

Perilaku Temperatur Minyak Lumas Pada Kapal

Andi Hendrawan^{a*}, Aris Sasongko Dwiono^b, Sri Pramono^c

^{a,b}Akademi Maritim Nusantara

^cUniversitas IVET

^{a*}Email: andi_hendrawan@amn.ac.id

ABSTRAK

Pelumasan menjadi hal penting dalam operasional permesinan kapal karena merupakan lapisan pelindung untuk memisahkan dua permukaan yang saling berhubungan satu dengan yang lain dengan tiga fase benda yang volumenya tetap pada suhu dan tekanan tetap. Pelumasan berfungsi untuk mencegah gesekan antar komponen sehingga gesekan yang terjadi menjadi lebih halus dan keausan diminimalkan. Jika mesin pada kondisi suhu tinggi maka kekentalan oli akan cenderung turun karena oli mengalami pemuai volume sedangkan jika suhu mesin rendah maka kekentalan oli akan cenderung meningkat, karena oli pada kondisi volume menyusut. Semakin sering pemakaian pelumas maka hal yang terjadi adalah suhu minyak pelumas yang bervariasi. Tujuan penelitian ini adalah menggambarkan perilaku suhu pelumasan pada mesin kapal. Penelitian menggunakan metode kuantitatif dengan melakukan pengamatan terkait suhu mesin induk sepanjang perjalanan dengan melihat indikator dan pengukuran langsung pada mesin induk menggunakan termokopel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perilaku suhu sangat bergantung pada umur pelumasan dan bekerjanya sistem pendingin pada sistem permesinan kapal. Penelitian ini menyimpulkan bahwa perilaku suhu pelumasan sangat dinamis dan faktor yang memengaruhinya antara lain umur pelumasan, ketepatan jenis pelumas dan mesin, serta kinerja pendingin.

Kata kunci: perilaku suhu, mesin kapal, minyak pelumas

ABSTRACT

Lubrication is an important thing in ship machining operations because it becomes a protective layer to separate two surfaces that are in contact with each other with three phases of objects whose volume remains at a constant temperature and pressure. Lubrication serves to prevent friction between components so that it becomes smoother. If the engine is at a high temperature, the oil viscosity will tend to decrease. The more often the lubricant is used, the thing that happens is that the temperature of the lubricating oil varies. The purpose of this study is to describe the behavior of the lubrication temperature on the ship. The research uses quantitative methods by observing the temperature of the main engine along the way by looking at indicators and direct measurements on the main engine using a thermocouple. The results showed that the temperature behavior is very dependent on the age of the lubrication and the operation of the cooling system on the ship's machining system. This study concludes that the lubrication temperature behavior is very dynamic and the influencing factors include the age of the lubrication, the type of lubricant and the engine, as well as the cooling performance.

Keywords: temperature behavior, ship engine, lubricating oil

I. PENDAHULUAN

Pelumasan sangat penting dalam permesinan kapal, namun selain mengakibatkan panas juga dapat mengeluarkan emisi yang bersumber dari kapal di mana telah mendapat

sorotan dari Organisasi Maritim Internasional (IMO), lembaga lingkungan pemerintah, pendukung kesehatan masyarakat, dan kelompok dari lingkungan non pemerintah. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk

mengurangi emisi kapal dalam rangka meningkatkan kualitas udara. Peraturan awal telah diarahkan untuk mengurangi emisi SO_x dan NO_x di area jalur pelayaran yang dilintasi oleh orang-orang, seperti area pesisir dan pelabuhan. Global Sulphur Cap IMO 2020 memperluas persyaratan emisi laut lebih lanjut, memperketat batas emisi SO_x di perairan di luar zona pesisir (American Bureau of Shipping, 2021).

Fungsi pelumas adalah sebagai lapisan pelindung untuk memisahkan dua permukaan yang saling berhubungan satu dengan yang lain dengan tiga fase benda yang volumenya tetap pada suhu dan tekanan tetap. Ketiga fase zat cair, padat, dan gas. Pada hukum aliran *viskos*, Newton mengatakan bahwa hubungan antara gaya-gaya mekanika pada aliran *viskos* geseran fluida merupakan konstan pada gesekannya. Minyak pelumas memiliki kekentalan yang berbeda-beda, kekentalan atau viskositas pelumas dibedakan secara khusus oleh *International Organization for Standardization* (ISO) (Massora et al., 2014).

Jika mesin pada kondisi suhu tinggi maka kekentalan oli akan cenderung turun karena oli mengalami pemuai volume. Jika suhu mesin rendah maka kekentalan oli akan cenderung meningkat, karena oli pada kondisi volume menyusut. Oli akan berubah volumenya jika mengalami kejadian perubahan suhu. Volume suatu materi mempunyai korelasi dengan massa jenis zat tersebut. Volume *V* tergantung pada suhu, maka massa jenis *R* tergantung pada suhu dan sifat materinya. Naiknya suhu minyak pelumas akan menyebabkan beberapa hal antara lain berkurangnya penyerapan panas *lubricating oil cooler*. Penyebab hal ini dikarenakan beberapa faktor antara lain kejadian tersumbatnya pipa-pipa kapiler dan dapat pula terjadi volume pendingin yang tercampur dengan *lubricating oil cooler* yang tidak

memenuhi standar minyak pelumas yang ditentukan.

Temperatur atau suhu minyak lumas, dibandingkan dengan faktor-faktor lain, memegang peran yang sangat vital untuk pelumasan mesin. Jika terjadi suhu minyak lumas yang sangat tinggi maka berakibat pada tidak efisiennya proses pelumasan. Temperatur pelumasan sudah dikategorikan tidak normal ketika mencapai 50°C-75°C karena normalnya adalah 40°C-50°C. Berbagai faktor dapat menjadi penyebab temperatur minyak lumas yang tinggi, misalnya tersumbatnya pipa kapiler pada *lubricating oil cooler*. Selain itu, tidak sebandingnya minyak lumas dengan volume media pendingin yang masuk ke *lubricating oil cooler* juga dapat menjadi salah satu faktor meningkatnya temperatur pelumasan.

Oli pelumas sangat penting dalam hal memantau kondisi mesin secara keseluruhan. Penurunan kinerja oli dapat menyebabkan kerusakan pelumasan mesin yang cepat dan menyebabkan keausan mekanis, korosi kimia, dan panas berlebih. Selanjutnya oli pelumas dapat bertindak sebagai indikator kondisi untuk aspek lain dari pengoperasian mesin. Pendekatan saat ini untuk pemantauan kondisi berbasis minyak sering kali melibatkan sampel yang dikirim untuk pengujian berbasis darat yang melibatkan penundaan yang cukup lama di mana situasinya dapat memburuk lebih lanjut (Knowles & Baglee, 2012).

Temperatur tinggi di lokasi yang berbeda dalam mesin memengaruhi degradasi oli ke tingkat yang berbeda. Misalnya suhu tinggi di bak oli relatif rendah dibandingkan dengan suhu tinggi di saluran oli sistem pendingin piston, karena yang terakhir mendekati 100 K lebih hangat. Namun, oli tetap berada di bak untuk waktu yang lebih lama dibandingkan dengan saat terkena pendinginan piston. Tidak jelas mana yang memiliki dampak paling negatif pada oli mesin, suhu ekstrim selama

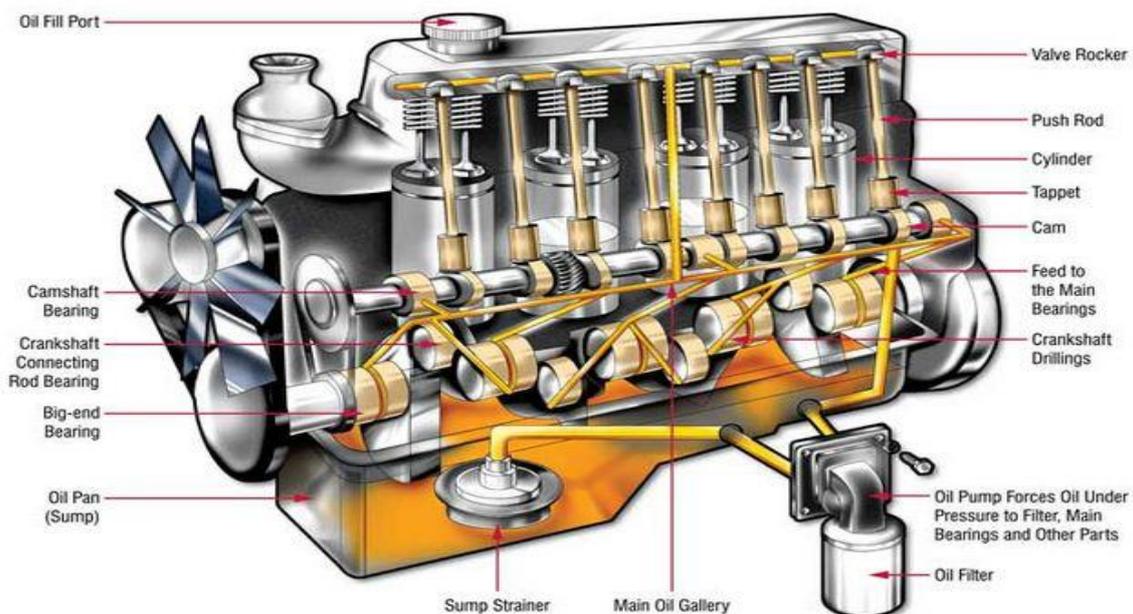
periode waktu yang singkat atau periode waktu yang lebih lama dengan suhu yang lebih rendah (Eriksson & Ab, 2007).

Pelumasan mesin adalah proses memberi minyak lumas/oli kepada komponen mesin yang memerlukan sehingga gesekan bisa berkurang. Pemilihan oli juga harus memperhatikan kekentalan dan kebersihannya, warnanya, dan kemurniannya sehingga disesuaikan dengan kriteria permesinan (Alirejo et al., 2018).

Minyak lumas harus digunakan dengan baik, karena sifat minyak lumas yang seharusnya melindungi bagian-bagian yang bersinggungan langsung. Jika digunakan tidak sesuai standar yang ditentukan dapat berakibat pada komponen yang akan dilumasi cepat rusak/aus. Temperatur minyak lumas juga harus di jaga dengan standar temperatur normal sekitar antara 40°C-50°C dan temperatur yang tidak normalnya berkisar 50°C-75°C.

adalah suatu luasan permukaan yang merupakan ukuran kecepatan bergerak atau daya tolak suatu pelumas untuk mengalir. Pada kondisi operasi yang ringan, pelumasan saat viskositas rendah dianjurkan digunakan, namun operasional tinggi menggunakan pelumas dengan viskositas tinggi sangat dianjurkan.

Titik tuang adalah suhu dimana minyak tidak akan mengalir, diletakkan 45° horizontal pada tabung diuji. Titik tuang yang relatif tinggi berpengaruh terhadap kemampuan minyak pelumas dalam memompa. Dalam mesin ada sejumlah tabung dan orifis yang berukuran kecil yang dipergunakan untuk mempertahankan suhu. Residu karbon merupakan karbon yang tertinggal dalam jumlah tertentu setelah materi diuapkan. Pemanasan minyak lumas mengindikasikan berapa karbon diendapkan pada mesin dan dapat



Gambar 1. Sistem Pelumas Mesin Induk
Sumber: D.A. Taylor, 2003

Eriksson & Ab, (2007) mengutarakan bahwa minyak lumas mempunyai sifat fisik dan kimia yang ditentukan oleh karakteristik bahan tersebut. Pengujian sifat pelumas sama dengan pengujian bahan bakar, yaitu dengan melihat sifat-sifatnya. Viskositas

<https://doi.org/10.46484/db.v3i1.300>

mengganggu kinerja mesin.

Titik nyala merupakan kejadian dimana suhu saat minyak pelumas menguap dan menyala api kecil. Penentuan titik nyala minyak lumas dengan metode yang sama dengan minyak bahan bakar. Pada umumnya

titik nyala pada berbagai minyak lumas diesel variasinya antara 340°F sampai 430°F. Air endapan minyak memerlukan pengujian dengan perputaran, pada kondisi ini minyak pelumas dibebaskan dari air dan endapan. Penyediaan minyak lumas, kotoran tidak diperbolehkan dalam penyediaan minyak lumas instalasi diesel dibuat terbuka namun permanen. Saluran minyak akan mengikatnya dan kemudian tertinggal di dalam.

Sifat minyak lumas yang lain adalah asam. Tandanya jika minyak lumas dicek dengan kertas lakmus bereaksi netral. Keasaman minyak pelumas dapat menimbulkan korosi pada mesin. Oksidasi adalah sebuah sifat bereaksi dengan oksigen. Kecenderungan minyak pelumas yang kuat untuk teroksidasi tidak diperbolehkan, karena oksidasi menyebabkan pembentukan lumpur. Oksidasi dan pembentukan lumpur dalam carter pada sistem pelumasan mesin diesel tidak dikehendaki, karena akan mengganggu aliran minyak dan melemahkan pelumasan.

Emulsi adalah sebuah campuran minyak dengan air yang tidak dapat dipisah menjadi komponen tersendiri, minyak lumas jangan sampai membentuk emulsi dengan air. Bila tercampur dengan air harus segera terpisah. Abu (*ash*) yang terdapat dalam minyak merupakan benda yang dapat menyebabkan pengikisan atau kemacetan dari bagian bergerak yang bersinggungan.

Belerang dalam bentuk campuran korosi dari belerang tidak diperkenankan dalam minyak lumas karena belerang memiliki kecenderungan untuk membentuk asam dengan uap air. Campuran bukan korosi dari belerang diperbolehkan sampai batas tertentu. Gravitasi pada umumnya terjadi pada minyak yang viskositasnya tinggi sehingga gravitasinya tinggi, namun tidak ada hubungannya antara kedua karakteristik minyak ini.

Viskositas merupakan sifat yang menentukan besar daya tahan fluida terhadap gaya geser, terutama diakibatkan oleh saling pengaruh antara molekul-molekul fluida. Viskositas zat cair mengakibatkan terbentuknya gaya geser antara elemen-elemennya. Jika suatu fluida mengalami geseran, maka mulai bergerak dengan laju regangan yang berbanding terbalik dengan suatu besaran yang dinamakan koefisien viskositas, viskositas dinamis. Viskositas berkurang dengan naiknya suhu dan ditentukan dengan viskometer *saybolt* dengan *orifice* universal. Viskositas minyak disel dari berbagai mesin bervariasi dengan rentang 100 sampai 500 SSU pada 130°F. Gesekan, keausan mesin, dan penggunaan minyak pada dasarnya tergantung pada viskositas minyak.

Viskositas adalah daya tahan fluida yang diubah bentuknya dengan tegangan atau tekanan (D. A. Taylor, 2003). Viskositas dari gesekan antara intermolekul menghasilkan fluida dari efek gesekan. Temperatur bisa naik melalui sirkulasi pelumas yang tidak cukup untuk menghilangkan panas disebabkan di dalam *bearing*, ini bisa disebabkan oleh celah yang terlalu kecil atau penyuplaian oli yang tidak cukup. Viskositas gas meningkat dengan naiknya temperatur, maka viskositas cairan justru akan menurun jika temperatur dinaikkan (Woodyard, 2004).

Viskositas oli mesin yang tepat sangat penting untuk kinerja mesin yang memuaskan, tetapi mempertahankan kecocokan viskositas pada rentang suhu yang dapat meluas jauh di bawah 0°C dan jauh di atas 100°C memerlukan aditif dalam oli mesin (peningkat indeks viskositas, biasanya disebut penambah "VI") yang membantu untuk meminimalkan konsekuensi yang merugikan dari fluktuasi suhu yang besar. Peningkatan VI adalah rantai panjang polimer yang kurang larut dalam minyak dingin tetapi lebih larut dalam minyak hangat. Saat dingin, penambah VI terlipat dalam dirinya sendiri dan

memberikan lebih sedikit resistensi terhadap aliran minyak. Dengan demikian, penambah VI memfasilitasi *start* dingin dari mesin. Saat oli panas, VI improver mengembang menjadi koil yang longgar, sehingga viskositas mesin minyak meningkat lebih dari apa yang seharusnya terjadi pada suhu tinggi. Ekspansi dan kontraksi ini efeknya dapat berkurang seiring bertambahnya usia penambah VI dan dipecah oleh kondisi geser tinggi, yaitu kemungkinan akan dialami setiap kali oli mesin melewati titik kontak yang sempit dan panas seperti di medan berat bantalan beban atau di bawah ring piston (Totten, 2006).

Viskositas kinematik merupakan ukuran resistensi terhadap aliran gravitasi suatu fluida, *head* tekanan sebanding dengan densitasnya. Viskositas dinamis adalah rasio antara tegangan geser yang diterapkan dan laju geser. Ini mengukur resistensi aliran cairan dan biasa disebut viskositas cairan. Resistensi internal dihasilkan dari dua asal. Pertama adalah kohesi molekul atau, gaya tarik-menarik molekul antara molekul-molekul penyusun fluida. kedua adalah resistansi internal yang disebabkan oleh gaya inersia agitasi molekuler.

Viskositas adalah sifat yang paling penting dari minyak pelumas. Viskositas tidak hanya menentukan gesekan internal, tetapi juga kemampuan membawa beban dan ketebalan lapisan oli antara permukaan bantalan. Ini akan mempengaruhi suhu bantalan dan jumlah oli yang diangkut ke bagian bawah piston untuk pendinginan dan ke liner silinder/ring piston. Ini juga mempengaruhi daya sebar minyak (CIMAC, 2004).

Menurut Maleev V.L dan Priambodo (1986), mengemukakan bahwa sistem permesinan semua komponen tidak dalam kondisi halus sehingga komponen dalam permesinan akan meminimalkan gesekan. Komponen permesinan tidak dalam 100% rata dan terdiri atas titik yang tinggi dan rendah, akan terjadi gaya

tekan jika satu dan permukaan saling bergerak atau bergesekan dengan permukaan lain. Komponen mesin yang permukaan lebih kasar berusaha melepaskan titik yang tinggi ke titik yang lunak sehingga timbul keseimbangan. Gesekan (*friction*), merupakan hambatan untuk meluncur atau bergerak. Jika dilihat melalui kaca pembesar yang kuat maka penampang melintangnya akan tampak.

Kinerja minyak pelumas akan tepat jika bisa mengatasi separasi antar elemen mesin dan meminimalkan kontak antar komponen. Lapisan film pada daerah kontak memiliki ketebalan antara 0,1–1,0 μ m. Kondisi ini akan mengurangi kerusakan komponen pada mesin dan menjadi awet. Secara matematika komponen mesin umurnya bisa sampai tak terhingga jika pelumasannya berlangsung sempurna (Darmanto, 2011)

Proses keausan komponen mesin tergantung pada perbedaan karakteristik pada minyak pelumas karena perbedaan sifat tiap minyak pelumas maka akan mengakibatkan tingkat keausan yang berbeda-beda, hal inilah yang bisa mengakibatkan kerusakan pada mesin juga berbeda karena sifat dari pelumas juga berbeda dan kerusakan bisa timbul seiring dengan berjalannya waktu. Panas yang berlebih akan memecah komposisi dan melepaskan partikel karbon, sehingga jika terjadi dalam waktu yang lama maka akan timbul endapan lumpur (*sludge*) (Massora et al., 2014).

Pelumasan mesin yang ideal harus memenuhi persyaratan sebagai berikut: (1) dapat mempertahankan film minyak lumas yang baik pada dinding silinder untuk mencegah keausan berlebihan pada landasan silinder, torak, dan cincin torak; (2) pencegahan terhadap peletakan cincin torak; (3) mendorong fungsi kompresi dalam silinder; (4) endapan karbon pada mahkota, bagian atas torak diminimalkan, dalam lubang buang, dan lubang bilas dihilangkan; (5) menanggulangi proses melapisnya cat

pada permukaan torak suatu silinder; (6) pencegahan kerusakan bantalan; (7) membersihkan bagian dalam mesin; (8) mencegah pembentukan lumpur, penyumbatan saluran minyak, lapisan dan saringan atau meninggalkan endapan dalam pendinginan minyak (*oil cooler*); (9) bisa dipergunakan dalam sembarang jenis saringan; (10) memiliki sifat pada saat *start* mesin dingin (Hendrawan, Sasongko, et al., 2021).

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif yang dilakukan dengan cara observasi di kapal KM P 374. Peneliti menggunakan peralatan seperti termometer, termotester, dan senter. *Observation* diartikan sebagai pengamatan dan pencatatan secara sistematis terhadap gejala yang tampak pada objek pengamatan langsung. Pengamatan dilakukan terkait suhu mesin induk dalam pelayaran dengan melihat indikator dan pengukuran langsung pada mesin induk menggunakan termokopel

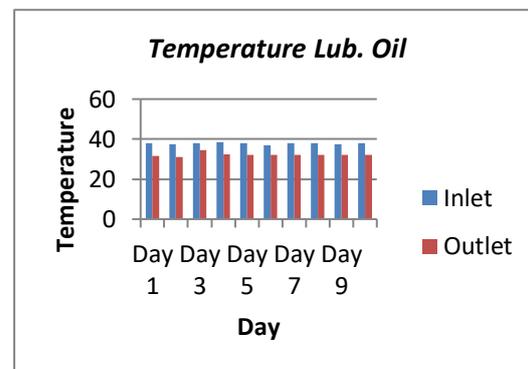
III. HASIL DAN PEMBAHASAN.

Hasil pengukuran diperlihatkan pada tabel 1 yang merupakan hasil pengukuran suhu pelumas.

Tabel 1. Temperatur Minyak Lumas

| Day | Inlet (°C) | Outlet (°C) |
|--------|------------|-------------|
| Day 1 | 38 | 31,5 |
| Day 2 | 37,5 | 31 |
| Day 3 | 38 | 34,5 |
| Day 4 | 38,5 | 32,5 |
| Day 5 | 38 | 32 |
| Day 6 | 37 | 32 |
| Day 7 | 38 | 32 |
| Day 8 | 38 | 32 |
| Day 9 | 37,5 | 32 |
| Day 10 | 38 | 32 |

Gambar 2 menunjukkan perubahan temperatur pada minyak lumas, pada hari ke-3 temperatur mencapai titik paling tinggi yaitu 34,5°C.



Gambar 2. Grafik Rata-Rata Temperatur Minyak Pelumas

Hal ini disebabkan oleh *L.O Cooler* yang kotor mengakibatkan minyak lumas yang sirkulasi dari minyak lumas menjadi tidak efisien. Terjadinya perubahan temperatur disebabkan juga karena adanya masalah pada sistem pendingin yang mengalami sumbatan dan kebocoran pipa pendingin. Maka pendingin yang tugasnya mendinginkan minyak lumas menjadi kurang bekerja secara efektif, akibatnya naiknya temperatur dari minyak lumas dan sistem pendingin itu sendiri.

Terjadi penurunan temperatur pada hari ke-4 dan ke-5, hal ini terjadi karena dilakukannya pembersihan pada *cooler* tersebut serta perbaikan pada pipa pendingin. Sehingga temperatur minyak lumas dan mesin dapat melakukan pendinginan dengan baik, yang berpengaruh pada kinerja mesin induk itu sendiri. Sedangkan pada hari ke-5 sampai dengan hari ke-10, temperatur minyak lumas cenderung stabil dikarenakan, penyebab utama dari naiknya temperatur itu sendiri yaitu tersumbatnya *L.O Cooler* dan pendingin sudah teratasi pada hari ke-3. Menurut penelitian (Hendrawan, Sasongko, et al., 2021) bahwa terdapat pengaruh umur mesin induk terhadap kenaikan suhu pelumas, hal ini diperkuat dengan penelitian (Massora et al., 2014) mengatakan bahwa semakin tinggi suhu pelumas maka kinerja mesin induk makin menurun.

Menurut hasil penelitian (Hadi & Mulyadi, 2017) mengatakan bahwa semakin oli kental, maka pelumasan

akan semakin baik. Namun pada batas tertentu, semakin kentalnya oli malah menghambat kerja komponen yang bergerak. Namun, tingkat keausan lebih mudah terjadi pada pelumas yang lebih encer dengan harga yang tidak terlalu terpaut jauh dari oli yang bagus. Pada variasi viskositas memengaruhi terhadap konsumsi bahan bakar, makin tinggi nilai viskositas maka makin tinggi konsumsi bahan bakarnya (Purba & Tarigan, 2020). Penggunaan oli yang tepat akan menjaga keawetan komponen sehingga waktu penggantian komponen akan lebih lama. Perawatan mesin menjadi lebih mudah dan terjaga sehingga keausan komponen bisa diminimalkan (Hendrawan, 2020, 2022; Hendrawan, Ajun, et al., 2021).

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian bahwa perilaku suhu pelumasan sangat dinamis artinya kenaikan dan penurunannya sangat bergantung pada berbagai faktor. Faktor yang memengaruhi antara lain umur pelumasan, ketepatan jenis pelumas, dan mesin, serta kinerja pendingin.

V. DAFTAR PUSTAKA

- Alirejo, M. S., Daging, I. K., & Preston, J. (2018). Kajian Penerapan Viskositas Minyak Pelumas Pada Mesin Penggerak Utama Kapal Perikanan Di PT. Hasil Laut Sejat. *Jurnal Kelautan Dan Perikanan*, 1(1), 30–37.
- American Bureau of Shipping. (2021). Marine Fuel Oil Advisory. *ABS*, 42.
- CIMAC. (2004). Guidelines for Diesel Engines lubrication, Oil degradation. *The International Council on Combustion Engines*, 22, 66.
- D. A. Taylor. (2003). Introduction to Marine Engineering. *Elsevier Butterworth-Heinemann Linacre House, Jordan Hill*.
- Darmanto. (2011). Mengenal Pelumas Pada Mesin. *Momentum*, 7(1), 5–10.
- Eriksson, M., & Ab, S. C. (2007). The oil temperature's effects on engine oil degradation in trucks The oil temperature's effects on engine oil degradation in trucks SE-100 44 STOCKHOLM The oil temperature's effects on engine oil degradation in trucks. *Master of Science Thesis Stockholm, Sweden*.
- Hadi, E. S., & Mulyadi. (2017). Pengaruh Jarak Tempuh terhadap Viskositas Oli pada Sepeda Motor Matic Tahun 2011. *Jurnal Rekayasa Energi Manufaktur*, 2(2), 63–68.
- Hendrawan, A. (2020). Pengaruh Turbocharger terhadap Daya Mesin Induk KN. Prajapati. *Majalah Ilmiah Gema Maritim*, 22(1), 44–48. <https://doi.org/10.37612/gema-maritim.v22i1.50>
- Hendrawan, A. (2022). Peran Incinerator Dalam Pencegahan Pencemaran Laut Di KM . *Majalah Ilmiah Bahari Jogja (MIBJ)*, 20(1), 42–50.
- Hendrawan, A., Ajun, R., Siswadi, & Supari. (2021). Penyebab Kerusakan Electro Motor Oil Max Pump pada Mesin Induk di KM . Dharma Kartika IX. *Jurnal Sain tara*, 5(2), 28–35.
- Hendrawan, A., Sasongko, A., & Dafa, M. (2021). Pengaruh Umur Pelumasan Terhadap Suhu Mesin Induk KM Logistik Nusantara 4. *Jurnal Sains Teknologi Transportasi Maritim*, 3(2), 1–9.
- Knowles, M., & Baglee, D. (2012). Condition management of marine lube oil and the role of intelligent sensor systems in diagnostics. *Journal of Physics: Conference Series*, 364(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/364/1/012007>
- Massora, M., Kaparang, F. E., & Pangalila, F. P. T. (2014). Hubungan Jenis Pelumas dengan Suhu Mesin Induk KM Tuna Lestari 16. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Perikanan Tangkap*, 1(6), 191–196.

Purba, R., & Tarigan, K. (2020). Pengaruh Jenis Oli Terhadap Daya dan Konsumsi Bahan Bakar Motor Kapasitas 150 CC. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 9, 47–58.

Totten, G. E. (2006). *Handbook of*

lubrication and tribology: Volume I application and maintenance. CRC Press.

Woodyard, D. (2009). *Pounder's marine diesel engines and gas turbines*. Butterworth-Heinemann.