

Analisis Penyebab Penurunan Temperatur Pada Sistem Permesinan di Kapal

WA Putranto¹⁾, Shendi May Rudin²⁾, Yulius Oscar³⁾,

Khaeroman⁴⁾, Noviarianto⁵⁾, Ngatmin⁶⁾

^{1, 2, 3, 4, 5, 6)}Politeknik Maritim Negeri Indonesia

Kampus I: Jalan PTP Ngobo, Wringinputih, Bergas, Kabupaten Semarang 50552

¹⁾email: wahyu_ap@polimarin.ac.id

Abstrak

Generator kapal memiliki fungsi krusial dalam menyuplai energi listrik untuk seluruh operasional kapal. Studi ini bertujuan menginvestigasi faktor-faktor yang memicu turunnya suhu pada sistem bahan bakar Marine Fuel Oil (MFO) untuk generator di MV. Radiant Reb. Penurunan suhu hingga 98°C-100°C ini mengakibatkan naiknya kekentalan (viskositas) bahan bakar, terhambatnya sirkulasi, serta menurunnya efisiensi pembakaran dan performa generator diesel. Dengan menerapkan pendekatan deskriptif-kualitatif melalui studi kasus yang mencakup observasi, wawancara, dan studi dokumentasi di lapangan, penelitian ini menemukan empat penyebab utama masalah tersebut. Keempat faktor tersebut meliputi: menurunnya fungsi pemanas (heater) karena penumpukan kerak dan kebocoran, sistem steam trap yang kurang maksimal sehingga memicu timbunan kondensat, rusaknya pelapis isolasi panas (lagging), serta ausnya pompa sirkulasi yang menghambat laju aliran bahan bakar. Langkah penanggulangan yang dilakukan adalah penerapan perawatan berkala dan pemeriksaan detail pada tiap-tiap komponen vital. Sebagai kesimpulan, tindakan pemeliharaan preventif dan deteksi masalah sejak dini sangat penting untuk memastikan suhu bahan bakar tetap berada pada rentang ideal (108°C-118°C), demi mempertahankan keandalan dan efisiensi kerja generator kapal.

Kata Kunci: Diesel Generator, Gear Pump, Fuel System, Temperature

Abstract

Marine generators play a crucial role in supplying electrical power for overall ship operations. This study aims to investigate the factors causing the temperature drop in the Marine Fuel Oil (MFO) system of the generator on MV. Radiant Reb. The temperature decrease (to 98°C-100°C) leads to increased fuel viscosity, flow resistance, and a decline in both combustion efficiency and diesel generator performance. By applying a descriptive-qualitative case study approach involving direct observation, interviews, and documentation, this research identified four primary causes. These factors include: reduced heater performance due to scaling and leaks, a suboptimal steam trap causing condensate buildup, damaged thermal insulation (lagging) accelerating heat loss, and wear on the circulation pump disrupting fuel flow. Corrective measures were implemented through routine maintenance and thorough inspections of these vital components. In conclusion, preventive maintenance and early detection are crucial for maintaining the fuel temperature within the ideal range (108°C-118°C) to preserve the operational efficiency and reliability of the marine generator.

Keywords: Diesel Generator, Gear Pump, Fuel System, Temperature

1. PENDAHULUAN

Kapal merupakan sarana transportasi vital yang memfasilitasi perdagangan global, baik antarpulau, antarnegara, maupun antarbenua. Mengingat pelayaran dapat memakan waktu hingga lebih dari satu bulan, seluruh aktivitas operasional kru sepenuhnya berlangsung di atas kapal. Layaknya kehidupan di darat, berbagai kebutuhan operasional tersebut sangat bergantung pada ketersediaan energi listrik. Untuk memenuhinya, kapal harus dilengkapi dengan sistem pembangkit listrik, di mana generator diesel adalah yang paling umum dioperasikan. Sebagai komponen inti, generator berfungsi mengonversi energi yaitu mekanik menjadi listrik sekaligus bertindak menjadi energi utama yang menopang seluruh kelistrikan di atas kapal (Fatimah et al., 2023), (Aribowo et al., 2020), (Tumilaar, et al., 2015).

Peran krusial generator di atas kapal adalah menyuplai energi listrik yang disesuaikan dengan seluruh kebutuhan operasional. Pasokan listrik ini dialokasikan untuk menggerakkan berbagai motor pada instalasi kamar mesin, permesinan geladak (deck machinery), serta perangkat navigasi dan komunikasi. Selain itu, daya listrik dari generator juga menopang sistem pengkondisian udara (AC), ventilasi, sistem peringatan dini (alarm), perangkat pemadam kebakaran, hingga fasilitas penunjang lainnya di kapal (Kristianto et al. 2023), (Nugraha, 2020), (Ricesno dan Nandika, 2020), (Prasetya dan Kismantoro, 2017).

Mesin diesel merupakan perangkat pembakaran dalam (*internal combustion engine*) yang vital dalam operasional kapal. Mesin ini bekerja dengan memanfaatkan prinsip kompresi, di mana udara, bahan bakar, dan panas terkumpul di ruang bakar untuk menghasilkan langkah usaha (Tanadi et al., 2022).

Sebagai penggerak utama generator penyedia listrik di kapal, mesin diesel dituntut untuk beroperasi tanpa henti demi menghindari risiko blackout. Konsekuensinya, konsumsi bahan bakar kapal menjadi sangat besar. Di dunia maritim, komoditas ini dikategorikan ke dalam beberapa jenis, seperti Marine Diesel Oil (MDO) dan Marine Fuel Oil (MFO). Namun, atas pertimbangan efisiensi biaya operasional, perusahaan pelayaran umumnya lebih memilih MFO karena harganya yang lebih ekonomis, meskipun jenis bahan bakar ini memiliki karakteristik berwarna hitam dan berviskositas tinggi (Pratama et al., 2022; Salsabila, 2020; Purjiyono et al., 2019).

Karakteristik Marine Fuel Oil (MFO) sebagai bahan bakar residu membuatnya memiliki tingkat kekentalan yang pekat. Agar mesin dapat bekerja dengan baik, MFO harus diolah terlebih dahulu melalui pemanasan untuk mengurangi kekentalannya. Di sinilah letak pentingnya mengontrol temperatur sistem bahan bakar agar terus terjaga sesuai dengan standar analisis laboratorium. Dengan suhu yang akurat, kualitas bahan bakar yang dihasilkan akan sangat baik untuk proses pembakaran. Jika dibiarkan tidak sesuai standar, bahan bakar berkualitas buruk ini justru akan menjadi pemicu kerusakan pada komponen-komponen vital di sistem bahan bakar mesin diesel (Nasution, 2022).

Menurut Erza 2022, telah melakukan penelitian identifikasi menurunnya kualitas bahan bakar terhadap proses pembakaran mesin induk di MV. Oriental Jade. Hasil penelitian menunjukkan bahwa mesin diesel membutuhkan bahan bakar dengan mutu yang baik agar dapat bekerja secara maksimal. Jika perawatan bahan bakar dilakukan secara tidak benar, kualitasnya akan menurun. Hal ini menyebabkan proses pembakaran menjadi kurang sempurna dan performa mesin berkurang. Untuk mengatasinya, perawatan harus dilakukan sesuai dengan prosedur fuel oil treatment dan petunjuk manual mesin.

Menurut Hafuza 2021, melakukan penelitian tentang analisis menurunnya viskositas bahan bakar MFO terhadap kinerja injector pada mesin induk di MV. Meratus Kapuas. Penurunan viskositas bahan bakar MFO yang memengaruhi kinerja *injector* mesin induk disebabkan oleh tiga faktor utama: kelalaian engineer dalam pengecekan dan perawatan sesuai jadwal, pengaturan suhu bahan bakar yang terlalu tinggi sehingga viskositas menjadi encer dan menyebabkan detonasi serta kebocoran o-ring, serta purifier yang tidak bekerja optimal akibat pengaturan *regulator valve* yang salah dan *bowl disc* yang kotor.

Menurut Salsabila, GR. 2020, melakukan penelitian proses Treatment Marine Fuel Oil (MFO) sebagai bahan bakar pada mesin diesel. Proses pengolahan MFO dengan menggunakan pemanas bertujuan untuk mengurangi viskositas sehingga aliran bahan bakar menjadi lebih lancar. Pemanasan dilakukan mulai dari tangki penyimpanan, kemudian dilanjutkan ke tangki pengendapan dan tangki harian pada suhu antara 90–100°C untuk mencegah terbentuknya gumpalan serta memastikan MFO siap digunakan sebagai bahan bakar mesin diesel.

Berangkat dari permasalahan di atas, perlu dilakukan kajian lebih mendalam untuk mengidentifikasi penyebab anjloknya temperatur sistem bahan bakar pada generator pembangkit listrik di kapal MV. Radiant Reb. Studi ini bertujuan untuk menelusuri faktor-faktor pemicu turunnya temperatur Marine Fuel Oil (MFO), sekaligus mengkaji dampak dari rendahnya suhu tersebut terhadap operasional generator. Selain itu, penelitian ini juga diarahkan untuk menemukan langkah-langkah perbaikan yang efektif agar suhu bahan bakar MFO dapat ditingkatkan kembali ke batas idealnya.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang diterapkan dalam studi ini adalah pendekatan studi kasus tentang penurunan temperatur pada sistem bahan bakar generator di kapal MV. RADIANT REB. Objek utama penelitian adalah sistem bahan bakar generator. Proses pengumpulan data dilakukan dengan cara observasi langsung terhadap sistem bahan bakar generator

yang digunakan di kapal tersebut, wawancara dengan pihak terkait, serta melakukan telaah dari berbagai sumber literatur teknis seperti manual instruksi, prosedur operasional standar (SOP), dan dokumen pendukung lainnya yang tersedia di atas kapal. Metode ini dipilih dengan tujuan untuk memperoleh pemahaman mendalam dan kontekstual mengenai implementasi sistem bahan bakar generator. Mesin diesel generator di kapal MV. Radiant Reb adalah jenis mesin diesel generator 4 tak yang ditunjukkan pada Gambar 1. Mesin diesel 4 tak merupakan jenis mesin pembakaran dalam yang menyelesaikan satu siklus kerjanya melalui empat langkah piston atau dua kali putaran poros engkol. Siklus tersebut terdiri dari tahap hisap, kompresi, pembakaran, dan pembuangan. (Youssef et al., 2024).

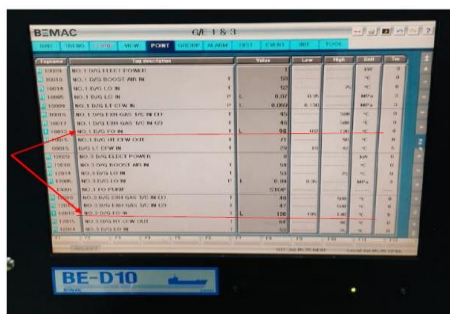
Proses pengolahan data dimulai dengan melakukan tahapan reduksi data, yaitu menyaring informasi melalui kegiatan merangkum, memilih aspek-aspek penting, dan mengeliminasi data yang tidak relevan agar diperoleh inti yang sesuai dengan fokus kajian. Analisis selanjutnya dilakukan secara deskriptif kualitatif, dengan mengintegrasikan referensi dari berbagai jurnal-jurnal ilmiah dan artikel teknis yang mendukung. Disamping itu, solusi-solusi yang telah diterapkan langsung di atas kapal turut dijadikan bahan pertimbangan untuk memperkuat analisis dan membandingkan efektivitas pendekatan yang ada (Pokhrel & Sakinah, 2024).



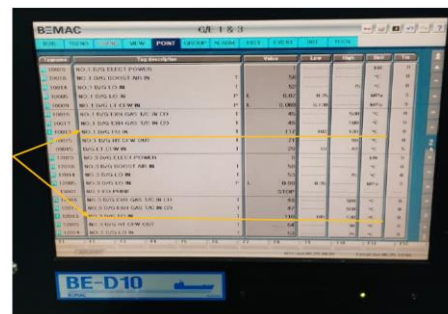
Gambar 1. Mesin diesel 4 tak pada generator di kapal MV. Radiant Reb

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Terjadi masalah pada temperatur sistem bahan bakar *marine fuel oil* diesel generator di kapal MV. Radiant Reb pada saat kapal baru saja menyelesaikan *maneuver* olah gerak berangkat dari *Barcelona, Spain* menuju ke *Mexico*. Pada saat itu temperatur mengalami penurunan menjadi 98°C - 100°C yang seharusnya adalah 108°C - 118°C. Data panel penurunan temperatur dan temperatur normal sistem bahan bakar bisa dilihat pada Gambar 2.



a. Low temperatur



b. Normal temperatur

Gambar 2. Panel temperatur sistem bahan bakar generator

Beberapa faktor utama yang memengaruhi kinerja keseluruhan sistem bahan bakar sehingga menyebabkan penurunan temperatur pada sistem bahan bakar (*marine fuel oil*) diesel generator di kapal MV. Radiant Reb meliputi:

a. Keausan *circulating pump* (Pompa Sirkulasi)

Pompa sirkulasi bahan bakar adalah jenis pompa roda gigi yang berfungsi untuk mengedarkan bahan bakar secara terus-menerus, sehingga tekanan dan ketersediaannya dalam sistem tetap stabil. Pompa ini mengambil bahan bakar dari tangki dan mengalirkannya ke sistem, termasuk ke injektor agar bahan bakar dapat disemprotkan ke ruang bakar dengan tepat. Pemeriksaan rutin pada pompa perlu dilakukan yang meliputi pengecekan tekanan pompa, inspeksi fisik terhadap *body* dan *seal* pompa, deteksi terhadap suara tidak normal dan getaran berlebih, serta pengukuran suhu *casing* pompa dan

suhu sistem bahan bakar. Berdasarkan pemantauan temperatur pada jalur distribusi bahan bakar ditemukan bahwa temperatur bahan bakar yang mengalir menuju ruang pembakaran berada di bawah rentang suhu operasional (98°C - 100°C) sedangkan yang direkomendasikan adalah 108°C - 118°C sehingga proses pembakaran berlangsung tidak optimal.

Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa aliran fluida tidak berjalan lancar dan mengalami penurunan tekanan menjadi 4 bar pada manometer. Tekanan normal operasional pompa adalah 6,5 bar sesuai *manual book*. Tekanan pompa abnormal dan normal bisa dilihat pada Gambar 3.

Penurunan tekanan pada *circulating pump* mengindikasikan bahwa telah terjadi penurunan performa kerja *circulating pump* sehingga mengakibatkan ketidakefisienan pemanasan bahan bakar. Untuk mengetahui penyebab permasalahan dilakukan pemeriksaan menyeluruh dan pembongkaran unit pompa. Dari hasil inspeksi terungkap bahwa komponen *gear* dan *bushes* pada pompa mengalami tingkat keausan yang cukup parah. Gambar *gear* dan *bushes* yang aus dan yang baru bisa dilihat pada Gambar 4. Keausan pada *gear* dan *bushes* pompa sirkulasi bahan bakar dapat berdampak signifikan terhadap kinerja pompa dalam mengalirkan bahan bakar secara efektif. *Gear* dan *bushes* yang mengalami keausan akan menyebabkan kebocoran internal pada pompa, sehingga kemampuan pompa untuk menghasilkan tekanan yang diperlukan menjadi menurun. Akibatnya aliran bahan bakar yang melewati sistem menjadi tidak stabil dan berkurang volumenya. Penurunan aliran ini menyebabkan suplai bahan bakar ke sistem menjadi tidak optimal yang kemudian berdampak pada turunnya temperatur dalam sistem bahan bakar. Faktor ini menjadi salah satu penyebab dalam penurunan temperatur sistem bahan bakar Karena proses pembakaran atau perpindahan panas yang bergantung pada aliran bahan bakar yang konsisten menjadi kurang efisien.



a. Tekanan abnormal



b. Tekanan normal

Gambar 3. Tekanan *circulating pump*

a. Gear dan bushes yang aus



b. Gear dan bushes yang baru

Gambar 4. Gear dan bushes pada *circulating pump*

Penerapkan program perawatan preventif yang terstruktur, termasuk inspeksi rutin dan penggantian komponen-komponen yang mulai menunjukkan tanda-tanda keausan dapat membantu memperpanjang masa pakai pompa secara signifikan. Upaya ini juga berkontribusi pada peningkatan efisiensi sistem bahan bakar secara keseluruhan, sehingga proses pembakaran dan perpindahan panas dapat berlangsung lebih efektif dan andal. Selain itu, pemeliharaan rutin membantu mengurangi risiko *downtime* mendadak dan biaya perbaikan besar, sehingga investasi waktu dan sumber daya untuk menjaga pompa sirkulasi bahan bakar tetap optimal akan meningkatkan performa sistem, menghemat energi, dan memastikan kelangsungan operasional jangka panjang

b. Kinerja heater menurun

Heater berfungsi sebagai alat pemanas utama dalam sistem bahan bakar di kapal MV Radiant Reb. *Heater* memiliki peran krusial dalam menjaga suhu bahan bakar agar tetap stabil dan optimal selama proses aliran bahan bakar menuju mesin. Suhu yang konstan sangat penting untuk menjaga viskositas bahan bakar agar tetap sesuai standar, sehingga mencegah terjadinya penggumpalan atau penyumbatan pada saluran bahan bakar.

Salah satu penyebab turunnya suhu pada sistem bahan bakar apabila tidak beroperasi dengan baik. Apabila *heater* mengalami gangguan atau tidak bekerja secara maksimal maka suhu bahan bakar akan menurun dan menyebabkan viskositas meningkat dan menghambat aliran bahan bakar. Hal itu dapat menurunkan kinerja diesel generator dan meningkatkan risiko kerusakan komponen. *Heater* yang tidak berfungsi secara optimal biasanya disebabkan oleh beberapa faktor, diantaranya adalah penumpukan kerak atau *scale* pada *tube heater*, Kebocoran pada pipa atau *flange* sistem uap, dan kualitas uap buruk. Gambar *heater* kotor dan bersih bisa dilihat pada Gambar 5.

Pengecekan *heater* dilakukan secara rutin guna memastikan bahwa perangkat pemanas bekerja secara optimal. Tahapan pemeriksaan dimulai dengan memantau indikator suhu bahan bakar pada panel kontrol, kemudian dilanjutkan dengan inspeksi langsung terhadap kondisi fisik *heater* serta elemen pemanas untuk mendeteksi adanya kerusakan, korosi, atau kebocoran. Pelaksanaan pembersihan *heater* yang terstruktur dan terjadwal menjadi faktor utama dalam menjaga kinerja sistem bahan bakar dan mendukung kelancaran operasional kapal secara menyeluruh.



a. Heater kotor

b. Heater bersih

Gambar 5. Kondisi heater

c. Kinerja *steam trap* tidak optimal

Steam trap adalah perangkat mekanis yang berfungsi untuk memisahkan dan mengeluarkan kondensat (uap air yang mengembun) serta gas non-kondensasi seperti udara dari aliran uap, tanpa membiarkan uap itu sendiri keluar dari sistem. Perangkat ini bekerja secara otomatis dengan mekanisme buka-tutup yang memungkinkan kondensat dibuang dan uap tetap tertahan, sehingga menjaga efisiensi dan performa sistem perpipaan uap. *Steam trap* yang gagal menjalankan fungsinya dengan baik akan membuat uap panas yang seharusnya mengembun dan dibuang tetapi tetap tertahan di dalam sistem sehingga menyebabkan penumpukan kondensat. Gambar *steam trap* bisa dilihat pada Gambar 6.

Gambar 6. Pengecekan dan perawatan *steam trap*

Pengecekan *steam trap* dilakukan secara rutin untuk memastikan fungsinya tetap optimal tanpa kebocoran atau penyumbatan. Pengecekan meliputi pengamatan suara dan getaran saat sistem uap bekerja, serta pengecekan temperatur sebelum dan sesudah *steam trap* menggunakan alat ukur *thermal gun*. Tekanan uap yang turun drastis dalam waktu singkat juga menjadi indikasi dari rusaknya alat ini. Jika ditemukan endapan atau kerusakan pada komponen internal seperti katup atau pelampung maka dilakukan pembersihan atau penggantian agar sistem bisa kembali normal. Pengecekan dan perawatan *steam trap* perlu dilakukan secara rutin untuk menjamin kinerja *heater* dalam menghantarkan panas terhadap bahan bakar serta mencegah kerusakan yang lebih parah pada boiler serta peralatan terkait.

d. Insulasi (*lagging*) pada pipa sudah rusak

Insulasi (*lagging*) berperan penting dalam menjaga temperatur sistem bahan bakar, karena insulasi berfungsi untuk membungkus sistem perpipaan pada jalur aliran bahan bakar yang dilengkapi dengan *heater* yang dipasang sepanjang pipa untuk mencegah terjadinya penggumpalan bahan bakar dan menjaga kestabilan suhu selama proses distribusi.

Heater ini bisa disebut dengan *steam trace*. Oleh karena itu agar panas yang dihasilkan tidak mudah hilang ke lingkungan sekitar, sepanjang jalur pipa bahan bakar perlu dipasang insulasi atau *lagging*. Apabila insulasi mengalami kerusakan seperti sobek atau terlepas maka bahan bakar menjadi kehilangan panas yang signifikan sehingga menyebabkan penurunan temperatur bahan bakar. Penurunan temperatur ini dapat berdampak negatif pada viskositas bahan bakar dan kinerja sistem secara keseluruhan. Gambar insulasi yang rusak dan insulasi yang baik bisa dilihat pada Gambar 7.

Tindakan yang dilakukan untuk mencegah hal tersebut maka diperlukan pengecekan secara rutin pada insulasi. Pemeriksaan ini dapat dilakukan dengan cara mengamati kondisi insulasi secara visual. Sistem bahan bakar biasanya menggunakan *steam trace* sebagai sumber pemanas yang efektif untuk mempertahankan temperatur bahan bakar agar tetap optimal. *Steam trace* ini memiliki temperatur normal sekitar 100°C dan *steam trace* ini membutuhkan insulasi atau *lagging* untuk mempertahankan panas agar tidak turun hingga di bawah 98°C yang hilang ke lingkungan sekitar. Oleh karena itu, perawatan rutin dan pengecekan kondisi insulasi menjadi langkah yang tidak kalah penting untuk dilakukan secara berkala. Dengan menjaga kualitas insulasi, efisiensi pemanasan bahan bakar dapat terjaga, mencegah gangguan operasional, dan memperpanjang umur peralatan di sistem perpipaan.



a. Insulasi pipa rusak



b. Insulasi pipa baik

Gambar 7. Insulasi pada pipa aliran bahan bakar

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai identifikasi penurunan temperatur bahan bakar MFO pada generator pembangkit listrik di kapal MV. Radiant Reb maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut: Penyebab terjadinya penurunan temperatur bahan bakar MFO (98°C - 100°C) pada generator pembangkit listrik di kapal MV. Radiant Reb ada 4 yaitu kinerja *heater* yang menurun akibat kerak, kebocoran, atau uap berkualitas rendah; kinerja *steam trap* tidak optimal sehingga menyebabkan kondensat menumpuk; insulasi pipa rusak yang menyebabkan hilangnya panas; serta keausan *gear* dan *bushes* pada pompa sirkulasi yang mengganggu tekanan dan aliran bahan bakar. Faktor-faktor ini dapat menghambat aliran, meningkatkan viskositas yang normalnya 12 – 15 mm²/s (cSt) akan menjadi lebih tinggi di atas 15 mm²/s (cSt), menurunkan efisiensi pembakaran, dan merugikan performa serta keandalan generator.

Dampak yang terjadi akibat rendahnya temperatur bahan bakar MFO antara lain meningkatnya viskositas, menghambat aliran, dan menurunkan efisiensi pembakaran, sehingga mengurangi daya dan meningkatkan konsumsi bahan bakar diesel generator. Temperatur rendah juga dapat menyebabkan penggumpalan, kerusakan mesin, dan *knocking*. Oleh karena itu, menjaga temperatur bahan bakar ideal dan cepat mengidentifikasi penyebab penurunan sangat penting untuk mencegah kerusakan dan gangguan operasional.

Tindakan yang dilakukan untuk menjaga temperatur bahan bakar ideal 108–118°C yaitu pemeriksaan dan perawatan rutin pada *heater*, *steam trap*, insulasi pipa, dan pompa sirkulasi. Perawatan ini penting untuk menjaga kestabilan suhu, meningkatkan efisiensi pembakaran, mencegah kerusakan, dan memastikan kelancaran operasional generator kapal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan apresiasi yang setinggi-tingginya kepada Politeknik Maritim Negeri Indonesia, khususnya Jurusan Teknik, atas segala dukungan, bantuan, serta fasilitas yang diberikan selama pelaksanaan penelitian ini. Terima kasih dan penghargaan juga ditujukan kepada segenap dosen serta mahasiswa Jurusan Teknik yang telah berkontribusi, baik secara langsung maupun tidak langsung, sehingga proses penelitian ini dapat berjalan dengan lancar.

DAFTAR PUSTAKA

A. A. Pratama, N. Astriawati, P. S. Waluyo, And R. Wahyudiyana. (2022), Optimalisasi Perawatan Sistem Pendingin Mesin Utama Di Kapal Mv. Nusantara Pelangi 101. Maj. Ilm. Bahari Jogja, Vol. 20, No. 1, Pp. 1–11.

- A. Y. Prasetya, & T. Kismantoro. (2017). Penyebab Pecahnya Cylinder Liner Pada Generator Engine di Mt. Martha Option. *Din. Bahari*, Vol. 7, No. 2, Pp. 1633–1641.
- D. Aribowo, D. Desmira, & D. A. Fauzan. (2020). Sistem Perawatan Mesin Genset di Pt (Persero) Pelabuhan Indonesia Ii. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Fkip*, Vol. 3, No. 1, Pp. 580–594.
- Erza, & Rifky. (2022). “Identifikasi Menurunnya Kualitas Bahan Bakar Terhadap Proses Pembakaran Mesin Induk Di MV. Oriental Jade.” *Ripostory PIP Semarang*.
- F. S. Fatimah, H. Asy’ari, A. Sandria, & J. A. Nasucha. (2023). Learning Fiqh Based On The Tapps (Think Aloud Pair Problem Solving) Method In Improving Student Learning Outcomes. *At-Tadzkir Islam. Educ. J.*, Vol. 2, No. 1, Pp. 1–15.
- G. P. Tumilaar, F.Lisi, And M. Pakiding. (2015). Optimalisasi Penggunaan Bahan Bakar Pada Generator Set Dengan Menggunakan Proses Elektrolisis. *J. Tek. Elektro Dan Komput.*, Vol. 4, No. 2, Pp. 77–88.
- Hafuza, & Widad Danish. 2021. “Analisis Menurunnya Viskositas Bahan Bakar MFO Terhadap Kinerja Injector Pada Mesin Induk Di MV. Meratus Kapuas.” *Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang* 1(1):1–54.
- I. M. A. Nugraha. (2020). Penggunaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sebagai Sumber Energi Pada Kapal Nelayan: Suatu Kajian Literatur. *Jurnal Sumber Akuatik Indopasifik*, Vol. 4, No. 2, Pp. 101–110.
- Kristianto, Lukas, Waris Wibowo, Ningrum Astriawati, and Nanang Kristiawan. (2023). Perawatan Mesin Diesel Generator Pada Kapal KN.SAR SADEWA 231. *Journal of Applied Mechanical Engineering and Renewable Energy* 3(2):45–50. doi: 10.52158/jamere.v3i2.543.
- M. Ricesno, & R. Nandika. (2020). Perhitungan dan Pengujian Beban Pada Generator Di Kapal Tugboat Hangtuh V. *Sigma Tek.*, Vol. 3, No. 1, Pp. 10–21.
- Nasution, & Muslih. (2022). Bahan Bakar Merupakan Sumber Energi Yang Sangat Diperlukan Dalam Kehidupan Sehari Hari. *JET (Journal of Electrical Technology)*, 7(1):29–33.
- Pokhrel, & Sakinah. (2024). Pengolahan Data. *Manajemen Pendidikan Islam Universitas Ptiq Jakarta* 15(1):37–48.
- Purjiyono, N. Astriawati, and P. S. Santosa. (2019). Perawatan Sistem Pelumasan Mesin Utama Pada Kapal Km. Mutiara Sentosa Ii. *J. Teknovasi J. Tek. Dan Inov.*, Vol. 6, No. 1, Pp. 74–80.
- Salsabila, GR., H. (2020). Proses Treatment Marine Fuel Oil (Mfo) Sebagai Bahan Bakar Pada Mesin Diesel. *Jurnal Kompetensi Teknik*, 11(1):30–35.
- Tanadi, Derrick, Ryan Alexander, David Chandra, Tulus Burhanuddin Sitorus. (2022). Rancang Bangun Instrumen Pengujian dan Penentuan Spesifikasi Mesin Diesel. *Jurnal Dinamis, Departemen Teknik Mesin FT USU* 10(2):53–60.
- Youssef, A., H. Noura, A. El Amrani, E. El Adel, and M. Ouladsine. (2024). A Survey on Data-Driven Fault Diagnostic Techniques for Marine Diesel Engines. *IFAC-PapersOnLine* 58(4):55–60. doi: 10.1016/j.ifacol.2024.07.193.