

Analisis Kerusakan Crankpin Bearing pada Motor Diesel Generator di MV. CM Laurencia

Angga Hani Pratama¹, Priyanto^{2*}, Noerimawan³, Puryadi⁴

^{1,2,3,4} Program Studi Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal

*e-mail korespondensi: priyanto@akpelni.ac.id

Abstract

This study investigates the crank pin bearing failure of the diesel generator engine aboard MV. CM Laurencia, which led to a blackout during cargo operations. The failure was indicated by reduced lubricating oil pressure, rising oil temperature, abnormal vibrations, and decreased generator output. A descriptive qualitative approach was applied through direct observation during sea practice, interviews with engine crew, and documentation review. The findings reveal that the primary cause was ineffective lubrication due to clogged oil filters containing metal particles, thermal degradation of oil, and delayed maintenance. The bearing experienced wear exceeding tolerance, with a clearance deviation of 0.3 mm versus the standard 0.10-0.12 mm. This resulted in crankshaft imbalance, combustion disruptions, decreased thermal efficiency, and higher fuel consumption. The study recommends implementing running-hour-based maintenance, timely oil and filter replacement, and real-time monitoring of oil parameters to prevent similar failures, aiming to improve crew awareness and technical competence in maintaining diesel generator components..

Keywords: Crank Pin Bearing, Diesel Generator, Engine Damage, Lubrication System, MV. CM Laurencia.

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kerusakan pada crank pin bearing motor diesel generator yang terjadi di kapal MV. CM Laurencia. Kerusakan tersebut ditandai oleh penurunan tekanan oli pelumas, peningkatan suhu oli, getaran dan suara abnormal, serta penurunan daya output generator hingga terjadi blackout saat proses bongkar muat. Metode yang digunakan adalah pendekatan kualitatif deskriptif dengan teknik pengumpulan data melalui observasi langsung selama praktik laut, wawancara dengan kru mesin, serta studi dokumentasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penyebab utama kerusakan adalah sistem pelumasan yang tidak efektif akibat tersumbatnya filter oli oleh gram logam, degradasi termal pelumas, serta keterlambatan dalam pelaksanaan perawatan berkala. Komponen crank pin bearing mengalami keausan melebihi batas toleransi, dengan deviasi celah mencapai 0,3 mm dari standar 0,10-0,12 mm. Kerusakan ini berdampak pada ketidakseimbangan putaran poros engkol, gangguan pada sistem pembakaran, penurunan efisiensi termal, serta peningkatan konsumsi bahan bakar. Penelitian ini merekomendasikan penerapan perawatan berbasis running hours, penggantian oli dan filter secara berkala, serta pemantauan tekanan dan suhu oli secara real-time untuk mencegah kerusakan serupa di masa mendatang. Diharapkan hasil studi ini dapat meningkatkan kesadaran dan kompetensi teknis awak kapal dalam menangani komponen vital mesin diesel generator secara optimal.

Kata Kunci: Crank Pin Bearing, Diesel Generator, Kerusakan Mesin, Sistem Pelumasan, MV. CM Laurencia.

PENDAHULUAN

Transportasi laut memiliki peran penting dalam mendukung rantai pasokan global, khususnya pada kapal kargo yang mengangkut berbagai jenis muatan antar pelabuhan. Kinerja mesin kapal menjadi faktor krusial dalam menjaga kelancaran operasi, termasuk keberfungsian mesin bantu seperti diesel generator. Salah satu masalah yang sering terjadi pada mesin

generator adalah penurunan tekanan oli pelumas, kenaikan suhu oli, putaran mesin yang tidak stabil, serta munculnya getaran dan suara abnormal. Kasus ini teridentifikasi pada MV. *CM Laurencia* selama periode observasi 28 Maret 2024 hingga 10 April 2025, di mana penurunan tekanan oli dari 0,52 MPa menjadi 0,38 MPa menyebabkan shutdown otomatis dan blackout saat proses bongkar muat. Temuan adanya serpihan logam pada filter oli mengindikasikan kerusakan serius pada komponen internal mesin, terutama crank pin bearing. Sesuai data yang di dapat setiap harinya dalam kurun waktu 1 minggu, Kondisi ini berdampak langsung pada penurunan kinerja generator karena gesekan yang terlalu tinggi dan berkurangnya oli di dalam carter, yang seharusnya mampu menghasilkan beban 400 kW namun hanya mencapai 200 kW, sehingga mengganggu efisiensi operasional kapal.

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa kerusakan pada crank pin bearing diesel generator umumnya disebabkan oleh kegagalan sistem pelumasan, keausan berlebih akibat keterlambatan perawatan, dan kontaminasi oli oleh partikel logam (Yunus et al., 2022; Rahman & Hadi, 2023). Studi-studi tersebut juga menekankan bahwa ketidakseimbangan rotasi *crankshaft* dapat mengganggu proses pembakaran, menurunkan efisiensi termal, serta meningkatkan konsumsi bahan bakar. Meskipun penelitian mengenai kerusakan bearing telah banyak dilakukan, kajian yang fokus secara mendalam pada kerusakan *crankpin bearing* di lingkungan operasional kapal LPG/C atau bulk carrier masih terbatas. Selain itu, sebagian besar penelitian terdahulu hanya menggunakan pendekatan teoritis atau data laboratorium, sedangkan penelitian berbasis pengamatan langsung (*sea practice*) dengan durasi panjang jarang dilakukan. Hal ini membuka celah penelitian untuk memberikan kontribusi baru terkait penyebab dan dampak kerusakan bearing pada diesel generator di lapangan.

Berdasarkan observasi dan analisis awal bersama Masinis III, hipotesis penelitian ini adalah bahwa kerusakan *crankpin bearing* terjadi akibat sistem pelumasan yang tidak efektif, disebabkan oleh filter oli yang tersumbat partikel logam, degradasi termal oli, dan keterlambatan perawatan rutin karena jadwal pelayaran yang padat. Kondisi ini menyebabkan celah *bearing* melebihi batas toleransi, menurunkan rpm mesin dari 900 menjadi 700, memicu ketidakstabilan suhu gas buang (250-310°C), dan menghasilkan beban listrik yang tidak sesuai spesifikasi. Penelitian ini berargumen bahwa dengan pemeliharaan berbasis jam operasi (*running hours*), penggantian oli dan filter secara teratur, serta pemantauan real-time tekanan dan suhu oli, kerusakan serupa dapat dicegah sehingga keandalan mesin generator dapat dipertahankan.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis secara mendalam kerusakan crank pin bearing pada motor diesel generator MV. *CM Laurencia* melalui pendekatan deskriptif kualitatif yang melibatkan observasi lapangan, wawancara dengan kru mesin, dan studi dokumentasi. Penelitian ini diharapkan dapat mengidentifikasi penyebab utama kerusakan, mengevaluasi dampaknya terhadap performa mesin dan efisiensi operasional kapal, serta memberikan rekomendasi teknis yang aplikatif untuk meningkatkan manajemen pemeliharaan mesin bantu kapal. Dengan demikian, hasil penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi kebaruan dalam pemahaman mekanisme kerusakan bearing pada lingkungan operasional kapal, sekaligus menjadi referensi bagi peningkatan kompetensi teknis awak kapal dalam mencegah kerusakan serupa di masa depan.

METODE

Metode penelitian yang digunakan untuk menganalisis kerusakan crank pin bearing pada motor diesel generator di kapal MV. *CM Laurencia*. Penelitian ini menggunakan desain kualitatif deskriptif yang bertujuan untuk memberikan gambaran mendetail mengenai penyebab dan dampak kerusakan melalui pengamatan langsung, wawancara, serta studi dokumentasi selama praktik laut. Pendekatan ini dipilih karena mampu menggali fenomena kerusakan secara

mendalam dan menggambarkan kondisi nyata di lapangan dengan mempertimbangkan pengalaman serta perspektif awak mesin kapal.

Populasi penelitian mencakup seluruh mesin bantu diesel generator di kapal tersebut, dengan fokus pada diesel generator nomor 1 yang mengalami penurunan tekanan oli, getaran abnormal, dan penurunan daya output hingga menyebabkan *blackout*. Sampel penelitian dipilih secara *purposive*, melibatkan Kepala Kamar Mesin, Masinis II, Masinis III, dan teknisi mesin yang terlibat langsung dalam pengoperasian dan pemeliharaan mesin. Informasi yang diperoleh dari para informan ini menjadi sumber utama dalam memahami pola kerusakan dan efektivitas prosedur perawatan yang diterapkan di atas kapal.

Pengumpulan data dilakukan melalui observasi langsung selama praktik laut yang berlangsung dari 28 Maret 2024 hingga 10 April 2025. Selama periode ini, peneliti melakukan pemantauan terhadap performa mesin, termasuk tekanan dan suhu oli pelumas serta getaran yang muncul selama operasi. Selain itu, wawancara semi-terstruktur dilakukan dengan awak mesin untuk menggali informasi lebih lanjut mengenai penyebab, dampak, dan upaya perbaikan yang dilakukan. Studi dokumentasi digunakan sebagai pelengkap, mencakup pemeriksaan manual book, logbook mesin, laporan overhaul, dan foto-foto kerusakan komponen. Instrumen penelitian berupa panduan observasi dan daftar pertanyaan wawancara telah divalidasi oleh dosen pembimbing dan praktisi permesinan kapal untuk menjamin akurasi dan relevansi data.

Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif melalui tahapan reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan. Reduksi data dilakukan dengan menyeleksi informasi yang relevan, kemudian menyajikannya dalam bentuk tabel dan diagram, termasuk diagram *fishbone* untuk mengidentifikasi faktor-faktor penyebab kerusakan. Tahap akhir analisis dilakukan dengan menarik kesimpulan dan memberikan rekomendasi perawatan preventif berdasarkan temuan penelitian.

Dalam proses penelitian, digunakan berbagai alat perawatan mesin seperti kunci momen, mikrometer, plastigage untuk pengukuran celah *bearing*, serta instrumen pengukur tekanan dan suhu oli. Dokumentasi dilakukan menggunakan kamera dan buku catatan untuk mendukung validitas data. Bahan yang digunakan mencakup oli pelumas MOBILGARD M430 dan crank pin bearing tipe U50 yang digunakan dalam proses penggantian komponen saat overhaul. Objek penelitian adalah Diesel Generator Daihatsu 5DC-17 dengan 5 silinder dan kecepatan putar 900 rpm yang memiliki kapasitas daya 440 kW. Penggunaan alat dan bahan ini mendukung analisis kerusakan dan rekomendasi teknis yang dihasilkan dalam penelitian ini.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini menyajikan hasil penelitian mengenai kerusakan crank pin bearing pada motor diesel generator di kapal MV. *CM Laurencia*. Pembahasan dilakukan secara terpadu, mencakup gambaran umum diesel generator, hasil identifikasi masalah, analisis overhaul, dampak kerusakan terhadap performa mesin, diskusi hasil dengan literatur, dan rekomendasi teknis yang diajukan.

Penyajian Data

Gambaran Umum Diesel Generator MV. CM Laurencia

Kapal MV. *CM Laurencia* memiliki tiga unit motor diesel generator yang berfungsi sebagai sumber tenaga listrik utama untuk sistem operasional kapal. Objek penelitian ini berfokus pada unit diesel generator nomor 1, berkapasitas 440 kW dengan tipe Daihatsu 5DC-17, lima silinder, dan kecepatan putar 900 rpm. Mesin ini menggunakan sistem pelumasan *forced lubricating* dengan oli MOBILGARD M430 dan pendinginan berbasis air tawar. Selama praktik laut yang berlangsung sejak 28 Maret 2024 hingga 10 April 2025, ditemukan penurunan performa yang signifikan. Tekanan oli yang awalnya stabil di 0,52 MPa menurun hingga 0,38

MPa, suhu pelumas meningkat hingga 70°C, dan daya keluaran hanya mencapai 50% dari kapasitas nominal. Kejadian ini mengakibatkan blackout saat proses bongkar muat dan menimbulkan gangguan besar pada operasi kapal.



Gambar 1. Mesin Diesel Generator MV. CM Laurencia
 Sumber: Dokumentasi pribadi

Gambaran Umum tentang Crankpin

Crankpin bearing merupakan komponen penting dalam sistem mesin diesel yang berfungsi mengurangi gesekan antara crankpin pada poros engkol dan big end pada connecting rod. Efisiensi dan daya tahan bearing sangat dipengaruhi oleh material pembuatnya dan kualitas sistem pelumasan. Crankpin memiliki oil hole sebagai saluran distribusi oli untuk melumasi poros engkol, sehingga rotasi mesin dapat berlangsung stabil dan menghindari kerusakan akibat kontak langsung antar logam. Poros engkol sendiri terdiri dari crank journal dan main journal, yang ditopang oleh bantalan duduk (metal duduk) dan metal bulan. Selain itu, poros engkol dilengkapi counterweight untuk menjaga keseimbangan putaran selama langkah usaha pembakaran. Bantalan poros engkol dibuat dengan material berbeda dari poros untuk mencegah goresan berlebih, dan membutuhkan pelumasan yang konsisten untuk menjaga kinerja mesin. Investigasi yang dilakukan oleh Masinis III memastikan bahwa penurunan rpm mesin bersumber dari kerusakan mekanis pada sistem ini, bukan kesalahan operasional.

Proses Pengamatan Motor Diesel Generator

Sebelum pengamatan dilakukan, Masinis III memeriksa laporan *running hours* mesin dan menemukan bahwa jam kerja *crankpin bearing* telah melampaui batas rekomendasi. Pengujian performa diesel generator menunjukkan penurunan tekanan oli yang signifikan saat beban berkurang. Pada kondisi normal, beban mesin 400 kW dengan tekanan oli 0,52 MPa, tetapi saat beban turun menjadi 200 kW, tekanan oli menurun hingga 0,38 MPa. Yang seharusnya tekanan oli tetap pada 0,52 MPa. Fenomena ini menandakan adanya gangguan pada sistem pelumasan yang berpotensi merusak komponen internal mesin:

Tabel 1. *Low L.O Pressure*

Tanggal	RPM	Tekanan standard	Tekanan Oli (MPa)	Suhu Oli (°C)	Beban (kW)	Keterangan
April 2024	900	0,52	0.52	56	380	-
Juni 2024	860	0,52	0.47	60	360	Oli menghitam
Agustus 2024	700	0,52	0.38	70	200	Shutdown otomatis
September 2024	-	-	-	-	-	Bongkar <i>crankpin</i> ditemukan kerusakan metal jalan

Hasil pengamatan ini menjadi dasar dilakukannya pemeriksaan mendalam melalui proses *overhaul* untuk mengidentifikasi penyebab penurunan tekanan oli dan kerusakan *crankpin bearing*.

Proses Pengecekan Komponan (Overhaul)

Pada 8-10 September 2024 dilakukan *overhaul* menyeluruh pada motor diesel generator Daihatsu 5DC-17. Komponen utama seperti crankshaft, *crankpin bearing*, connecting rod, piston, dan sistem injeksi bahan bakar dibongkar untuk pemeriksaan detail. Hasilnya ditemukan goresan signifikan pada seluruh *crankpin bearing* sehingga kelima bearing diganti. Main bearing dan *bolt connection* juga menunjukkan kerusakan dan turut diganti. *Clearance crankpin bearing* melebihi standar 0,10-0,12 mm dengan nilai aktual mencapai 0,30 mm. Dibandingkan data dengan tahun sebelumnya saat docking pada bulan Juli 2020 kerusakan antara 0,18 – 0,22 kerusakan tahun ini lebih parah.

Tabel 2. Overhaul Report

Informasi	Data
Nama Kapal	MV. CM Laurencia
Tanggal Pemeriksaan	8-10 September 2024
Lokasi	SMI
Jenis Pekerjaan	Overhaul Auxiliary Engine No. 1
Tipe Mesin	Daihatsu 5DC-17
Running Hours	11.768,5 jam sejak overhaul terakhir
Spare Part Diganti	5 set <i>Crankpin bearing</i> U50, 6 set <i>Main bearing</i> U50, 10 <i>Circular nut</i> , 20 <i>Bolt rod connection</i> , 10 <i>Crankpin bolt</i> , 5 <i>Piston ring assy</i> , 5 <i>Gasket exhaust manifold</i>
Ringkasan Temuan	- Goresan pada seluruh <i>crankpin bearing</i> - Crankshaft mengalami scratch - Oli pelumas diganti (440 liter MOBILGARD M430) - Seluruh bearing diganti - Komponen lain diperiksa dan dibersihkan
Hasil Pengujian	<i>Clearance crankpin bearing</i> mencapai 0,30 mm (standar 0,10-0,12 mm), menunjukkan aus berat
Catatan	Mesin diuji ulang dan beroperasi normal setelah <i>overhaul</i> selesai

Temuan ini mengindikasikan bahwa kerusakan bearing disebabkan oleh sistem pelumasan yang tidak efektif akibat sumbatan filter oli oleh partikel logam, keterlambatan jadwal perawatan, dan beban mesin berlebih.

Analisis dan Interpretasi

Proses Penurunan Tekanan Oli Pelumas Secara Progesif

Selama praktik laut dari Maret 2024 hingga April 2025, ditemukan kerusakan pada diesel generator yang ditandai bunyi *metal knocking*, kenaikan suhu oli hingga 70°C, penurunan tekanan oli dari 0,52 MPa menjadi 0,38 MPa, dan output daya berkurang hingga 50%. Kondisi ini memicu *shutdown* saat proses bongkar muat, mengganggu crane elektrik dan sistem pencahayaan. Investigasi menemukan endapan gram logam pada filter oli, indikasi keausan logam *crankpin bearing*. Konsumsi bahan bakar meningkat 10-15% dan suhu gas buang fluktuatif 400-520°C, menunjukkan pembakaran tidak optimal. Data operasional dari logbook dan form inspeksi mengonfirmasi tren penurunan performa secara progresif.



Gambar 2. *Crankshaft*

Sumber: Dokumentasi Pribadi Kapal MV.CM Laurencia

Selain itu, perbaikan awal dilakukan pada cylinder head untuk memastikan tidak ada kerusakan lanjutan pada sistem pembakaran.



Gambar 3. *Repair cyl head*

Sumber: Dokumentasi Pribadi Kapal MV.CM Laurencia

Log Tekanan Oli dan Suhu Oli

Pengamatan tekanan dan suhu oli dilakukan setiap 4 jam menggunakan sensor utama selama enam hari berkelanjutan. Hasilnya menunjukkan penurunan tekanan oli sebesar 0,13 MPa dengan kenaikan suhu mencapai 80°C, yang melebihi batas aman maksimal 70°C untuk mesin diesel Daihatsu. Kondisi ini mengindikasikan adanya hambatan signifikan dalam sirkulasi oli akibat degradasi termal dan kontaminasi bahan bakar. Ketika suhu meningkat, viskositas oli menurun drastis sehingga film pelindung yang melapisi komponen logam menjadi sangat tipis dan tidak mampu menahan beban kerja mesin. Hal ini mengakibatkan pompa oli bekerja lebih keras tetapi tekanan sistem tetap turun.

Fenomena ini sesuai dengan konsep *thermal circle of despair*, di mana suhu tinggi mempercepat oksidasi oli, membentuk sludge dan varnish yang menyumbat saluran oli, meningkatkan gesekan, dan mempercepat kerusakan komponen internal. Dampaknya meliputi keausan dini pada *crankpin bearing*, potensi *overheating* mesin, dan risiko kegagalan pompa oli. Selain itu, degradasi oli ini memperpendek masa pakai pelumas, meningkatkan frekuensi penggantian oli dan filter, serta mengurangi keandalan mesin selama operasi berat.

Output Daya Generator

Pengukuran output daya generator dilakukan secara berkala melalui panel kontrol utama (*Main Switchboard*) selama masa pengamatan. Pada kondisi normal, diesel generator mampu menghasilkan daya listrik hingga 400 kW sesuai spesifikasi. Namun, seiring terjadinya

gangguan pelumasan dan kerusakan progresif pada *crankpin bearing*, daya output menurun secara konsisten. Penurunan ini terlihat dari ketidakstabilan beban, fluktuasi tegangan, serta meningkatnya konsumsi bahan bakar. Efisiensi termal mesin menurun karena gesekan yang meningkat akibat hilangnya lapisan film oli pada permukaan *crankpin bearing*.

Pada saat kerusakan mencapai tahap kritis, output daya hanya mampu mencapai 200 kW atau 50% dari kapasitas nominal. Putaran mesin yang semula stabil di 900 rpm menurun hingga 700 rpm, mengakibatkan pasokan listrik tidak mencukupi untuk mendukung sistem vital kapal seperti crane elektrik dan pompa ballast. Kondisi ini memicu *blackout* selama lebih dari 30 menit dan menghambat proses bongkar muat. Hasil ini menegaskan bahwa kerusakan pada *crankpin bearing* memiliki dampak signifikan terhadap performa kelistrikan kapal secara keseluruhan.

Analisis Beban dan RPM

Pengujian beban dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan mesin diesel generator dalam menghasilkan daya sesuai kapasitas desainnya. Pada kondisi normal, generator mampu menghasilkan daya 400 kW dengan putaran mesin stabil di 900 rpm. Namun, selama periode kerusakan, hasil pengujian menunjukkan penurunan signifikan di mana mesin hanya mampu mengeluarkan daya 200 kW dengan putaran turun hingga 700 rpm. Penurunan ini mengindikasikan adanya masalah pada sistem mekanis dan pembakaran, yang berdampak pada penyaluran energi ke generator. Selain itu, suhu gas buang berfluktuasi antara 400-520°C, menunjukkan proses pembakaran tidak sempurna dan menurunnya efisiensi termal mesin.

Dampak penurunan RPM dan beban ini bersifat sistemik. Konsumsi bahan bakar meningkat sekitar 10-15% karena mesin bekerja lebih berat untuk menghasilkan daya yang lebih rendah. Ketidakstabilan pembakaran juga berisiko merusak komponen penting seperti exhaust valve, turbocharger, dan sistem pendingin. Fenomena ini sejalan dengan teori efisiensi mesin diesel yang menyebutkan bahwa operasi di bawah 60% beban nominal dapat menyebabkan pembakaran tidak optimal (*wet stacking*) serta mempercepat kerusakan mekanis pada komponen yang saling bergesekan, termasuk *crankpin bearing* dan poros engkol.

Hasil Pengamatan Komponen

Setelah mesin diesel generator mengalami *shutdown* otomatis akibat alarm tekanan oli rendah, dilakukan pembongkaran crankcase untuk mengidentifikasi sumber kerusakan. Pemeriksaan awal pada filter oli menunjukkan adanya lapisan kotoran padat berwarna abu-abu kecoklatan yang mengandung partikel logam berukuran 20-40 mikron. Temuan ini menjadi indikasi jelas terjadinya gesekan langsung antara crankpin dan bearing yang mengalami keausan parah. Oli pelumas yang tersisa di dasar *sump* juga berubah menjadi hitam pekat dengan bau terbakar, menandakan oksidasi termal tingkat lanjut akibat panas berlebihan dan kontaminasi partikel logam.

Pemeriksaan lebih lanjut pada *crankpin bearing* menunjukkan permukaan berwarna gelap dengan goresan radial yang jelas terlihat. Pengukuran celah bebas (*clearance*) menggunakan kawat *locis* menghasilkan deviasi sebesar 0,3 mm, jauh melebihi standar pabrikan yaitu 0,10-0,12 mm. Kondisi ini membuktikan bahwa material bearing telah aus berat, bahkan sebagian lapisan logam pelapis telah terkelupas dan ikut bersirkulasi dalam sistem pelumasan. Temuan ini menjadi bukti kuat bahwa kerusakan mekanis yang terjadi pada *crankpin bearing* bersumber dari kombinasi sistem pelumasan yang buruk, kenaikan suhu pelumas, dan keterlambatan pemeliharaan preventif.



Gambar 4. *Crankpin Bearing*

Sumber: Dokumentasi Pribadi Kapal MV.CM Laurencia

Analisa Penyebab Kerusakan Crankpin Bearing

Berdasarkan hasil observasi dan pembongkaran komponen, kerusakan pada *crankpin bearing* diesel generator di MV. CM Laurencia disebabkan oleh beberapa faktor utama yang saling berhubungan. Penyebab ini teridentifikasi melalui pemeriksaan langsung, dokumentasi teknis, serta data operasional mesin selama periode pengamatan.

1. Sistem Pelumasan Tidak Efektif

Sistem pelumasan mengalami gangguan serius yang membuat distribusi oli tidak merata. *Oil cooler* dipenuhi kerak dan karang laut sehingga kemampuan pendinginan oli menurun drastis. Hal ini membuat suhu oli meningkat melewati batas kerja ideal, menyebabkan viskositas turun dan lapisan pelindung (*oil film*) pada *crankpin bearing* menjadi sangat tipis. Filter oli ditemukan hampir tersumbat oleh gram logam halus dan endapan karbon yang menghambat aliran pelumas. Selain itu, oli telah melewati jam pakai (lebih dari 1600 jam), padahal pabrikan merekomendasikan penggantian pada 1000–1500 jam. Oli yang terlalu lama digunakan mengalami oksidasi dan degradasi aditif, sehingga tidak mampu lagi melindungi komponen secara optimal.

2. Keterlambatan Perawatan Rutin

Crankpin bearing digunakan lebih dari 12.228 jam tanpa penggantian maupun inspeksi menyeluruh. Tidak ada catatan lengkap terkait jam kerja bearing dan tidak dilakukan analisis oli (*oil analysis*) untuk mendeteksi partikel logam atau perubahan kualitas pelumas. Akibatnya, kerusakan internal pada bearing tidak terdeteksi pada tahap awal dan terus berkembang hingga mencapai kondisi aus berat. Kondisi ini menunjukkan adanya kelalaian dalam sistem pemeliharaan preventif di kapal, yang seharusnya dilakukan secara terjadwal dan berbasis kondisi (*condition-based maintenance*).

3. Kontaminasi Pelumas oleh Partikel Logam

Selama proses pembongkaran ditemukan gram logam besi (Fe) dan tembaga (Cu) dalam jumlah signifikan yang menumpuk di filter oli. Partikel ini berasal dari lapisan logam bearing yang terkelupas akibat gesekan langsung tanpa perlindungan film pelumas yang memadai. Kontaminasi ini mempercepat laju keausan komponen lainnya, termasuk crankshaft dan pompa oli. Tanpa deteksi dini, partikel ini membentuk siklus kerusakan berulang yang berpotensi menyebabkan *catastrophic failure* pada sistem mekanis mesin diesel generator.

Dampak Kerusakan Crankpin Bearing

Kerusakan *crankpin bearing* pada diesel generator nomor satu MV. CM Laurencia memberikan dampak berlapis terhadap aspek mekanis, operasional, dan ekonomi kapal. Masalah ini tidak hanya memengaruhi komponen internal mesin, tetapi juga kestabilan operasi kapal secara keseluruhan.

1. Dampak Mekanis

Keausan pada *crankpin bearing* mengakibatkan poros engkol mengalami ketidakseimbangan rotasi yang memicu getaran berlebih hingga ke struktur mesin dan blok silinder. Getaran ini meningkatkan tekanan pada connecting rod dan main bearing, serta berisiko menimbulkan deformasi mikro dan keretakan struktural pada poros engkol jika tidak segera diperbaiki (Prasetya, 2018).

2. Dampak Operasional

Kerusakan bearing menurunkan output daya listrik generator dari 400 kW menjadi 200–220 kW. Kapasitas ini tidak mampu memenuhi kebutuhan listrik kapal pada saat bongkar muat, menyebabkan *shutdown* otomatis karena alarm tekanan oli rendah. Kondisi ini mengganggu kerja crane listrik, sistem ballast, dan pencahayaan, sesuai kajian Kristianto (2023) yang menyebut penurunan tekanan pelumas dapat memicu proteksi shutdown dan gangguan sistem kelistrikan kapal.

3. Dampak Ekonomi

Kerusakan ini meningkatkan konsumsi bahan bakar dari 62 liter/jam menjadi 74 liter/jam, atau pemborosan ± 144 liter/hari. Biaya penggantian komponen seperti *crankpin bearing*, filter oli, serta proses *flushing* dan *overhaul* mencapai $\pm$ Rp 250 juta, belum termasuk kerugian akibat keterlambatan bongkar muat. Farhan (2021) menjelaskan bahwa kualitas pelumas dan ketepatan waktu penggantianannya sangat berpengaruh terhadap efisiensi energi dan umur komponen mesin diesel. Jika tidak segera ditangani, kerusakan dapat mempersingkat usia pakai sistem tenaga bantu kapal secara keseluruhan.

Solusi dan Tindakan Preventif

Hasil pengamatan menunjukkan kerusakan crankpin bearing berasal dari tiga faktor utama: (1) ketidakefisienan sistem pelumasan akibat suhu oli yang terlalu tinggi, viskositas yang menurun, dan filter oli yang tersumbat partikel logam, menyebabkan hilangnya lapisan pelindung (*oil film*) dan gesekan langsung antara crankpin dan bearing; (2) keterlambatan pelaksanaan perawatan rutin, di mana penggantian oli terlambat hampir 200 jam dan pencatatan *running hour* tidak dilakukan secara sistematis, sehingga tidak ada tindakan preventif seperti penggantian bearing atau inspeksi berkala; dan (3) kontaminasi pelumas oleh partikel logam, yang tersirkulasi kembali dalam sistem, mempercepat keausan komponen lain dan membentuk siklus kerusakan berulang yang sulit dihentikan tanpa pembongkaran total.

Sebagai tindak lanjut, tim mesin kapal bersama Kepala Kamar Mesin menerapkan tiga langkah preventif utama. Pertama, penerapan *check sheet* harian untuk pemantauan tekanan dan suhu oli setiap 4 jam, yang wajib diisi oleh masinis jaga dan diperiksa oleh Masinis II atau III untuk mendeteksi tren abnormal sejak dini. Kedua, penggunaan *reminder digital* berbasis *running hour* pada panel kontrol untuk memastikan penggantian oli dan inspeksi *crankpin bearing* dilakukan tepat waktu sesuai beban kerja mesin. Ketiga, program *oil sampling* berkala setiap tiga bulan, bekerja sama dengan laboratorium pelumas, untuk menganalisis viskositas, kandungan logam (Fe, Cu, Pb), kadar air, TBN, dan partikel mikro (ISO count). Jika partikel logam melebihi ambang batas ($\text{Fe} > 20$ ppm), inspeksi langsung dilakukan pada crankcase dan bearing. Kombinasi langkah ini mengubah pola perawatan dari reaktif menjadi proaktif dan berbasis kondisi aktual (*condition-based maintenance*), meningkatkan keandalan mesin, kompetensi kru, dan efisiensi biaya operasional kapal.

Interpretasi Teknis

Hasil observasi lapangan menunjukkan adanya hubungan erat antara tekanan oli, suhu oli, dan kandungan partikel logam dalam pelumas dengan performa mesin secara keseluruhan. Pertama, pencatatan daya output generator mengungkapkan bahwa setiap penurunan tekanan

oli sebesar 0,05 MPa berdampak pada penurunan daya sekitar ± 20 kW. Tekanan oli yang rendah menandakan distribusi pelumasan yang tidak merata pada area gesekan tinggi seperti *crankpin bearing*. Akibatnya, gesekan meningkat, energi mekanis hilang sebagai panas dan getaran, dan daya output menurun hingga 50–60 kW ketika tekanan oli turun 0,15 MPa dari standar. Kedua, kenaikan suhu oli sebesar 10°C menurunkan viskositas hingga 15%, membuat lapisan film pelindung pada permukaan logam semakin tipis. Pada beban dan putaran tinggi, kondisi ini memicu kontak langsung antarpermukaan logam (*metal-to-metal contact*), mempercepat kerusakan bearing dan crankshaft. Menjaga suhu oli di bawah 90°C menjadi krusial untuk mencegah kerusakan berulang.

Ketiga, hasil penelitian menunjukkan bahwa kerusakan baru terdeteksi setelah partikel logam dalam jumlah besar muncul di filter oli. Analisis oli (*oil analysis*) secara berkala seharusnya mampu mendeteksi partikel logam dalam jumlah mikro (>10 ppm) sebagai indikator awal keausan bearing atau crankshaft. Tanpa deteksi dini ini, kerusakan berkembang hingga mencapai *catastrophic failure*, yaitu kondisi di mana komponen utama aus berat dan menyebabkan kerusakan lanjutan pada bagian lain seperti connecting rod, oil pump, hingga mengganggu keseimbangan rotasi mesin. Oleh karena itu, pemantauan tekanan, suhu, dan kandungan logam oli secara real time perlu menjadi dasar dalam pengambilan keputusan perawatan mesin, menggantikan metode berbasis waktu yang kurang akurat.

Kaitan Hasil Penelitian dan Kajian Literatur

Hasil penelitian di kapal MV. *CM Laurencia* menunjukkan kesesuaian dengan teori yang telah dijelaskan dalam kajian literatur pada Bab II. Salah satu temuan penting adalah peran vital crankpin bearing dalam sistem poros engkol mesin diesel. Kerusakan pada komponen ini menyebabkan gangguan pada siklus pembakaran dan penurunan kinerja mesin secara keseluruhan. Hal ini mendukung pernyataan Prasetya (2018) bahwa crankpin bearing berfungsi menopang gerakan *connecting rod* terhadap *crankshaft*, serta meredam gesekan dan panas akibat putaran mesin. Kasus keausan bearing yang mengakibatkan penurunan daya output dan *blackout* pada MV. *CM Laurencia* menjadi bukti empiris atas pentingnya peran bearing sesuai teori tersebut.

Penelitian ini juga sejalan dengan kajian Kristianto (2023) yang menjelaskan bahwa gangguan pada sirkulasi pelumas dapat meningkatkan temperatur komponen internal seperti bantalan, crankshaft, dan piston, berujung pada kerusakan serius. Temuan penyumbatan filter oli oleh gram logam dan penurunan viskositas pelumas pada generator mendukung teori Setiady (2021) mengenai kegagalan fungsi pelumas akibat kontaminasi partikel keras. Selain itu, data tekanan oli, suhu pelumas, dan daya listrik yang menurun konsisten dengan teori Farhan (2021) yang menyebutkan bahwa pembebanan mesin di bawah 60% mengurangi efisiensi termal dan meningkatkan konsumsi bahan bakar. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya mengidentifikasi masalah teknis pada *crankpin bearing*, tetapi juga membuktikan validitas teori mekanika mesin dan pelumasan dalam konteks operasional nyata kapal niaga.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang dilakukan terhadap kerusakan crankpin bearing pada kapal MV. *CM Laurencia*, dapat disimpulkan bahwa kerusakan tersebut disebabkan oleh sistem pelumasan yang kurang efisien, minimnya perawatan rutin, serta penggunaan crankpin bearing yang melebihi batas *running hours*. Kondisi ini menyebabkan gesekan berlebih, terbentuknya partikel logam yang menyumbat filter, dan semakin menurunkan efisiensi pelumasan. Dampak kerusakan mencakup aspek mekanis, operasional, dan ekonomi, mulai dari kerusakan poros engkol, penurunan output daya listrik generator, hingga peningkatan konsumsi bahan bakar dan biaya penggantian komponen. Untuk menjaga

performa sistem pelumasan dan mencegah kerusakan lebih lanjut, diperlukan perawatan dan penggantian crankpin bearing sesuai jam operasional mesin, sehingga dapat mempertahankan efisiensi generator dan mencegah kerusakan komponen lain.

Sebagai penutup, penelitian ini memberikan gambaran penting mengenai penyebab, dampak, dan solusi kerusakan crankpin bearing, serta menjadi dasar rekomendasi untuk penerapan program pemeliharaan preventif dan berbasis kondisi (*condition-based maintenance*). Penulis menyarankan adanya penelitian lanjutan yang berfokus pada pengembangan teknologi pemantauan digital untuk mendeteksi tekanan dan suhu oli secara real-time serta pengujian material bearing dengan metode modern guna meningkatkan ketahanan komponen mesin. Penulis juga menyampaikan apresiasi dan ucapan terima kasih kepada seluruh kru mesin kapal MV. *CM Laurencia* dan pihak-pihak yang telah memberikan dukungan dan kontribusi selama penelitian ini berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

- Academy, p. 2024, September 22. *Jenis Kapal dan Prosedur Pengangkutan Solid Bulk Cargo*. Retrieved from (<https://portacademy.id/bulk-carrier-jenis-kapal-dan-prosedur-pengangkutan-solid-bulk-cargo/> diakses tanggal 24 Mei 2025).
- Afiyanti, Y. 2024. *Validitas dan Reliabilitas dalam penelitian Kualitatif*. Jurnal keperawatan Indonesia , vol 12, 137-141.
- Auto-Tech. 2014. *Crankshaft Design*. Retrieved from Components of Crankshaft: (<https://auto-punch.blogspot.com/2014/06/one-of-our-member-wanted-to-know-about.html/> diakses tanggal 16 Juni 2025).
- Fadly, E. R. 2021. *Analisi Variasi Putaran Terhadap Torsi dan Daya*. Jurnal Voering, vol 6 (1), 33-38.
- Farhan, M. 2021. *Pengaruh Pembebanan Terhadap Arus Eksitasi Generator Unit 2*. Jurnal Simetrik, vol 11 (1), 398-403.
- Jogiyanto Hartono. 2018. *Metoda Pengumpulan dan Teknik Analisis Data*. Yogyakarta: Andi (Anggota IKAPI).
- Lukas Kristianto1, W. W. 2023. *Perawatan Mesin Diesel Generator Pada Kapal KN.SAR SADEWA 231*. Journal Of Applied Mechanical vol 3 (2), 45-50.
- Nugraha, I. M. 2020. *Penggunaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sebagai Sumber*. Sumberdaya Akuatik Indopasifik vol 4 (2.76), 101-110.
- Pratama, B. I. 2021. *Metode Analisis Isi (Metode Penelitian Populer Ilmu-ilmu Sosial)*. In B. I. Pratama. Malang : Unisma Press.
- Safarudin, R. 2023. *Penelitian Kualitatif*. Journal Of Social Science Researc, vol 3, 9680-9694.
- Setiady, V. K. 2021. *Analisis Pengaruh Terkikisnya Crank Pin Bearing Terhadap Performa Diesel Generator DI MV. DK 03*. Retrieved from Semarang Merchant Marine Polytechnic:(<https://repository.pip-semarang.ac.id/3449/>, diakses tanggal 26 Juni 2025).
- Sugiyono. 2020. *Metodelogi Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Trisanto Prasetyaa, S. D. 2018. *Kearusan Crank Pin Journal Crankshaft*. Jurnal Dinamika Bahari, vol 9 (1) 2126-2136.
- Zuchri Abdussamad. 2021. *Metode penelitian kualitatif*. In Metode penelitian kualitatif (p. 224). Makasar:cv.syakir Media Press.