

**PENERAPAN *PLANNED MAINTENANCE SYSTEM* (PMS)
DAN TROUBLE SHOOTING PADA MAIN ENGINE
CUMMINS KTA 50**



Disusun sebagai salah satu syarat penyelesaian
Program Pendidikan Dan Pelatihan Pelaut (DP)
Tingkat I

AWALUDDIN
NIS: 25.11.102.006
AHLI TEKNIKATINGKAT I

PROGRAM DIKLAT PELAUT TINGKAT I
POLITEKNIK ILMU PELAYARAN MAKASAR

2026

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : AWALUDDIN

Nomor Induk Siswa : 25.11.102.006

Program Pelatihan : Ahli TEKNIKATingkat I

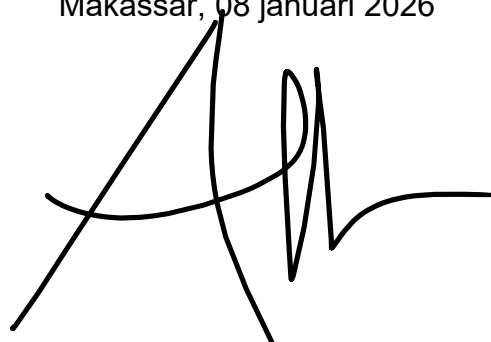
Menyatakan bahwa KIT dengan judul:

PENERAPAN *PLANNED MAINTENANCE SYSTEM* (PMS) DAN TROUBLE SHOOTING PADA MAIN ENGINE CUMMINS KTA 50

Merupakan karya asli. Seluruh ide yang ada dalam KIT tersebut, kecuali tema dan yang saya nyatakan sebagai kutipan, merupakan ide sendiri.

Jika pernyataan di atas terbukti tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi yang ditetapkan oleh Politeknik Pelayaran Makassar

Makassar, 08 januari 2026

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, stylized 'A' followed by a series of loops and a horizontal line at the end.

AWALUDDIN

NIS : 25.11.102.006

PERSETUJUAN SEMINAR KARYA ILMIAH TERAPAN

Judul : **PENERAPAN *PLANNED MAINTENANCE SYSTEM*
(PMS) DAN TROUBLE SHOOTING PADA MAIN ENGINE
CUMMINS KTA 50**

Nama Pasis : AWALUDDIN

Nomor Induk Siswa : 25.11.102.006

Program Diklat : Ahli TEKNIKATingkat I

Dengan ini dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diseminarkan.

Makassar, 06 januari 2026

Menyetujui,

Pembimbing I



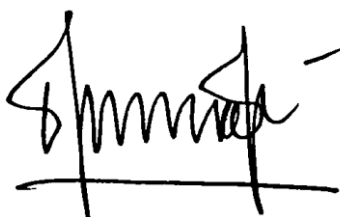
Dr.Muh. Ivan, S.Si.T., M.Si., M.Mar.E
NIP.197703042008121004

Pembimbing II



Ir.SYAMSU ALAM, S.T., M.M., M.Mar.E

Mengetahui:
Manager Diklat
Peningkatan dan Penjenjangan



Ir. SUYUTI, M.Si., M.Mar.E
NIP. 196805082002121002

PENERAPAN *PLANNED MAINTENANCE SYSTEM* (PMS) DAN TROUBLE SHOOTING PADA MAIN ENGINE CUMMINS KTA 50

Disusun dan Diajukan Oleh:

AWALUDDIN
NIS. 25.11.102.006
Ahli TEKNIKATingkat I

Telah dipresentasikan di depan Panitia Ujian KIT
Pada Tanggal 08 Januari 2026

Menyetujui,

Pembimbing I

Pembimbing II



Dr. Muh. Ivan, S.Si.T., M.Si M.Mar.E
NIP.197703042008121004



Ir. SYAMSU ALAM, S.T., M.M., M.Mar.E

Mengetahui:

A.n Direktur

Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar
Pembantu Direktur I



Capt Faisol Saransi, MT., M.Mar.
NIP. 197503291999031002

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, atas segala rahmat dan karunia-Nya yang diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan KIT ini. Tugas akhir ini merupakan salah satu persyaratan bagi Perwira Siswa Jurusan Ahli TEKNIKATingkat I (ANT I) dalam menyelesaikan studinya pada program ANT I di Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.

Tak lupa pada penulis ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Capt. Rudy Susanto, M.Pd. selaku Direktur Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.
2. Ir. Suyuti, M.Si., M.Mar.E. selaku Manager Diklat Teknis Peningkatan dan Penjenjangan Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar
3. Dr.,Muhammad Ivan, S.Si.T.,M.Si.,M.Mar.E selaku pembimbing I penulisan KIT Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar
4. Ir.Syamsu Alam, S.T., M.M., M.Mar.E selaku pembimbing II penulisan KIT Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar
5. Seluruh Staf Pengajar Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar atas bimbingan yang diberikan kepada penulis selama mengikuti Program Diklat Ahli TEKNIKATingkat I di PIP Makassar.
6. Rekan-rekan Pasis Angkatan XLVII Tahun 2025
7. Kedua orang tuaku tercinta, Bapak, Ibu, Istri Anak serta saudara saudaraku yang telah memberikan doa, dorongan, serta bantuan moril dan materil sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan KIT ini.

Dalam penulisan KIT ini, penulis menyadari bahwa masih terdapat kekurangan- kekurangan dipandang dari segala sisi. Tentunya dalam hal ini tidak lepas dari kemungkinan adanya kalimat-kalimat atau kata-kata yang kurang berkenan dan perlu untuk diperhatikan. Namun walaupun demikian, dengan segala kerendahan hati penulis memohon kritik dan saran-saran yang bersifat membangun demi penyempurnaan makalah ini..

Makassar, 08 januari 2026



AWALUDDIN

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN	ii
PERSETUJUAN SEMINAR	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR/ TABEL	vii
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar belakang	1
B. Rumusan Masalah	2
C. Batasan Masalah	3
D. Tujuan Penelitian	3
E. Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
A. Faktor Manusia	10
B. Organisasi diatas Kapal	13
C. Pekerjaan dan Lingkungan Kerja	15
D. Faktor Manajemen Perusahaan Pelayaran	18
BAB III METODE PENELITIAN	
A. Observasi/Pengamatan	20
B. Intrview/Wawancara	20
C. Studi Pustaka	21
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN	
A. Lokasi Kejadian	23
B. Situasi dan Kondisi	23
C. Temuan	26
D. Urutan Kejadian	40
BAB V PENUTUP	
A. Simpulan	42
B. Saran	42
DAFTAR PUSTAKA	44
LAMPIRAN	45
RIWAYAT HIDUP	54

DAFTAR GAMBAR

Gambar 4.1 Pemeriksaan Fuel Injector	26
Gambar 4.2 Pemeriksaan Turbocharger dan Rubber Coupling	28
Gambar 4.3 Maximizing Cummins KTA 50 Engines	30
Gambar 4.4 Maintenance Component Intervals	31
Gambar 4.5 Service for Cummins Engine	32
Gambar 4.6 Perawatan Cummins Engine	34

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Urutan Kejadian	36
---------------------------	----

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar belakang

Penerapan *Planned Maintenance System* (PMS) dan prosedur *Troubleshooting* pada mesin induk, khususnya tipe Cummins KTA 50, merupakan aspek krusial dalam operasional kapal yang bertujuan menjaga keandalan dan keselamatan. Sistem ini dirancang untuk melakukan perawatan secara terjadwal guna mencegah kerusakan yang tidak terduga dan memastikan mesin beroperasi pada performa puncak. Namun, dalam praktiknya, efektivitas PMS sangat bergantung pada ketelitian pelaksanaan, ketersediaan suku cadang, dan kompetensi teknis awak. Regulasi internasional dan klasifikasi wajib menekankan pentingnya pemeliharaan mesin yang terstruktur. Konvensi SOLAS (Safety of Life at Sea) Chapter II-1, Regulasi 26-1 hingga 31, secara umum mewajibkan kelaiklautan kapal dan permesinannya. Sementara itu, aturan dari badan klasifikasi seperti BKI, Lloyd's Register, atau ABS

Dalam pengalaman penulis sebagai bagian dari tim teknik di kapal, penerapan *Planned Maintenance System* (PMS) untuk Main Engine Cummins KTA 50 dilaksanakan berdasarkan buku panduan pabrikan dan program yang telah disusun oleh perusahaan. Kegiatan perawatan terjadwal seperti pengecekan level oli, pergantian filter bahan bakar dan udara, serta inspeksi visual pada komponen utama secara konsisten dicatat dan dilaporkan. Sistem ini pada dasarnya berjalan untuk mencegah gangguan besar dengan mendeteksi gejala awal seperti kebocoran kecil atau perubahan parameter operasi.

Planned Maintenance System (PMS) pada dasarnya dibuat untuk mencegah terjadinya gangguan tersebut melalui perawatan yang dilakukan secara rutin dan terjadwal. Dengan PMS, kondisi mesin dapat dipantau sejak dini melalui pemeriksaan harian, mingguan, dan berkala, sehingga diharapkan mesin selalu berada dalam kondisi siap operasi dan mampu bekerja sesuai performa yang direncanakan. PMS juga

membantu awak mesin mengenali tanda-tanda awal kerusakan sebelum menimbulkan gangguan yang lebih besar.

Berdasarkan pengalaman penulis pada tanggal 8 Juli, setelah kapal bertolak dari Dubai menuju Rastanura dan memasuki wilayah pelayaran lepas pantai, terlihat indikasi masalah pada main engine. Saat diperintahkan untuk meningkatkan kecepatan ke kondisi full away, putaran mesin hanya mampu mencapai maksimal 1100 RPM dan tidak dapat dinaikkan lagi, padahal kecepatan normal yang harus dicapai adalah 1400 RPM. Kondisi ini langsung menimbulkan kekhawatiran karena mengancam jadwal pelayaran dan keselamatan. Melalui proses *Troubleshooting* yang dipandu oleh gejala tersebut, tim teknik memfokuskan pemeriksaan pada sistem suplai bahan bakar.

Penurunan putaran mesin (RPM) pada main engine merupakan salah satu indikasi awal terjadinya gangguan pada sistem kerja mesin induk kapal. Main engine Cummins KTA 50 dirancang untuk dapat beroperasi hingga putaran maksimum 1400 RPM sesuai dengan spesifikasi pabrikan. Apabila putaran mesin tidak dapat mencapai nilai tersebut dan hanya berada pada 1100 RPM, maka hal ini menunjukkan adanya penurunan daya mesin yang dapat memengaruhi kelancaran dan keselamatan operasional kapal.

Planned Maintenance System (PMS) disusun sebagai sistem perawatan terencana untuk menjaga kondisi mesin agar tetap andal dan mampu beroperasi sesuai dengan performa yang diharapkan. Melalui pelaksanaan PMS, perawatan rutin seperti pemeriksaan oli, penggantian filter, serta pengecekan komponen utama dilakukan secara berkala untuk mencegah terjadinya kerusakan mendadak. Dengan demikian, PMS berperan penting dalam menjaga kestabilan kinerja main engine selama operasional pelayaran.

Namun, kejadian penurunan RPM yang dialami menunjukkan bahwa penerapan PMS belum sepenuhnya dapat mencegah terjadinya gangguan pada komponen tertentu, khususnya komponen yang bekerja terus-menerus dengan beban tinggi. Dalam kondisi tersebut, diperlukan

prosedur *Troubleshooting* yang sistematis untuk menemukan penyebab gangguan berdasarkan gejala yang terjadi di lapangan.

Pada kasus ini, gejala berupa ketidakmampuan mesin mencapai putaran penuh mengarahkan pemeriksaan pada sistem bahan bakar. Hasil *Troubleshooting* menunjukkan bahwa salah satu fuel pump tidak bekerja secara optimal sehingga suplai bahan bakar ke ruang bakar berkurang. Kondisi ini menyebabkan proses pembakaran tidak sempurna dan berdampak langsung pada penurunan daya mesin, yang ditandai dengan turunnya RPM dari 1400 menjadi 1100.

Berdasarkan uraian tersebut, dapat dilihat bahwa terdapat keterkaitan yang erat antara penerapan *Planned Maintenance System* (PMS) dan prosedur *Troubleshooting* terhadap keandalan main engine Cummins KTA 50. PMS berfungsi sebagai upaya pencegahan melalui perawatan terjadwal, sedangkan *Troubleshooting* menjadi langkah penting dalam menangani gangguan yang tidak dapat diprediksi oleh perawatan rutin. Oleh karena itu, permasalahan penurunan RPM pada main engine menjadi dasar yang relevan untuk dikaji dalam Karya Ilmiah Terapan dengan judul “Penerapan *Planned Maintenance System* (PMS) dan *Troubleshooting* pada Main Engine Cummins KTA 50”.

Berdasarkan pengalaman di atas, penulis tertarik untuk mengangkat masalah tersebut dan menuangkannya dalam bentuk Karya Ilmiah Terapan (KIT) dengan judul “**PENERAPAN PLANNED MAINTENANCE SYSTEM (PMS) DAN TROUBLE SHOOTING PADA MAIN ENGINE CUMMINS KTA 50**”

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang mengenai ketidakmampuan *Planned Maintenance System* (PMS) mencegah kegagalan mesin di tengah laut, rumusan masalah penelitian ini adalah:

1. Faktor-faktor apa yang menyebabkan penerapan *Planned Maintenance System* (PMS) pada Main Engine Cummins KTA 50 belum optimal dalam mencegah kerusakan mendadak?

2. Bagaimana optimalisasi PMS dan prosedur *Troubleshooting* dapat dilakukan untuk meningkatkan keandalan mesin?

C. Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah, penelitian ini dibatasi pada analisis optimalisasi *Planned Maintenance System* (PMS) dan prosedur *Troubleshooting* spesifik untuk Main Engine Cummins KTA 50, dengan lingkup waktu selama periode satu tahun operasional kapal terakhir sebelum terjadinya insiden kerusakan fuel pump di tengah laut pada 8 Juli. Pembahasan difokuskan pada evaluasi pelaksanaan checklist PMS, ketersediaan dan manajemen suku cadang kritis, serta efektivitas langkah diagnosis awak kapal saat insiden, tanpa membahas mesin lain atau faktor eksternal seperti cuaca dan regulasi pelabuhan.

D. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk :

- 1) Untuk Mengetahui faktor apa yang menyebabkan penerapan *Planned Maintenance System* (PMS) pada Main Engine Cummins KTA 50 belum optimal dalam mencegah kerusakan mendadak?
- 2) Untuk mengetahui bagaimana optimalisasi PMS dan prosedur *Troubleshooting* dapat dilakukan untuk meningkatkan keandalan mesin?

E. Manfaat Penelitian

1. Manfaat Teoritis
 - a. Berkontribusi pada pengembangan model penerapan *Planned Maintenance System* (PMS) yang adaptif dan responsif dalam konteks operasional maritim.
 - b. Memperkaya referensi akademis mengenai integrasi antara perawatan terjadwal (PMS) dan prosedur darurat

(troubleshooting) sebagai suatu kerangka manajemen risiko teknikal di kapal.

- c. Memberikan perspektif empiris tentang faktor-faktor kritis yang membatasi keoptimalan PMS dalam mencegah kegagalan operasional mesin utama kapal.

2. Manfaat Praktisnya

- a. Sebagai pedoman bagi perusahaan pelayaran dan awak kapal dalam menyusun dan mengevaluasi program PMS yang lebih realistis dan proaktif untuk mesin Cummins KTA 50.
- b. Meningkatkan kesiapan teknis melalui penyediaan rekomendasi mengenai suku cadang kritis yang harus tersedia dan prosedur *Troubleshooting* yang terstandarisasi.
- c. Meminimalisir risiko downtime operasional dan keterlambatan jadwal pelayaran akibat kerusakan mesin yang tidak terantisipasi, sehingga meningkatkan keandalan dan efisiensi operasi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan Pemeliharaan Terencana Dan *Troubleshooting* Sistemis Konsep *Planned Maintenance System* (PMS)

Planned Maintenance System (PMS) adalah suatu sistem manajemen perawatan peralatan yang terstruktur, proaktif, dan terjadwal berdasarkan interval waktu atau penggunaan (jam operasi). Dalam konteks teknik kapal, PMS merupakan tulang punggung keandalan mesin utama. Filosofi dasarnya adalah mengubah pola pemeliharaan dari *reaktif* (memperbaiki setelah rusak) menjadi *proaktif* (mencegah kerusakan terjadi). Sistem ini bertujuan untuk memperpanjang usia pakai aset, mencegah kegagalan yang tidak terduga, dan mengoptimalkan ketersediaan (*availability*) peralatan kritis melalui serangkaian aktivitas inspeksi, servis, kalibrasi, dan penggantian komponen secara periodik yang terdokumentasi.

Fungsi dan Tujuan Penerapan PMS di Kapal

Penerapan PMS di atas kapal memiliki fungsi dan tujuan strategis yang mendukung operasi yang aman dan efisien.

1. Fungsi Preventif (*Preventive Function*): Fungsi inti PMS adalah mencegah terjadinya *breakdown* atau kegagalan total mesin dengan mendeteksi gejala keausan atau penyimpangan dini melalui inspeksi rutin, sehingga tindakan korektif dapat dilakukan sebelum berkembang menjadi kerusakan parah yang menghentikan operasi.
2. Fungsi Perencanaan dan Kontrol (*Planning & Control Function*): PMS berfungsi sebagai alat perencanaan sumber daya, memungkinkan perencanaan suku cadang, tenaga kerja, dan waktu henti mesin (*downtime*) yang lebih baik. Ini meningkatkan efisiensi kerja departemen teknik dan meminimalkan gangguan terhadap jadwal pelayaran.
3. Fungsi Kepatuhan dan Standardisasi (*Compliance & Standardization Function*): PMS memastikan bahwa perawatan mesin dilaksanakan sesuai standar pabrikan, rekomendasi badan

klasifikasi, dan persyaratan kode manajemen keselamatan (ISM Code). Ini menciptakan standar kerja yang konsisten dan terdokumentasi untuk tujuan audit.

4. Fungsi Ekonomi (Economic Function): Dengan mencegah kerusakan besar, PMS mengurangi biaya perbaikan darurat yang mahal, biaya *towage* (penunda), keterlambatan muatan, dan klaim asuransi. Investasi dalam perawatan rutin terbukti lebih hemat dibandingkan biaya akibat *breakdown*.
5. Fungsi Pengembangan Kompetensi (Competency Development Function): Pelaksanaan PMS yang terdokumentasi menjadi media pelatihan berkelanjutan bagi awak kapal, meningkatkan pemahaman mereka terhadap mesin dan membangun budaya kerja yang teratur dan teliti.

Tanggung Jawab dan Wewenang dalam Pelaksanaan PMS & Troubleshooting

1. Perwira Teknik (Chief Engineer): Bertanggung jawab penuh atas penyusunan, pelaksanaan, pengawasan, dan evaluasi seluruh program PMS di kapal. Memiliki wewenang untuk mengesahkan prosedur *Troubleshooting* dan mengambil keputusan teknis akhir dalam situasi darurat.
2. Perwira Teknik Pendamping (Second/Third Engineer): Bertanggung jawab melaksanakan dan mendokumentasikan aktivitas PMS sesuai jadwal yang ditetapkan. Bertindak sebagai pelaksana utama dalam proses *Troubleshooting* di bawah pengawasan Chief Engineer.
3. Asisten Teknik (Oiler/Greaser/Wiper): Bertanggung jawab untuk melaksanakan tugas-tugas perawatan rutin dan inspeksi dasar sesuai instruksi. Berperan dalam pengamatan kondisi mesin dan pelaporan awal atas setiap keanehan (*abnormality*) yang ditemukan.
4. Nahkoda (Master): Bertanggung jawab atas dukungan sumber daya dan koordinasi operasional, termasuk mengesahkan perawatan

yang memerlukan *downtime* mesin serta memastikan bahwa tindakan darurat teknikal sejalan dengan prioritas keselamatan kapal secara keseluruhan.

PROSEDUR OPERASIONAL STANDAR

1. Pelaksanaan *Planned Maintenance System* (PMS)

a. Perencanaan dan Penjadwalan

- 1) Referensi: Gunakan Buku Manual Cummins KTA 50 dan PMS Planner Kapal sebagai acuan utama interval perawatan (berdasarkan jam operasi/*runing hour*).
- 2) Review Jadwal: Chief Engineer meninjau dan mengesahkan jadwal PMS bulanan berdasarkan *running hour* mesin.
- 3) Siapkan Sumber Daya: Pastikan ketersediaan suku cadang (*spare parts*), alat (*tools*), material (oli, filter), dan personel sebelum pekerjaan dimulai.
- 4) Permit to Work: Untuk pekerjaan yang berisiko (misalnya di ruang mesin saat berlayar), izin kerja (*Permit to Work/PTW*) harus disetujui oleh Chief Engineer dan Master.

b. Pelaksanaan Aktivitas PMS

- 1) Isolasi Mesin: Pastikan mesin dalam kondisi *stop* dan terkunci (*Lock-Out Tag-Out / LOTO*) sebelum memulai pekerjaan.
- 2) Ikuti Checklist: Gunakan formulir checklist PMS spesifik untuk KTA 50 yang mencakup item:
 - a) Pemeriksaan level dan kondisi oli mesin.
 - b) Penggantian filter oli, filter bahan bakar, dan filter udara.
 - c) Pemeriksaan kekencangan baut (*torque check*) pada kepala silinder dan manifold.
 - d) Inspeksi visual kebocoran (oli, bahan bakar, air).
 - e) Pengujian kualitas air pendingin dan aditif.
 - f) Pemeriksaan tension dan kondisi fan belt.
- 3) Dokumentasi: Catat semua temuan, pengukuran, dan

komponen yang diganti pada checklist. Tandatangani dan tanggal.

- 4) Pelaporan: Laporkan penyimpangan atau temuan abnormal kepada Chief Engineer segera.

b, Pengujian Pasca-PMS

- 1) Start-Up: Setelah pekerjaan selesai, lepaskan isolasi, dan hidupkan mesin sesuai prosedur start normal.
- 2) Monitoring: Pantau parameter operasi (tekanan oli, suhu, tekanan bahan bakar, RPM) selama minimal 30 menit.
- 3) Verifikasi: Pastikan tidak ada kebocoran atau suara tidak normal. Jika semua parameter normal, PMS dinyatakan selesai.

2. Prosedur *Troubleshooting* Sistematis

a. Identifikasi Awal dan Pelaporan

1. Kenali Gejala: Catat gejala spesifik (contoh: "RPM mentok di 1100, tidak bisa capai 1400", "asap berlebihan", "tekanan oli rendah").
2. Laporkan Segera: Awak yang menemukan gejala harus segera melapor ke Officer of the Watch (OOW) dan Chief Engineer.

b. Analisis dan Isolasi Sistem

- 1) Kumpulkan Data: Catat semua parameter mesin dari panel kontrol dan pengamatan fisik (suara, bau, visual).
- 2) Analisis Sistem: Tentukan sistem yang diduga bermasalah berdasarkan gejala (Sistem Bahan Bakar, Udara, Pendingin, atau Kontrol Elektronik).
- 3) Isolasi: Fokus pemeriksaan pada sistem yang teridentifikasi. Gunakan diagram sistem dari manual.

c. Diagnosis dan Pelokalisasian Kerusakan

- 1) Lakukan Pengujian Bertahap: Contoh untuk gejala RPM rendah:
 - a) Periksa saringan bahan bakar primer dan sekunder.
 - b) Ukur tekanan inlet dan outlet fuel injection pump.

- c) Uji performa tiap unit fuel injection pump dengan metode *cracking test* atau pengukuran tekanan.
 - 2) Bandingkan dengan Normal: Bandingkan hasil pengukuran dengan nilai standar (*standard value*) dari manual.
 - 3) Tentukan Komponen Rusak: Identifikasi komponen spesifik yang menjadi akar penyebab (misal: *fuel injection pump* unit no. 3 rusak).
- d. Tindakan Perbaikan dan Verifikasi
 - 1) Persetujuan Perbaikan: Dapatkan persetujuan rencana perbaikan dari Chief Engineer.
 - 2) Laksanakan Perbaikan: Ganti atau perbaiki komponen rusak sesuai SOP penggantian. Patuhi prosedur LOTO.
 - 3) Uji dan Verifikasi: Setelah perbaikan, start mesin dan uji secara bertahap hingga mencapai beban penuh (*full away*). Verifikasi bahwa gejala awal telah hilang dan semua parameter normal.
 - 4) Dokumentasi Insiden: Catat seluruh proses troubleshooting, diagnosis, tindakan perbaikan, dan komponen yang diganti dalam *Engine Logbook* atau *Defect Report*.

A. Faktor Manusia

Pengetahuan dan Keterampilan kru

Regulasi internasional telah lama mengidentifikasi kompetensi sebagai pilar keselamatan. *International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers (STCW)*, sebagaimana diamandemen, secara eksplisit menekankan pentingnya *competence-based training*. Kode STCW Bagian A-III/1 mensyaratkan bahwa calon *Officer in Charge of an Engineering Watch* harus memiliki pengetahuan yang memadai mengenai pemeliharaan dan perbaikan peralatan mesin (*maintenance and repair of electrical and mechanical equipment*). Namun, implementasinya seringkali berhenti pada pemenuhan sertifikat dasar, tanpa diikuti dengan pelatihan berkelanjutan (*continuous professional development*)

yang spesifik pada tipe mesin seperti Cummins KTA 50. Akibatnya, terjadi kesenjangan antara kompetensi formal yang tercertifikasi dan kompetensi riil yang dibutuhkan di atas kapal (Baksh et al., 2021: 112).

Kurangnya pengetahuan spesifik dapat menyebabkan kesalahan dalam melaksanakan prosedur PMS itu sendiri. Sebagai contoh, pengencangan baut (*torqueing*) yang tidak sesuai spesifikasi pabrikan, prosedur *bleeding* sistem bahan bakar yang tidak sempurna, atau kalibrasi sensor yang keliru dapat secara paradoks memperkenalkan *failure mode* baru meskipun aktivitas perawatan telah dilakukan. Manual pabrikan Cummins menjadi dokumen hukum teknis yang wajib diikuti, dan ketidakmampuan awak untuk memahami dan menerapkannya secara utuh merupakan bentuk ketidakpatuhan terhadap regulasi. *International Safety Management (ISM) Code*, bagian 6.2 (Sumber Daya dan Personel), mewajibkan perusahaan untuk memastikan bahwa setiap personel kapal diberi tugas yang tepat sesuai dengan kualifikasinya dan dilatih dengan memadai untuk melaksanakan tugas-tugasnya.

Kru departemen teknik, khususnya yang menangani *Main Engine Cummins KTA 50*, harus menguasai serangkaian keterampilan teknis spesifik yang melampaui pengetahuan dasar. Keterampilan ini menjadi penentu dalam mengubah *Planned Maintenance System* (PMS) dari aktivitas administratif menjadi pertahanan proaktif yang efektif, serta dalam melaksanakan *Troubleshooting* yang cepat dan tepat. Berikut adalah poin-poin keterampilan kritis yang diperlukan:

1. Kemampuan Interpretasi Manual Teknis dan Diagram Sistem (*Technical Manual and System Diagram Interpretation*). Kru harus terampil dalam membaca, memahami, dan menerapkan informasi dari *Cummins KTA 50 Service Manual*. Keterampilan ini mencakup kemampuan membaca *schematic diagrams* sistem bahan bakar, pendingin, dan udara, *exploded view* gambar perakitan, serta tabel spesifikasi teknis (seperti *torque values*, *clearance tolerances*,

dan *pressure settings*). Tanpa keterampilan ini, pelaksanaan PMS berisiko tidak sesuai standar pabrikan.

2. Keterampilan Inspeksi Mendalam dan Penggunaan Alat Ukur (*Proficiency in Advanced Inspection and Measurement Tools*). Melampaui inspeksi visual biasa, kru harus mahir menggunakan alat ukur presisi seperti *dial gauge* untuk mengukur *liner wear* atau *crankshaft deflection*, *micron gauge* untuk menyetel *injector height*, dan *pressure test kit* untuk sistem bahan bakar dan pendingin. Kemampuan melakukan *compression test* dan *leak-down test* juga penting untuk menilai kesehatan silinder.
3. Kemampuan Analisis Data Parameter Mesin (*Engine Performance Data Analysis*). Kru harus terampil dalam memantau dan menganalisis tren data dari *engine logbook* dan panel kontrol digital. Ini termasuk mengenali pola penurunan tekanan oli secara bertahap, kenaikan suhu buang (*exhaust gas temperature*) yang tidak merata antar silinder, atau fluktuasi tekanan bahan bakar. Keterampilan ini vital untuk mendeteksi *early failure symptoms* yang tidak kasat mata.
4. Kompetensi dalam Prosedur *Troubleshooting* Sistematis Berbasis (*Systematic Symptom-Based Troubleshooting Competence*). Kru terlatih dalam metodologi *Troubleshooting* yang terstruktur, seperti metode *fishbone diagram* (sebab-akibat) atau pendekatan *half-split*. Keterampilan ini melibatkan kemampuan mengisolasi sistem, melakukan pengujian bertahap (*step-by-step testing*), dan menganalisis hasil untuk berpindah dari gejala umum (misal, *loss of power*) ke komponen penyebab spesifik (misal, *failed fuel pump transfer pump*).
5. Keahlian Kalibrasi dan Penyetingan (*Calibration and Adjustment Proficiency*). Pemeliharaan optimal membutuhkan keahlian dalam menyetel komponen ke spesifikasi pabrik. Ini mencakup keterampilan menyetel *rack setting* pada *fuel injection pump*, mengkalibrasi sensor (*sensors*) seperti *PT100 temperature*

sensors atau *pressure transducers*, serta menyetel *governor* untuk memastikan respon RPM yang stabil dan akurat.

6. Keterampilan Perawatan dan Perbaikan Sistem Kontrol Elektronik (*Electronic Control System Maintenance and Basic Repair Skills*). Mengingat mesin modern memiliki komponen kontrol elektronik, menggunakan *multimeter* untuk mengecek kontinuitas, tegangan, dan resistansi, membaca *wiring diagrams*, serta mengganti modul atau *actuators* yang rusak sesuai prosedur.
7. Kemampuan Melaksanakan Prosedur Keselamatan Kerja Tertinggi (*Execution of Highest Standard Safety Procedures*). Keterampilan teknis harus dilandasi oleh keahlian menerapkan prosedur keselamatan, *Lock-Out Tag-Out (LOTO)* untuk mengisolasi energi, prosedur kerja di ruang tertutup (*enclosed space entry*), dan penanganan material berbahaya (*handling of hazardous materials*). Keamanan diri dan rekan kerja adalah prasyarat mutlak dari semua keterampilan teknis lainnya.

B. Organisasi diatas Kapal

Beban kerja yang berlebihan, terutama pada departemen teknik yang memiliki tanggung jawab ganda antara menjaga mesin tetap operasional 24 jam dan melaksanakan program PMS yang padat, menciptakan kondisi yang tidak berkelanjutan. Kru teknik seringkali terjebak dalam paradoks: di satu sisi mereka harus mematuhi jadwal PMS yang ketat berdasarkan *running hours*, di sisi lain mereka harus merespons gangguan operasional yang tak terduga. Beban ganda ini, jika tidak dikelola dengan prinsip *safety-first*, akan memaksa kru untuk mengambil jalan pintas, seperti menyelesaikan checklist PMS secara terburu-buru dan kurang mendalam, hanya untuk memenuhi target administratif (Hetherington et al., 2020: 78).

Regulasi internasional telah menetapkan batasan yang jelas untuk mencegah eksploitasi dan kelelahan akibat beban kerja berlebihan. *Maritime Labour Convention, 2006 (MLC)*, khususnya Peraturan *Standard A.1.3 – Hours of Work and Hours of Rest*,

merupakan hukum utama yang mengatur hal ini. Regulasi ini menetapkan bahwa jam kerja tidak boleh melebihi **14 jam dalam periode 24 jam** dan **72 jam dalam periode 7 hari**. Selain itu, ia menjamin jam istirahat minimum **10 jam dalam periode 24 jam**, yang dapat dibagi maksimal dua periode, salah satunya minimal 6 jam berturut-turut. Pelanggaran terhadap batasan hukum ini secara langsung berkontribusi pada kelelahan kronis (*chronic fatigue*), yang merupakan musuh utama dari pelaksanaan pekerjaan presisi seperti pemeliharaan mesin.

Berdasarkan analisis masalah kegagalan *Planned Maintenance System* (PMS) dan *Troubleshooting* pada Main Engine Cummins KTA 50, tugas dan tanggung jawab kru dapat dirinci sebagai berikut untuk memastikan optimalisasi dan pencegahan insiden serupa.

1. Nahkoda (Master) bertanggung jawab sebagai otoritas tertinggi di kapal yang menjamin keselamatan operasional secara keseluruhan. Tugasnya adalah menyetujui perencanaan *downtime* mesin untuk pelaksanaan PMS berat, memastikan alokasi sumber daya dan dukungan operasional, serta menegakkan kepatuhan terhadap regulasi jam kerja dan istirahat (*MLC, 2006*) untuk mencegah kelelahan kru yang dapat mengorbankan kualitas perawatan.
2. Perwira Teknik Kepala (Chief Engineer) memikul tanggung jawab penuh atas kinerja seluruh permesinan. Tugas utamanya meliputi menyusun, mengawasi, dan mengevaluasi program PMS spesifik untuk KTA 50 berdasarkan *running hours* dan manual pabrikan. Ia juga bertanggung jawab atas keputusan teknis akhir saat *troubleshooting*, memastikan ketersediaan suku cadang kritis, serta melaporkan kondisi teknis dan kebutuhan kapal kepada perusahaan secara transparan sesuai tuntutan *ISM Code*.
3. Perwira Teknik (Second/Third Engineer) bertindak sebagai pelaksana utama dan pengawas langsung aktivitas PMS harian serta *troubleshooting*. Tugasnya adalah memastikan setiap

langkah perawatan dan perbaikan dilakukan sesuai prosedur, spesifikasi *torque*, dan standar pabrikan. Mereka juga wajib mendokumentasikan setiap temuan, pengukuran, dan pekerjaan yang dilakukan dengan akurat dalam *engine logbook*, serta melaporkan segera setiap *abnormality* atau gejala mencurigakan kepada *Chief Engineer*.

4. Asisten Teknik (Oiler, Fitter, Wiper) merupakan garis depan dalam pelaksanaan tugas perawatan rutin dan inspeksi harian. Tanggung jawab mereka adalah melakukan inspeksi visual dan pengukuran dasar (seperti level oli, kebocoran, suhu sentuh) dengan teliti, melaksanakan tugas perawatan sederhana sesuai instruksi, serta menjadi mata dan telinga pertama yang harus waspada dan segera melaporkan suara, bau, atau tampilan tidak normal dari mesin kepada perwira yang berjaga.

C. Faktor Pekerjaan dan Lingkungan Kerja.

Ketersediaan dan Kesesuaian Alat Kerja

Pelaksanaan PMS yang sesuai standar pabrikan dan *Troubleshooting* yang efektif sangat bergantung pada penggunaan alat yang spesifik. Ini mencakup perkakas tangan (*hand tools*) standar seperti kunci pas yang sesuai ukuran, kunci torsi (*torque wrenches*) yang telah dikalibrasi, hingga alat ukur dan diagnostik khusus seperti *multimeter* digital, *pressure test kit* untuk sistem bahan bakar, *infrared thermometer*, dan alat *dial indicator*. Ketidaktersediaan atau ketidaksesuaian alat ini tidak hanya memperlambat pekerjaan, tetapi lebih buruk lagi, dapat menyebabkan pekerjaan dilakukan secara tidak benar atau tidak dilakukan sama sekali (Park & Jung, 2022: 156).

Regulasi utama yang mengatur hal ini adalah *International Safety Management (ISM) Code*. Secara khusus, ISM Code Bagian 6.1 – Sumber Daya dan Personel, menetapkan bahwa **perusahaan harus memastikan bahwa kapal dilengkapi dengan peralatan yang memadai**. Kata kunci "memadai" (*adequate*) di sini diinterpretasikan tidak hanya berarti ada, tetapi juga sesuai fungsi, terpelihara, dan dapat

diakses untuk menjamin keselamatan operasi kapal dan pencegahan polusi. Ketersediaan alat kerja yang tepat adalah prasyarat untuk memenuhi kewajiban perusahaan dalam menyediakan sumber daya yang cukup, sebagaimana diamanatkan oleh Kode ini. Selain itu, standar dari badan klasifikasi seperti *American Bureau of Shipping (ABS)* atau *Lloyd's Register* juga seringkali memiliki persyaratan mengenai inventaris alat bengkel (*workshop tools*) yang harus ada di kapal.

Alat yang diperlukan untuk pelaksanaan PMS dan *Troubleshooting* pada Main Engine Cummins KTA 50, dikelompokkan berdasarkan fungsi dan tahap pekerjaan.

1. Alat untuk Inspeksi dan Pengukuran (PMS & Diagnosis Awal)

a. Alat Ukur Tekanan (*Pressure Measurement Tools*):

- 1) *Fuel pressure test kit* (untuk mengukur tekanan di inlet pump, sebelum dan setelah filter, serta di *fuel rail*).
- 2) *Coolant system pressure tester* (untuk memeriksa kebocoran sistem pendingin dan tekanan tutup radiator).
- 3) *Oil pressure gauge* (presisi tinggi untuk membandingkan pembacaan dengan sensor kapal).
- 4) *Compression test kit* dan *Leak-down tester* (untuk memeriksa kesehatan kompresi silinder dan kebocoran katup/ring).

b. Alat Ukur Suhu (*Temperature Measurement Tools*):

- 1) *Infrared thermometer* (non-kontak untuk memindai perbedaan suhu di manifold, silinder, bearing).
- 2) *Digital thermometer* dengan probe atau *thermocouple* (untuk pengukuran cairan yang akurat).

c. Alat Ukur Dimensi dan Kekencangan (*Dimensional and Torque Tools*):

- 1) *Dial indicator* dengan magnetic base (untuk mengukur *end float*, *crankshaft deflection*, *liner wear*).
- 2) *Feeler gauge set* (untuk mengukur *clearance* katup, *bearing clearance*).

- 3) *Torque wrench* (berkalibrasi, dalam rentang yang sesuai untuk baut kepala silinder, rod, dan manifold).
- 4) *Micrometer* dan *Vernier caliper* (untuk mengukur diameter pin, bearing, shaft).

2. Alat untuk Perawatan dan Perbaikan (Pelaksanaan PMS & Corrective Action)

a. Perkakas Tangan dan Khusus (*Hand and Specialized Tools*):

- 1) *Standard and metric socket wrench set* (lengkap dengan ratchet dan extension bar).
- 2) *Combination wrench set* (ring dan pas, ukuran standar dan metrik).
- 3) *Screwdriver set* (berbagai jenis dan ukuran kepala).
- 4) *Puller set* (gear puller, bearing puller) untuk melepas komponen yang press-fit.
- 5) *Injector service tool kit* (khusus Cummins KTA 50 untuk melepas, memasang, dan menyetel *injector*).
- 6) *Valve adjustment tool kit* (termasuk *spring compressor* dan alat penyetel *tappet clearance*).

b. Alat untuk Penanganan Fluida (*Fluid Handling Tools*):

- 1) *Transfer pump* manual atau listrik (untuk memindahkan oli dan bahan bakar).
- 2) *Grease gun* (untuk pelumasan fitting).
- 3) *Oil filter wrench* (berbagai tipe dan ukuran).
- 4) *Fuel filter wrench* (khusus untuk filter bahan bakar mesin tersebut).
- 5) *Drain pan* dan *waste oil container* yang memadai.

c. Alat untuk *Troubleshooting* Sistem Kelistrikan dan Kontrol

a. Alat Diagnostik Elektrik (*Electrical Diagnostic Tools*):

- 1) *Digital multimeter* (DMM) dengan fitur min/max dan duty cycle.
- 2) *Clamp meter* (untuk mengukur arus start dan operasional tanpa memutus rangkaian).

3) *Insulation tester (megger)* (untuk memeriksa kebocoran isolasi kabel dan motor).

b. **Alat untuk Sistem Kontrol (*Control System Tools*):**

1) *Scan tool* atau *diagnostic software* khusus Cummins (jika mesin telah memiliki Electronic Control Module/ECM) untuk membaca *fault code* dan parameter data.

2) *Jumper wires* dan *test light* untuk penelusuran rangkaian sederhana.

4. Alat Keselamatan (*Safety Equipment*)

a. *Personal Protective Equipment (PPE)* lengkap: *Safety goggles*, *ear plugs/muffs*, *gloves* (tahan minyak dan panas), *safety shoes*.

b. *Lock-Out Tag-Out (LOTO) kit*: Gembok dan tag pengunci untuk mengisolasi sumber energi.

c. *Portable lighting* dan *headlamp* yang berdaya terang tinggi dan *explosion-proof* untuk pencahayaan di area terbatas.

d. *Fire extinguisher* portable (tipe CO₂ dan Dry Powder) yang siap di area kerja.

e. *First aid kit* yang lengkap dan mudah diakses.

D. Faktor Manajemen Perusahaan Pelayaran

Komitmen manajemen puncak perusahaan terhadap keselamatan, yang melampaui sekadar kepatuhan administratif. Komitmen ini harus termanifestasi dalam alokasi sumber daya yang memadai, baik finansial, manusia, maupun teknis, untuk mendukung semua program keselamatan dan pemeliharaan. Sebuah perusahaan yang komitmennya hanya bersifat retorik atau *paper-based* akan cenderung memangkas anggaran untuk pelatihan lanjutan, menunda penggantian alat ukur yang usang, atau mengoperasikan kapal dengan komposisi kru minimalis (*skeleton crew*) untuk menekan biaya. Keputusan strategis seperti ini langsung berimbas pada kualitas *Planned Maintenance System (PMS)*, di mana kru tidak

memiliki cukup waktu, alat yang tepat, atau kompetensi yang mutakhir untuk melaksanakan tugas sesuai standar pabrikan (Karahalios, 2020: 214).

Regulasi inti yang mengatur hal ini adalah *International Safety Management (ISM) Code*. Kode ini secara eksplisit menempatkan tanggung jawab mutlak pada perusahaan. Bagian 1.2.2 ISM Code menyatakan bahwa perusahaan harus **menetapkan, menerapkan, dan memelihara kebijakan keselamatan dan pencegahan polusi (*Safety and Environmental Protection Policy*)**. Bagian 1.4 lebih lanjut mendefinisikan tanggung jawab perusahaan untuk memastikan tersedianya sumber daya dan dukungan yang diperlukan agar pihak berwenang di kapal (*Master*) dapat melaksanakan tugasnya. Komitmen manajemen adalah roh dari kebijakan ini; tanpanya, dokumen ISM Code hanyalah kertas tanpa makna. Auditor ISM secara khusus melihat bukti komitmen ini, seperti anggaran untuk pelatihan, investasi dalam peralatan, dan respons terhadap laporan dari kapal.

Dampak dari komitmen yang lemah terhadap PMS sangat sistemik. Perusahaan mungkin menyetujui program PMS yang komprehensif di atas kertas, tetapi gagal menyediakan suku cadang kritis (*critical spares*) seperti *fuel injection pump* atau *exchange cylinder head* di kapal karena pertimbangan biaya penyimpanan (*inventory cost*). Ketika terjadi kegagalan di laut, ketiadaan *spare part* ini memaksa kru melakukan perbaikan darurat yang tidak optimal atau memperpanjang *downtime* menunggu pengiriman. Kondisi ini bertentangan dengan prinsip kesiapan (*preparedness*) dan pencegahan yang menjadi esensi ISM Code. Selain itu, perusahaan yang kurang berkomitmen seringkali menekan jadwal perawatan di pelabuhan (*port stay maintenance*) untuk mempercepat *turn-around time*, sehingga pekerjaan dilakukan terburu-buru dan berisiko tinggi (Psaraftis & Panagakos, 2022: 178).