*, dan *ball bearing* menjadi penopang utama rotasi poros. Kerusakan komponen seperti keausan bearing, misalignment, atau kegagalan *mechanical seal* sering menjadi penyebab penurunan performa pompa (Karassik, 2024)

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif untuk memperoleh pemahaman mendalam mengenai kerusakan pompa ballast pada MT. Infinity berdasarkan pengalaman langsung peneliti selama praktik laut. Pendekatan ini dipilih karena memungkinkan peneliti mengamati fenomena secara nyata di lingkungan kerja kapal dan mendokumentasikan kejadian teknis sebagaimana berlangsung di lapangan. Seluruh proses pengumpulan dan analisis data dilakukan dalam konteks alami selama kapal beroperasi.

Data penelitian dikumpulkan melalui observasi langsung, wawancara, dan dokumentasi. Observasi dilakukan ketika pompa *ballast* dioperasikan saat proses discharge untuk mencatat gejala kerusakan yang muncul, seperti getaran berlebihan, suara bising, kebocoran, dan kenaikan temperatur. Wawancara dilakukan dengan beberapa awak kamar mesin yang terlibat dalam pengoperasian dan perawatan pompa, yaitu *Chief Engineer*, *2nd Engineer*, dan *4th Engineer*. Selain itu, dokumentasi berupa foto komponen rusak, catatan operasi, *manual book*, serta data teknis pompa digunakan untuk memperkuat temuan lapangan.

Data yang diperoleh kemudian dianalisis menggunakan teknik analisis diagram tulang ikan (*fishbone analysis*) untuk mengidentifikasi akar penyebab kerusakan. Analisis dilakukan dengan mengelompokkan faktor-faktor penyebab ke dalam empat kategori utama, yaitu *Man*, *Method*, *Machine*, dan *Material*. Melalui proses ini, peneliti dapat menelusuri urutan kejadian, komponen yang mengalami kegagalan, serta kontribusi masing-masing faktor terhadap kerusakan pompa ballast yang menghambat proses *discharge*.



Gambar 4. Diagram Tulang Ikan (*fishbone analysis*)

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan penulis di MT. Infinity, kapal tanker milik PT Waruna Nusa Sentana, selama periode Januari 2023 sampai Desember 2023 pada saat penulis menjalani praktik laut. MT. Infinity merupakan kapal tanker produk yang mengangkut dan mendistribusikan minyak, sehingga keberfungsian pompa *ballast* sangat penting untuk menjaga stabilitas kapal, pengaturan trim, serta kelancaran operasi bongkar muat.

Permasalahan utama yang diteliti adalah kerusakan pada pompa *ballast* yang mengganggu proses pengisian dan pengosongan ballast water, menyebabkan penurunan tekanan pompa, peningkatan getaran, dan hambatan pada proses *discharge*. Berdasarkan rangkaian pemeriksaan dan pembongkaran pompa, penelitian ini berfokus pada identifikasi kerusakan, proses terjadinya kerusakan, serta langkah-langkah pencegahannya.

Penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi berarti bagi awak kapal, operator tanker, dan industri pelayaran, khususnya dalam meningkatkan keandalan sistem permesinan bantu, mencegah keterlambatan operasional, serta memastikan proses bongkar muat berjalan sesuai standar keselamatan dan efisiensi kapal tanker.

Hasil Penelitian

Hasil penelitian disusun berdasarkan observasi lapangan, wawancara mendalam dengan perwira mesin, serta studi pustaka yang berkaitan dengan kerusakan pompa

ballast. Data primer dan sekunder kemudian divalidasi menggunakan dokumentasi kerusakan komponen. Berikut merupakan hasil utama yang diperoleh peneliti.

a. Observasi

Berdasarkan pengamatan peneliti selama praktik laut di MT *Infinity*, ditemukan beberapa faktor utama penyebab kerusakan pompa *ballast*. Temuan tersebut meliputi, kerusakan pada *ball bearing*, yang tampak dari kondisi bearing yang aus, berkarat, dan mengalami deformasi pada *cage bearing*. Kondisi ini menunjukkan kurangnya pelumasan dan adanya getaran berlebih selama operasi. Kerusakan pada *mechanical seal*, berupa permukaan *seal* yang retak, bantalan yang keropos, dan pegas yang telah kehilangan elastisitas. Hal ini menyebabkan kebocoran internal pompa serta penurunan tekanan discharge. Kemudian abrasi dan korosi pada *shaft*, yang dipicu oleh gesekan tidak normal antara poros dan seal akibat misalignment. Keretakan pada pondasi pompa, yang mengganggu keselarasan antara motor dan pompa, sehingga memicu vibrasi abnormal selama operasi.



Gambar 5. *Ball Bearing*



Gambar 6. *Mechanical Seal*

Kondisi-kondisi tersebut berdampak langsung pada performa pompa *ballast*, seperti menurunnya tekanan pompa, bertambahnya beban motor (ampere naik), serta lambatnya proses *trim correction*. Dampak lanjutan terhadap operasi kapal antara lain keterlambatan proses bongkar muat dan ketidakakuratan perhitungan *ullage* maupun

draft. Sebagai bentuk penanganan awal, perwira mesin melakukan pembongkaran pompa, pembersihan komponen, penggantian bearing dan seal yang rusak, serta pengecekan ulang *alignment*.

Temuan observasi menegaskan pentingnya pelaksanaan perawatan preventif secara sistematis guna menjamin keandalan sistem ballast, terutama pada kapal tanker yang sangat bergantung pada ketepatan *trim* dalam proses bongkar muat.

b. Wawancara

Berdasarkan wawancara dengan tiga narasumber di MT. Infinity, yaitu *Chief Engineer*, *Second Engineer*, dan *Oiler* yang menangani pemeliharaan pompa, diperoleh beberapa penyebab utama kerusakan pompa ballast beserta dampaknya. *Chief Engineer* menjelaskan bahwa masalah paling dominan adalah kurangnya pelumasan (*greasing*) pada bearing. *Grease* yang mengering menyebabkan gesekan berlebih, sehingga *bearing* cepat aus dan menimbulkan getaran yang merambat hingga ke *mechanical seal* dan *shaft*. Ia juga menyebutkan bahwa pemantauan *running hours* belum dilakukan secara optimal. Kemudian *Second Engineer* juga menambahkan bahwa misalignment antara motor dan pompa terjadi karena pondasi pompa mengalami keretakan. Kondisi ini menyebabkan getaran meningkat dan mempercepat kerusakan komponen rotasi. Ia menekankan bahwa perhatian terhadap jadwal *alignment* dalam *manual book* tidak dilakukan secara konsisten. Sementara itu, *Oiler* menyampaikan bahwa padatnya jadwal operasi kapal menjadi kendala dalam pelaksanaan perawatan rutin. Pelumasan sering dilakukan terlambat, dan inspeksi *mechanical seal* hanya dilakukan ketika pompa sudah menunjukkan gejala kebocoran. Ia juga mengungkapkan bahwa beberapa pelumas dan *spare part* yang tersedia tidak sepenuhnya sesuai spesifikasi pabrikan.

Informasi dari wawancara tersebut menguatkan hasil observasi bahwa kerusakan pompa ballast merupakan akibat dari kombinasi faktor manusia, metode, dan kondisi komponen yang tidak lagi memenuhi standar laik operasi.

c. Studi Pustaka

Studi pustaka mendukung temuan lapangan mengenai penyebab kerusakan pompa ballast. Penelitian (Maulana et al., 2025) pada kapal tanker menunjukkan bahwa ketidakteraturan pelumasan dan perawatan *bearing* merupakan penyebab utama

penurunan performa pompa. Penelitian lain oleh (Dinda Ayu et al., 2025) menyimpulkan bahwa kerusakan *mechanical seal* sering terjadi akibat getaran berlebih dan kekurangan pelumasan, yang menyebabkan *dry-running* pada permukaan seal. Studi tersebut sejalan dengan kondisi di MT. Infinity, di mana *seal* retak dan bearing aus merupakan komponen yang paling banyak mengalami kerusakan. Literatur juga menegaskan pentingnya pemenuhan standar perawatan preventif berbasis running hours untuk menjaga keandalan pompa *ballast*, yang ternyata belum sepenuhnya diterapkan di kapal ini.

Pembahasan

Faktor Penyebab Kerusakan Pompa Ballast

Penelitian ini mengidentifikasi empat faktor utama yang menyebabkan kerusakan pompa ballast di MT. Infinity. Pertama, kurangnya pelumasan merupakan penyebab paling dominan. Kondisi bearing yang aus dan berkarat membuktikan bahwa pelumasan tidak dilakukan sesuai interval yang ditetapkan. Minimnya *grease* memicu gesekan berlebih dan peningkatan suhu yang akhirnya merusak *mechanical seal*. Kedua, misalignment dan getaran berlebih akibat pondasi pompa yang retak mempercepat keausan komponen rotasi. Hal ini menyebabkan gaya radial yang tidak stabil sehingga *shaft* mengalami abrasi dan *seal* mengalami tekanan tidak merata. Ketiga, kualitas material seperti *grease* dan *spare part* yang tidak sesuai standar turut mempercepat degradasi komponen. Penggunaan material yang tidak direkomendasikan pabrikan mengurangi umur pakai *bearing* dan *seal*. Keempat, perawatan yang tidak sesuai prosedur, termasuk tidak dilaksanakannya inspeksi *mechanical seal* setelah 250 jam operasi dan pengecekan alignment secara berkala, menyebabkan kerusakan kecil berkembang menjadi kerusakan besar.

Dampak Kerusakan Terhadap Operasi Discharge

Kerusakan pompa ballast memberikan dampak signifikan terhadap operasi bongkar muat MT Infinity. Dampak utama yang diamati adalah penurunan tekanan *discharge* sehingga proses *trim correction* berlangsung lebih lama dari standar normal. Akibatnya, *ullage*, *draft*, dan perhitungan *cargo outflow* menjadi tidak akurat, yang dapat menimbulkan perbedaan antara catatan kapal dan terminal. Selain itu, keterlambatan proses discharge menyebabkan peningkatan biaya operasional, penggunaan fasilitas pelabuhan yang lebih lama, serta potensi penalti dari *charterer*. Kondisi ini menunjukkan

bahwa kerusakan pompa *ballast* tidak hanya berdampak pada aspek teknis, tetapi juga aspek ekonomi dan keselamatan operasional kapal.

Upaya Perawatan untuk Mencegah Kerusakan Pompa

Upaya pencegahan kerusakan pompa ballast di MT. Infinity meliputi tiga langkah utama. Pertama, pelaksanaan inspeksi berkala terhadap kondisi *bearing*, *seal*, dan *alignment* motor–pompa untuk mendeteksi kerusakan sejak dini. Kedua, penggantian komponen yang telah melewati usia pakai, khususnya *bearing* dan *mechanical seal* yang sensitif terhadap getaran dan pelumasan. Ketiga, memastikan material perawatan sesuai standar pabrikan, termasuk pemilihan grease dan *spare part* yang direkomendasikan, serta penerapan jadwal pelumasan berbasis *running hours*. Langkah-langkah ini konsisten dengan literatur dan praktik pemeliharaan preventif pada sistem pompa kapal tanker.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa kerusakan pompa ballast pada MT. Infinity disebabkan oleh beberapa faktor utama, yaitu kurangnya pelumasan (*greasing*) secara berkala, keterlambatan pelaksanaan perawatan sesuai *Planned Maintenance System* (PMS), serta kesalahan pengoperasian yang menyebabkan komponen bekerja di luar batas normal. Kondisi tersebut menimbulkan kerusakan beruntun pada *bearing*, *mechanical seal*, *shaft*, dan pondasi pompa, yang kemudian menyebabkan misalignment antara pompa dan motor, getaran abnormal, serta penurunan tekanan kerja. Dampak dari kerusakan ini sangat signifikan terhadap proses *discharge*, antara lain terganggunya pengisian *air ballast*, ketidaktepatan trim correction, keterlambatan bongkar muat, inefisiensi jadwal pelabuhan, hingga penurunan reputasi kapal karena dianggap tidak siap secara teknis untuk operasi selanjutnya. Temuan ini menegaskan bahwa keteraturan perawatan dan ketepatan prosedur merupakan faktor kunci dalam menjaga keandalan sistem ballast.

Berdasarkan temuan tersebut, terdapat beberapa implikasi praktis dan arah pengembangan penelitian ke depan. Secara operasional, diperlukan peningkatan disiplin pelaksanaan PMS, termasuk pelumasan berkala, pemeriksaan kelurusan poros, serta penggantian komponen seperti *bearing*, *mechanical seal*, dan *shaft* sesuai interval yang

direkomendasikan. Kesiapan suplai suku cadang juga perlu diperbaiki karena keterlambatan pemenuhan sparepart terbukti memperpanjang gangguan operasional. Keterbatasan penelitian ini terletak pada minimnya dokumentasi teknis, keterbatasan data *manual book*, serta waktu observasi yang hanya berlangsung selama praktik laut, sehingga analisis difokuskan pada komponen yang berdampak langsung terhadap proses *discharge*. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan dilakukan pengukuran performa pompa sebelum dan sesudah perbaikan secara kuantitatif, serta evaluasi menyeluruh terhadap sistem manajemen perawatan di kapal sebagai upaya peningkatan efektivitas operasional pompa ballast.

DAFTAR REFERENSI

- Angelia, M. T. (2024). *Analisis Kerusakan Pompa Ballast Terhadap Pengoperasian Air*. 01(April), 1–11.
- Darmawan, S. A. (2022). Pengertian Pompa Centrifugal. *Journal Of Social Science Resear*, 4–5.
- Dinda Ayu Barbyanavy, Nasri, Prima Yudha Yudianto, Monika Retno Gunarti, S. D. Robbi. (2025). *Analisis Fishbone Diagram Pada Kerusakan Roller Ball Bearing Terhadap Kelancaran Kinerja Ballast Pump*. 8(1), 156–168.
- Febry, R. K. (2022). *Kerusakan Mechanical Seal Pada Ballast Pump Menyebabkan Terganggunya Proses Bongkar Muat Pada Mv. Lumoso Karunia Viii*.
- Karassik, I. J. . (2024). *Pump Handbook*. Mcgraw-Hill.
- Kurniawan, I. (2022)., Utari Hendro Sulistio, R., Perawatan Sistem Bahan Bakar Guna Menunjang Kinerja Dari Mesin Induk Di Thomas Selmer, O. M., Utari, R., Sulistio, H., Riyadi, S., Setia Budi, E., & Pratama, F *Indonesian Journal Of Marine Engineering Optimizing Fuel System Maintenance To Support The Performance Of The Main Engine On Mv. Thomas Selmer*.
- Malik, A., Darul, F., & Fitri, P. (2024). *Analisis Terjadinya Masalah Rusaknya Gear Coupling Pada Pompa Ballast Mt . Sungai Gerong*. 1, 84–90.
- Mashartanto, A. A. (2023). Analisis Menurunnya Tekanan Pompa Ballast Di Kapal Mutiara Ferindo. *Jurnal Cakrawala Bahari*, 6(2), 93–98.
- Maulana, R., Fajar, C., & Hartanto, B. (2025). *Analisis Terjadinya Korosi Ballast Tank Dan Kerusakan Ballast Pump Pada Proses Ballasting Dan Deballasting Di Mv . Sinar Solo*. 4(2), 58–76.
- Narto, A., Wardani, H. W., Eka, D., & Budi, S. (2023). *Faktor-Faktor Penyebab Rendahnya Fungsi Ship Crane Terhadap Proses Bongkar Muat Mv. Madison Analisa Menurunnya Kerja Cargo Handling System Pada Proses Reliquefaction Muatan Gas Ammonia (Nh 3) Di Mt. Pupuk Indonesia*.
- Peñafort, M. C. (2023). *An Investigation On The Use Of Enhanced Stripping Systems On Product Tankers As A Standalone Tank Preparation Method For Gasoline To Diesel Cargo Shifts*.
- Prasetyo, D. (2022). Temperature Exhaust Gas Analysis On The Ship Engine. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 13(3), 629–635. <https://doi.org/10.21776/Jrm.V13i3.752>

- Riyanto, F., Rasy Fahrudin, A. ', & Belo, E. T. (2022). Pengaruh Variasi Bentuk Impeller Terhadap Debit Dan Tekanan Air Pada Prototipe Pompa. *Rekayasa Energi Manufaktur) Jurnal* |, 7(1), 2528–3723. <https://doi.org/10.21070/Rem.V7i1.1632>
- Setyawan, V. A., Anwar, D., & Sutopo, F. (2024). *Perawatan Pompa Ballast Guna Menunjang Kelancaran Operasional Di Kapal Mt . Laya Arthawibawa Politeknik Pelayaran Sulawesi Utara , Indonesia Pengertian Dan Pengenalan Pesawat Bantu*. 5(1).
- Sugiyono. (2022). *Metodologi Penelitian Kuantitatif, Kualitatif Dan R & D*.
- Surya, M. H. (2025). *Pelaksanaan Perhitungan Draft Survey Trim Correction*. 3(4), 4638–4646.