

Kerusakan Metal Jalan Pada Auxiliary Engine di MT. Salmon Mustafa

Damage Crank Pin Bearing on Auxiliary Engine in MT. Salmon Mustafa

Rizal Rivai ◦ Andy Wahyu Hermanto ◦ M. Sapta Heriyawan ◦ Wakhid Suharto

Abstract: Crank pin bearing consist of two plates with very smooth surfaces made from various metal layers with different hardness levels. This component is crucial because it supports the performance of the connecting rod on the crankshaft. It is installed to reduce friction occurring during combustion between the crankshaft and connecting rod. After combustion, the translational force of the piston is converted into rotational force on the crankshaft. The purpose of the research is to understand the factors, impacts, and mitigation efforts related to the damage of metal bearings on the auxiliary engine of MT. Salmon Mustafa. The research method used is qualitative descriptive with fishbone analysis techniques, where data is obtained from observations, interviews, and documentation. Interviews were conducted with the Chief Engineer, Second Engineer, and Third Engineer. The results of this study indicate that the causes of metal bearing damage on the auxiliary engine are suboptimal PMS implementation, inappropriate metal bearing components, decreased lubrication oil pressure, suboptimal lubrication oil cooling, presence of deposits on components, and corrosion or wear. The impacts of these factors include reduced performance of the auxiliary engine, imbalanced crankshaft rotation, and damage to the connecting rod and crankshaft. Efforts to prevent damage to the metal bearings of the auxiliary engine include increasing lubrication oil volume, cleaning the lubrication oil cooler, adjusting LO temperature and LO pressure, cleaning the lubrication oil filter, routine checking of the metal bearings of the auxiliary engine, and monitoring the running hours of the auxiliary engine lubrication oil.

Keywords: auxiliary engine, crank pin bearing, damage

Abstrak: Metal jalan terdiri dari dua lempengan dengan permukaan yang sangat halus yang terbuat dari berbagai lapisan logam dengan berbagai tingkat kekerasan. Komponen ini sangat penting karena mendukung kinerja connecting rod pada poros engkol. Ini dipasang untuk mengurangi gesekan yang terjadi saat pembakaran antara crankshaft dan connecting rod. Setelah pembakaran, gaya translasi piston berubah menjadi gaya putar pada poros engkol. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui faktor, dampak dan upaya akibat dari kerusakan metal jalan pada *auxiliary engine* di MT. Salmon Mustafa. Metode penelitian yang peneliti gunakan adalah deskriptif kualitatif dengan teknik *fishbone analysis*, dimana data didapat dari hasil observasi, wawancara dan dokumentasi. Wawancara dilakukan kepada *Chief Enginer*, *Second Enginer* dan *Three Enginer*. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini menunjukkan bahwa penyebab rusaknya metal jalan pada *auxiliary engine* adalah Pelaksanaan PMS kurang optimal, Komponen metal jalan yang tidak sesuai, Tekanan minyak lumas menurun, pendinginan minyak lumas yang tidak optimal, Terdapat kerak pada komponen, terjadinya korosi atau pengikisan. Dampak dari faktor tersebut yaitu kinerja *auxiliary engine* menurun, putaran poros engkol tidak seimbang, dan rusaknya *connecting rod* dan *crankshaft*. Upaya untuk mencegah

Rizal Rivai
Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang, Indonesia
Email: rivalrivai2603@gmail.com

M. Sapta Heriyawan
Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang, Indonesia
Email: hmsapta@pip-semarang.ac.id

*Andy Wahyu Hermanto
Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang, Indonesia
Email: andy@pip-semarang.ac.id

Wakhid Suharto
Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang, Indonesia
Email: wakhid_suharto@pip-semarang.ac.id

kerusakan pada metal jalan *auxiliary engine* yaitu menambahkan volume minyak lumas, membersihkan cooler minyak lumas, menyetel LO temperatur serta LO pressure, membersihkan filter minyak lumas, pengecekan secara rutin metal jalan *auxiliary engine* mengecek running hours minyak lumas AE.

Kata kunci: *auxiliary engine, kerusakan, metal jalan*

PENDAHULUAN

Indonesia mengalami perkembangan pesat di bidang transportasi, salah satunya dalam bidang transportasi laut. Terdapat banyak perusahaan pelayaran yang memaksimalkan layanan transportasi antar pulau dan negara. Tujuannya agar dapat bersaing dengan perusahaan lain dan segala sesuatu yang berhubungan dengan kapal dan jasa angkutan laut perlu berjalan dengan tidak ada hambatan. Agar kompetitif, perusahaan pelayaran memberikan layanan terbaik kepada konsumen dengan melakukan perawatan terhadap kapalnya. Perawatan kapal merupakan salah satu hal terpenting dalam menjaga kapal agar selalu berada dalam kondisi yang baik dan siap ketika akan beroperasi. Keadaan ini didukung oleh kualitas *crew* yang berpengalaman dan bersertifikasi serta tersedianya suku cadang yang cukup untuk melakukan perbaikan secara cepat dan tidak ada hambatan sesuai agenda yang sudah ditetapkan. Keadaan mesin yang baik, perlengkapan yang tepat, dan pemeliharaan secara berkala akan meminimalkan kerusakan tak terduga pada kapal dan meminimalisir biaya perbaikan.

Permasalahan yang umum terjadi pada kapal ialah rusaknya *auxiliary engine* yang merupakan bagian dari alat bantu pembangkit listrik pada kapal. *Auxiliary engine* mengalami kegagalan sistem pendingin, dengan suhu *in* 55°C dan suhu *out* meningkat dari 34°C menjadi 46°C. Hal ini kemungkinan diakibatkan oleh endapan yang mempengaruhi kemampuan sistem pendingin. Itu terjadi di *cooler* karena kotoran yang masuk dari air laut. Sistem lain juga mungkin terpengaruh. Misalnya, sistem pelumasan yang sangat canggih menghasilkan panas di dalam pelumasan dan mengurangi tekanan di dalam pelumasan. Artinya *auxiliary engine* sudah tidak berfungsi dengan baik. Untuk pengoperasian pada 720 RPM (*Revolution Per Minute*) dan 1430 BHP (*Brake Horse Power*), temperatur gas buang tiap silinder 280-340 °C, tekanan kompresi tiap silinder 40-71 bar dan tekanan maksimum 130 ± 3 bar. Sesuai dengan manual *Hyundai Man B&W* dan dengan mengamati keadaan mesin ketika beroperasi dengan normal.

Berlandaskan kejadian peneliti saat melakukan PL di kapal MT. Salmon Mustafa pada tanggal 13 Oktober 2021 sampai 15 Oktober 2022, adanya penurunan kinerja *auxiliary engine* dalam tahap pembakaran dan pelumasannya turun, kinerja silinder bermasalah, sebab tenaga yang diciptakan oleh gas pembakaran tinggi dan terjadi secara intens, mesin beroperasi namun adanya masalah pada metal jalan, dan ketidaknormalan pada RPM yang umumnya RPM 720. Namun pada kerusakan metal jalan turun sampai 680 RPM serta hal tersebut mimicu terlambatnya perjalanan sehingga perusahaan mengalami kerugian. Setelah terjadi kerusakan, pihak perusahaan menghubungi PT. Pupuk Indonesia Logistik mengirimkan teguran berupa email kepada nakhoda dan memintanya meneruskan ke KKM untuk memaksimalkan tanggung jawab kerja masinis. Jika peristiwa serupa terulang kembali, PT. Pupuk Indonesia Logistik akan mengambil tindakan berupa sanksi atau denda kerugian. Berlandaskan permasalahan diatas, maka penelitian ini bertujuan untuk mengetahui faktor penyebab kerusakan metal jalan pada E di MT. Salmon Mustafa, untuk mengetahui akibat rusaknya metal jalan pada *auxiliary engine* di MT. Salmon Mustafa, dan untuk mengetahui upaya mengatasi kerusakan pada metal jalan pada *auxiliary engine* di MT. Salmon Mustafa.

METODE

Metode penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif untuk menginterpretasi fenomena. Menurut Nana Syaodih Sukmadinata (2011: 73), penelitian

deskriptif kualitatif ditujukan untuk mendeskripsikan dan menggambarkan fenomena-fenomena yang ada, baik bersifat alamiah maupun rekayasa manusia, yang lebih memperhatikan mengenai karakteristik, kualitas, keterkaitan antar kegiatan. Sumber data yang digunakan adalah sumber data primer dan sekunder dengan teknik pengumpulan data observasi, wawancara, dan dokumentasi. Observasi dilakukan dengan mengamati faktor yang mengakibatkan rusaknya metal jalan dan dampak dari kerusakan tersebut. Untuk wawancara dilakukan bersama kepala kamar mesin dan perwira jaga MT. Salmon Mustafa. Serta dokumentasi dilakukan dari dokumen dan surat termasuk buku petunjuk instruksi mesin kapal/*manual book* dan catatan bulanan perawatan permesinan di kapal. Teknik analisa data penelitian ini adalah dengan metode analisis *fishbone*. Menurut Gaspers, V (2002), analisis Fishbone (atau Ishikawa) adalah suatu pendekatan terstruktur yang memungkinkan dilakukan suatu analisis lebih terperinci dalam menemukan penyebab-penyebab suatu masalah, ketidaksesuaian, dan kesenjangan yang ada. Penelitian ini dilakukan selama 12 bulan 3 hari terhitung dari tanggal 13 Oktober 2021 sampai 15 Oktober 2022 di kapal MT. Salmon Mustafa. Kapal ini berjenis *gas carrier* yang dimiliki oleh PT. Pupuk Indonesia Logistik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini analisa masalah akan diketahui dengan menggunakan metode *Fish Bone* dengan Analisa kualitatif. Metode analisis *fishbone* digunakan untuk menguraikan hambatan-hambatan yang terjadi di MT. Salmon Mustafa, termasuk *Machine* (mesin), *Man* (manusia), *Material* (bahan), dan *Milieu/mother nature* (lingkungan). Berikut diagram analisis *fishbone* dalam penelitian ini:

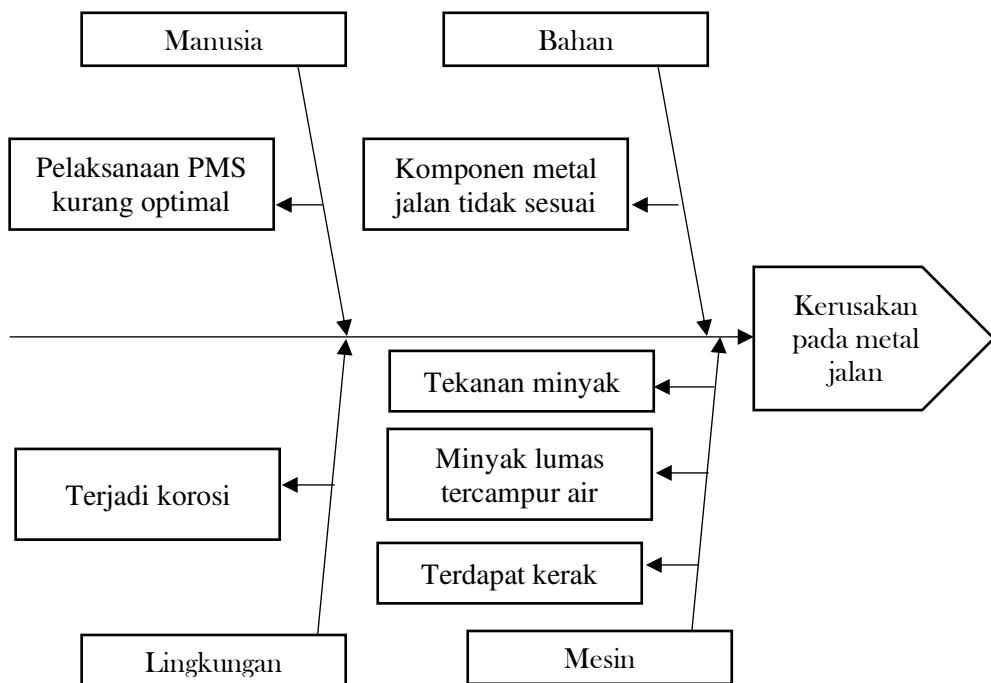


Figure 1. Diagram *fishbone*

Dari analisis masalah ini, terlihat bahwa ada beberapa faktor yang, berdasarkan pengamatan dan observasi langsung, memiliki dampak kerusakan yang paling signifikan pada kapal MT. Salmon Mustafa, yaitu :

1. Manusia

Faktor manusia disebabkan karena pelaksanaan PMS yang kurang optimal serta kurangnya pengalaman atau pemahaman dalam perawatan metal jalan.

2. Bahan/material

Faktor material disebabkan karena salah dalam mengukur atau memilih ketebalan metal jalan.

3. Mesin

Faktor mesin disebabkan karena tekanan minyak lumas yang menurun, pendinginan minyak lumas yang tidak optimal dan terdapat kerak pada komponen.

4. Lingkungan

Faktor lingkungan disebabkan karena getaran, gesekan, suhu tinggi, dan masa umur metal jalan.

Dari hasil Analisa dengan menggunakan *fishbone* maka dapat disampaikan pembahasan sebagai berikut :

1. Faktor yang menyebabkan kerusakan metal jalan pada *auxiliary engine no. 2*

a. Pelaksanaan PMS yang kurang optimal

Masinis melakukan perawatan atau perbaikan dengan kebiasaan mereka tidak sesuai dengan *manual book* dan PMS yang telah ada di atas kapal. Masinis harus memperhatikan *running hours* minyak lumas.

b. Komponen metal jalan tidak sesuai

Karena berpengaruh pada kinerja mesin, komponen sangat penting untuk operasi mesin. Dalam situasi ini, terjadi kesalahan dalam memilih komponen metal jalan, yang seharusnya memiliki ketebalan yang melebihi ukuran standar. Ini adalah hasil dari kejadian sebelumnya di mana terjadi pengikisan antara jalan metal dan crank pin journal. Oleh karena itu, diperlukan memesan metal jalan dengan ukuran tertentu.



Figure 2. Pengukuran metal jalan
Source : Dokumentasi penelitian

c. Tekanan minyak lumas menurun

Pressure gauge di *auxiliary engine* dapat digunakan untuk mengetahui apakah minyak lumas turun. Pada buku manual, tekanan yang diizinkan adalah sekitar 3,5 hingga 4 bar, dan alarm akan muncul pada tekanan 3 bar dan auto *stop engine* pada tekanan 2 bar. Temperatur tinggi di mesin menyebabkan minyak lumas turun, yang menyebabkan kebocoran atau ketebalan minyak lumas yang lebih rendah akibat celah yang terlalu besar di poros main *bearing*, poros *crank pin*, dan *trust bearing*.

Peneliti melakukan inspeksi terhadap komponen yang dilewati oleh minyak pelumas. Proses ini dilakukan dengan mengaktifkan pompa pengisi (*priming pump*), dan hasilnya menunjukkan adanya kebocoran pada *thrust bearing*. Minyak pelumas tampak bocor di sepanjang sisi *thrust bearing*. Selain itu, terdapat masalah dimana jumlah minyak pelumas yang masuk ke dalam metal jalan terlalu banyak, menandakan bahwa kondisi metal jalan tidak berada dalam keadaan yang optimal.

d. Pendinginan minyak lumas tidak optimal

Pada sistem pendingin minyak pelumas, minyak pelumas dijaga suhunya dengan menggunakan *jacket cooling*. *Jacket cooling* ini mendinginkan minyak pelumas dengan menggunakan air laut yang disalurkan ke *cooler* yang terpisah dari mesin diesel kapal. Penting untuk menjaga agar tekanan air laut pada *inlet* dan *outlet cooler* tidak terlalu berbeda, karena perbedaan ini dapat memengaruhi kemampuan *jacket cooling* dalam menyerap panas dari mesin diesel.

Cooler pendingin *jacket cooling* sering memerlukan pembersihan pada plat-plat sisi air laut karena saat kapal berlabuh di pelabuhan yang memiliki kehadiran kerang laut kecil. Kerang laut ini dapat menyumbat celah plat pada sisi air laut *cooler*, yang pada akhirnya meningkatkan suhu *jacket cooling* diesel engine dan juga suhu minyak pelumas. Ada beberapa faktor yang dapat menyebabkan pendinginan minyak pelumas menjadi kurang optimal, yaitu plat pada sisi air laut seringkali terkena kotoran atau endapan, yang membuat proses pendinginan minyak pelumas menjadi krusial.

e. Terdapat kerak pada komponen

Kerak yang terbentuk terhadap bagian disebabkan oleh keausan terhadap permukaan logam, yang dipicu oleh ketidakoptimalan fungsi minyak pelumas. Minyak pelumas tersebut telah mengalami oksidasi, yang menghasilkan pembentukan *sludge* (lumpur) dan endapan-endapan. Lumpur atau endapan tersebut menempel dan menyumbat alur-alur pada komponen logam dan tersebar bersama dengan minyak. Akibatnya, aliran minyak pelumas terhambat di bagian metal engkol dan pena engkol (*crank pin*), yang seharusnya berfungsi untuk menghindari kontak langsung. Hal ini terjadi karena mesin beroperasi pada putaran tinggi, yang mengakibatkan gesekan antara metal engkol dan pena engkol (*crank pin*). Selain itu, *crank pin* menjadi lebih lunak daripada metal poros engkol, sehingga akibat dari gesekan tersebut adalah pengikisan *crank pin* yang akhirnya membentuk kerak pada komponen tersebut.

Fenomena ini menjadi sebuah siklus yang merugikan. Pembentukan kerak pada *crank pin* tidak hanya mengurangi efisiensi pelumasan, tetapi juga dapat mengakibatkan kerusakan lebih lanjut pada komponen mesin. Dalam hal ini, penting untuk memperhatikan kualitas minyak pelumas, melakukan perawatan dan penggantian minyak secara teratur, serta menjaga agar sistem pelumasan tetap optimal guna mencegah terjadinya proses oksidasi yang menjadi pemicu pembentukan *sludge* atau lumpur tersebut.

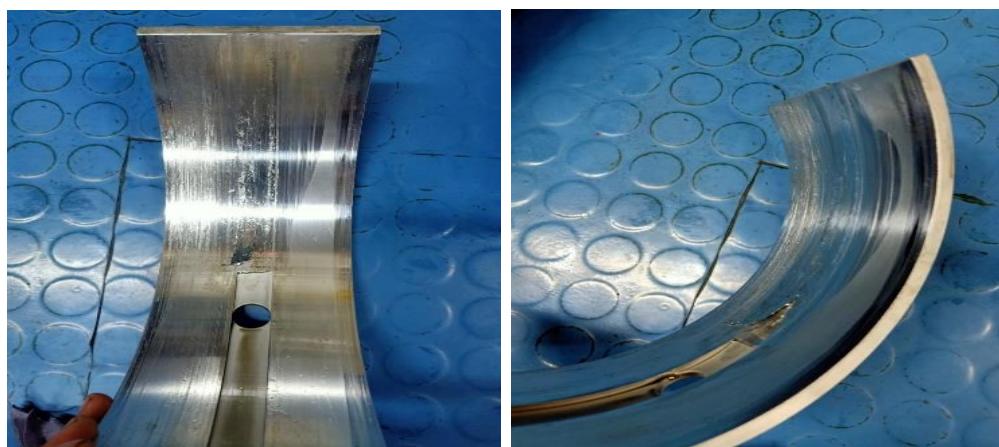


Figure 3. Metal jalan

Source : Dokumentasi penelitian

Untuk menganalisis pengikisan yang terjadi pada metal jalan, tindakan yang diambil adalah dengan membuka filter *LO pump*. Pada permukaan filter tersebut, terlihat kerak yang berasal dari metal jalan.

f. Terjadinya korosi

Keadaan lingkungan yang korosif memengaruhi proses korosi pada material, yang dapat merusak permukaan dan mempermudah keretakan. Metal jalan yang terbuat dari paduan baja tempa khusus sangat tahan terhadap getaran, gesekan, suhu tinggi, dan kondisi lainnya.

Setelah berbagai uji, komponen ini mencapai tingkat ketahanan tertentu, yang dikenal sebagai maksimum jam kerja. Tingkat ketahanan ini menunjukkan sejauh mana komponen dapat menahan pengaruh getaran, gesekan, suhu tinggi, dan faktor-faktor lainnya selama penggunaan. Meskipun mungkin ada batasan toleransi yang ditentukan oleh oli over running hours, jika metal jalan telah melebihi batas jam kerja tersebut, maka metal jalan harus segera diganti.

2. Dampak yang disebabkan kerusakan metal jalan

a. Kinerja *auxiliary engine* menurun

Pada saat mesin beroperasi kerusakan pada metal jalan berdampak negatif pada performa motor diesel generator pada saat beroperasi, yang menyebabkan penurunan kinerja. Dalam keadaan normal, tekanan oli biasanya mencapai 3.9 bar, yang memungkinkan mesin untuk beroperasi selama 2 hari saat kapal berlayar. Namun, akibat keausan pada metal jalan, tekanan oli menurun dengan cepat, mengakibatkan mesin tidak dapat beroperasi mengakibatkan performa motor diesel menjadi tidak optimal dan mengganggu sistem kelistrikan kapal.

b. Putaran poros engkol tidak seimbang

Ketidakseimbangan pada poros engkol dapat diperbaiki dengan mengurangi material dari bagian pipi engkol atau dengan mengatur bobotnya melalui proses pembakaran atau penggerindaan. Pada alat khusus, poros engkol biasanya dirancang agar seimbang, dan ketidakseimbangan diatasi dengan penyesuaian beratnya. Dalam keseluruhan, kondisi poros engkol harus dijaga dengan baik untuk memastikan kinerjanya yang optimal, dan peredam getaran digunakan untuk mengurangi dampak getaran dan pergerakan poros engkol.

c. Rusaknya *connecting rod* dan *crankshaft*

Ketidakseimbangan dalam putaran *crankshaft* dapat mengakibatkan kerusakan pada *connecting rod* dan *crankshaft*. Di antara metal jalan (*bearing*) dengan metal duduk terdapat lapisan film minyak (*oil film*) yang beroperasi dalam celah tertentu. Jika lapisan film minyak longgar, maka fungsi pelumasannya, yang bertugas melapisi kedua metal jalan tidak akan terjadi. Apabila lapisan oil film hilang, kedua metal tersebut akan berkontak langsung, yang akan mengakibatkan penurunan tekanan minyak (*oil pressure*) atau bahkan kehilangan oli. Ketika kedua metal ini bergesekan, celah di antara mereka akan semakin longgar, yang dapat menghambat sirkulasi minyak. Bahkan, bila metal duduk dan metal jalan rusak dan tidak dengan cepat diganti, maka metal jalan yang juga bermanfaat untuk menahan *connecting rod* dan *crankshaft* bisa terlepas. Akibatnya, piston dapat bertabrakan dengan katup (*valve*). Dalam situasi ini, akan terjadi kerusakan parah yang dapat menyebar dan disebut sebagai kerusakan katastrofik.

3. Upaya untuk mencegah kerusakan pada metal jalan *auxiliary engine*.

- a. Untuk mencegah Tingkat tekanan minyak lumas yang turun dapat diatasi dengan menambahkan volume minyak lumas untuk menjaga tekanan yang diperlukan. Selain itu, dibersihkannya *cooler* minyak lumas dan *cooler jacket cooling* merupakan langkah penting untuk mencegah viskositas minyak lumas turun sehingga tekanan dapat meningkat. Penyetelan *lubricating oil temperature* dan *lubricating oil press* juga perlu dilakukan, serta digantinya filter minyak lumas yang bersih.
- b. Untuk mencegah pendinginan minyak lumas yang tidak maksimal. Untuk mengatasi masalah ini, perlu dibersihkannya *cooler* minyak lumas dan *cooler jacket cooling* secara berkala supaya viskositas minyak lumas tetap optimal. Selain itu, meningkatkan volume minyak lumas dan mengelola *lubricating oil temperature* serta *lubricating oil pressure* juga merupakan tindakan yang perlu dilakukan.

Untuk mengatasi terdapat masalah kerak pada komponen, yang dapat dihindari dengan melakukan beberapa tindakan pencegahan. Hal ini mencakup pemeriksaan berkala terhadap metal jalan, digantinya metal jalan yang sudah mencapai batas umur, dan pemeriksaan rutin pada minyak lumas sesuai running hours minyak lumas AE. Dengan langkah-langkah ini, kerusakan metal jalan pada mesin bantu dapat diminimalkan, dan kinerja mesin dapat tetap optimal

KESIMPULAN

Faktor-Faktor yang mengakibatkan kerusakan pada metal jalan yaitu pelaksanaan PMS yang kurang optimal, komponen metal jalan tidak sesuai, Tingkat tekanan minyak lumas turun, pendinginan minyak lumas tidak maksimal, adanya kerak pada komponen dan terjadinya korosi. Hal tersebut berdampak pada kinerja auxiliary engine menurun, putaran poros engkol tidak seimbang dan kerusakan connecting rod dan crankshaft. Upaya pencegahan untuk kerusakan pada metal jalan auxiliary engine yaitu menambahkan volume minyak lumas, membersihkan cooler minyak lumas, menyetel LO temperatur serta LO pressure, membersihkan filter minyak lumas, pengecekan secara rutin metal jalan AE dan mengecek running hours minyak lumas auxiliary engine. Agar hal tersebut tidak terjadi kembali, sebaiknya masinis melakukan perawatan dan perbaikan pada semua komponen yang mendukung kinerja motor diesel generator sesuai dengan jadwal yang telah ditentukan dalam manual book, menganalisis faktor-faktor yang menyebabkan penurunan kinerja seperti penggantian sparepart. Serta sebaiknya masinis menjaga komunikasi yang efektif dengan pihak perusahaan agar menghindari kesalahpahaman dalam hal permintaan pengiriman barang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Direktur PIP Semarang, dosen-dosen yang telah memberikan bimbingan dan wawasan yang berharga, serta dosen pembimbing yang telah dengan sabar membimbing peneliti sepanjang proses ini. Juga, terima kasih kepada teman-teman yang selalu mendukung dan memberikan semangat. Tanpa dukungan dan bantuan dari kalian semua, skripsi ini tidak akan mencapai hasil yang optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdussamad, H. Z., & Sik, M. S. (2021). *Metode penelitian kualitatif*. CV. Syakir Media Press.
- Alfian, K. (2019). Cara pengoperasian dan perbaikan mesin induk di KMP. Gerbang Samudra 3. Universitas Maritim AMNI Semarang.
- Arikunto, S. (2006). Metode Penelitian Suatu Tinjauan Praktek. *Penerbit Rineka Cipta*. Jakarta.
- Exoryanto, D. Y., & Sudarmanta, B. (2017). Studi eksperimen unjuk kerja mesin diesel menggunakan sistem dual fuel solar gas CNG Dengan Variasi Tekanan injeksi gas dan derajat waktu injeksi. *Jurnal Teknik ITS*, 5(2).
- Herjuna, R. P. (2020). Analisis rusaknya crankpin bearing dan main bearing pada motor diesel generator di MT. Kurau (Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang).
- Lantang, D. V. (2021). Penyebab Keausan Pada Crank Pin Bearing Pada Diesel Generator (Auxiliary Engine) Di Kapal KM. Tonasa Line-X. In *Prosiding Seminar Nasional Sinergitas Multidisiplin Ilmu Pengetahuan dan Teknologi* (Vol. 4, pp. 485-492).
- Listiawan, T. (2016). Pengembangan learning management system (lms) di program studi pendidikan matematika stkip pgri tulungagung. *JIPI (Jurnal Ilmiah Penelitian dan Pembelajaran Informatika)*, 1(01).
- Moleong, L. J. (2017). Metode Penelitian Kualitatif, cetakan ke-36, Bandung: PT. Remaja Rosdakarya Offset, 6.
- Prasetyo, I., & Anam, K. (2020). Analisa kausan dinding silinder dan keolengan poros engkol pada mesin diesel Mitsubishi PS 100. *Surya Teknika: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 4(1).
- Purba, Hadi, E. S., & Budiarto, U. (2015). Analisis Optimasi Penentuan Kapasitas Daya Generator Pada Kapal KM. Sinabung. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 3(2).
- Salim, A., Setiawan, F. W., & Albanjari, M. A. (2020). Perbandingan Piston Standar Dan Piston Semi Racing Terhadap Tekanan Kompresi Dan Konsumsi Bahan Bakar Pada Motor Satria F150. *JMIO J. Mesin Ind. dan Otomotif*, 1(02).
- Satria, R. K. (2018). Analisis kerusakan crank pin bearing pada motor diesel generator di MV. Kartini Baruna (Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang).
- Siahaan, J. L., Juanaidi, J., & Kurniawan, F. A. (2022). Analisa kekerasan bushing connecting rod menggunakan bahan paduan alumunium dan bronze dengan system perlakuan panas pada mesin mobil L300 diesel. *Buletin Utama Teknik*, 17(3), 279-281.
- Sugiyono, D. (2017). Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D. bandung: Alfabeta. *Procrastination And Task Avoidance: Theory, Research and Treatment*.
- Sugiyono. 2009. Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R & D. Bandung : Alfabeta.