

**EVALUASI KEBOCORAN CYLINDER HEAD MESIN BANTU  
GENERATOR SEBAGAI DASAR PENCEGAHAN  
GANGGUAN OPERASI DI MT.QUEEN QADARIAH**



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

**HASBI AZIS**

**NIS: 25.11.102.020**

**AHLI TEKNIKTINGKAT I**

PROGRAM DIKLAT PELAUT TINGKAT I  
POLITEKNIK ILMU PELAYARAN MAKASAR

2026

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : HASBI AZIS  
Nomor Induk Siswa : 25.11.102.020  
Program Pelatihan : Ahli Teknika Tingkat I

Menyatakan bahwa KIT dengan judul:

### **EVALUASI KEBOCORAN CYLINDER HEAD MESIN BANTU GENERATOR SEBAGAI DASAR PENCEGAHAN GANGGUAN OPERASI DI MT.QUEEN QADARIAH**

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, 30 Januari 2026



HASBI AZIS

## PERSETUJUAN SEMINAR KARYA ILMIAH TERAPAN

Judul : EVALUASI KEBOCORAN CYLINDER HEAD MESIN  
BANTU GENERATOR SEBAGAI DASAR  
PENCEGAHAN GANGGUAN OPERASI DI  
MT.QUEEN QADARIAH

Nama Pasis : HASBI AZIS  
Nomor Induk Siswa : 25.11.102.020  
Program Diklat : Ahli TeknikaTingkat I

Dengan ini dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diseminarkan.

Makassar, 30 Januari 2026

Menyetujui,

Pembimbing I

Pembimbing II



RAHMAT HIDAYAT, S.T., M.Mar.E  
NIP. 198605172010121006



TAHARUDDIN ST., M.T  
NIP.198204122009121005

Mengetahui:  
Manager Diklat  
Peningkatan dan Penjenjangan



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

**EVALUASI KEBOCORAN CYLINDER HEAD MESIN BANTU  
GENERATOR SEBAGAI DASAR PENCEGAHAN GANGGUAN  
OPERASI DI MT.QUEEN QADARIAH**

Disusun dan Diajukan Oleh:

**HASBI AZIS**  
**NIS. 25.11.102.020**  
**Ahli Teknika Tingkat I**

Telah dipresentasikan di depan Panitia Ujian KIT  
Pada Tanggal, 30 Januari 2026

Menyetujui,

Pembimbing I

Pembimbing II



**RAHMAT HIDAYAT, S.T.,M.Mar.E**  
**NIP. 198605172010121006**



**TAHARUDDIN ST.,M.T**  
**NIP.198204122009121005**

Mengetahui:

A.n Direktur  
Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar  
Pembantu Direktur I



**Capt. FAISAL SARANSI, M.T., M.Mar.**  
**NIP. 19750329 1999031002**

## 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 Teknika Tingkat 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. Rahmat Hidayat, S.T.,M.Mar.E selaku pembimbing I penulisan KIT Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar
4. Taharuddin ST.,M.T.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 TEKNIKA Tingkat I di PIP Makassar.
6. Rekan-rekan Pasis Angkatan XLVIII Tahun 2026
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, 30 Januari 2026



HASBI AZIS

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN	ii
PERSETUJUAN SEMINAR	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
KATA PENGANTA	Rv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
A. Latar belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Tujuan Penelitian	3
D. Manfaat Penelitian	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
A. Sistem Pendingin <i>Auxiliary engine</i> Generator	6
B. Faktor-Faktor Penyebab Kebocoran <i>Jacket cooling</i>	8
C. Dampak Kebocoran <i>Jacket cooling</i>	12
D. Plan Maintenance System (PMS)	14
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b>	
A. Jenis dan Pendekatan Penelitian	16
B. Waktu, Lokasi, dan Konteks Kejadian	16
C. Teknik Pengumpulan Data	17
D. Teknik Analisis Data	19
<b>BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN</b>	
A. Lokasi Kejadian	21
B. Kronologi Kejadian Kebocoran	21
C. Analisis Penyebab Kebocoran	22
D. Dampak Kebocoran terhadap Operasi	24
E. Rekomendasi Pencegahan Berbasis Sistem	25
<b>BAB V PENUTUP</b>	
A. Simpulan	28
B. Saran	29
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>32</b>
<b>LAMPIRAN</b>	<b>37</b>
<b>RIWAYAT HIDUP</b>	<b>40</b>

## BAB I PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Pelayaran niaga sebagai tulang punggung perdagangan global mensyaratkan keandalan (*reliability*) dan keselamatan (*safety*) yang tinggi dalam setiap aspek operasional kapal. Di jantung operasi ini terletak sistem pembangkit listrik kapal, yang dihasilkan secara dominan oleh mesin-mesin diesel generator bantu (*auxiliary engine*). Listrik bukan sekadar fasilitas; ia adalah napas bagi sistem navigasi, komunikasi, kendali mesin induk, kargo, dan kehidupan sehari-hari di atas kapal. Kegagalan suplai listrik, bahkan sementara, dapat berimplikasi serius mulai dari terganggunya operasi kargo, hilangnya daya kendali (*blackout*), hingga membahayakan keselamatan kapal dan awaknya.

Generator bantu beroperasi dalam siklus yang berat, seringkali harus bekerja dalam jangka waktu lama (*continuous operation*) dengan beban yang berfluktuasi. Salah satu komponen kritis yang mengalami tekanan termal (*thermal stress*) dan mekanis (*mechanical stress*) ekstrem adalah *cylinder head*. *Cylinder head* berfungsi sebagai penutup ruang bakar, tempat kedudukan katup masuk dan buang, serta saluran injeksi bahan bakar. Untuk menjaga integritasnya di bawah suhu pembakaran yang dapat mencapai lebih dari 1.800°K, *cylinder head* dilengkapi dengan sistem pendingin berupa water jacket. Sistem pendingin tertutup ini mengalirkan air tawar (*fresh water*) di sekeliling ruang bakar, katup, dan area kritis lainnya untuk menyerap panas berlebih.

Kebocoran pada *jacket cooling cylinder head* merupakan salah satu gangguan teknis yang sering dijumpai namun berdampak signifikan. Kebocoran ini dapat terjadi akibat berbagai faktor, mulai dari *human error* pada saat pemasangan atau perawatan, kegagalan material (seperti *gasket*, *O-ring*, atau kedudukan katub/ *seating valve*),

hingga prosedur perawatan yang tidak sesuai dengan rekomendasi pabrikan (*manual book*). Ketika kebocoran terjadi, air tawar pendingin dapat merembes masuk ke dalam ruang bakar atau oli pelumas. Dampak langsung yang terlihat adalah penurunan tekanan dan *volume* air pendingin, yang berujung pada *overheating* mesin. Mesin yang *overheat* akan mengalami penurunan efisiensi termal, potensi *pre-ignition*, dan stress material yang lebih tinggi. Sistem peringatan (*alarm*) kapas akan aktif, dan jika tidak segera ditangani, mesin akan otomatis trip (*shut down*) untuk mencegah kerusakan yang lebih parah. Dalam situasi operasional di laut, trip-nya satu generator dapat membebani generator lainnya secara berlebihan, meningkatkan risiko *blackout* total, dan mengganggu seluruh operasi kapal, termasuk manuver yang sedang berlangsung.

Di MT. Queen Qadariah, sebuah kapal tanker yang beroperasi secara intensif, insiden kebocoran *jacket cooling* pada *cylinder head auxiliary engine* telah dilaporkan terjadi beberapa kali dalam periode operasi tertentu. Gangguan ini tidak hanya menyebabkan downtime mesin yang mengganggu jadwal pelayaran, tetapi juga memerlukan biaya perbaikan yang tidak kecil, termasuk penggantian spare part dan potensi keterlambatan (*delay*). Fenomena yang berulang ini menunjukkan bahwa akar permasalahan mungkin belum tertangani secara tuntas. Penanganan selama ini cenderung bersifat reaktif (*corrective maintenance*), yaitu memperbaiki setelah kerusakan terjadi, alih-alih preventif yang sistematis.

Oleh karena itu, diperlukan suatu kajian yang komprehensif dan mendalam untuk menganalisis penyebab spesifik kebocoran *cylinder head* pada *auxiliary engine* di kapal MT. Queen Qadariah. Penelitian ini penting untuk mengidentifikasi titik-titik rawan kegagalan (*failure points*), menganalisis faktor kontribusi baik dari sisi prosedural, teknis, maupun human factor, dan akhirnya merumuskan rekomendasi pencegahan berbasis data yang dapat diintegrasikan ke dalam sistem perawatan

terencana (*Plan Maintenance System/PMS*) kapal. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi dalam meningkatkan keandalan mesin bantu, menekan biaya operasional, dan yang terpenting, mendukung keselamatan pelayaran.

## **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka masalah utama dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Faktor Penyebab: Apa saja faktor penyebab dominan yang mengakibatkan terjadinya kebocoran pada sistem *jacket cooling cylinder head auxiliary engine generator* di MT. Queen Qadariah? Apakah faktor-faktor tersebut lebih dominan pada aspek prosedur pemasangan (seperti *gasket* dan *seating valve*), kualitas material spare part, pelaksanaan perawatan, atau faktor lainnya?
2. Dampak Operasional: Bagaimana dampak teknis dan operasional yang ditimbulkan oleh kebocoran *jacket cooling cylinder head* terhadap kinerja *auxiliary engine generator* dan sistem kelistrikan kapal secara keseluruhan di MT. Queen Qadariah?
3. Langkah Pencegahan: Langkah-langkah strategis dan teknis apa yang dapat direkomendasikan untuk mencegah terulangnya kebocoran *jacket cooling cylinder head*, serta bagaimana mengintegrasikan langkah-langkah tersebut ke dalam sistem manajemen perawatan (PMS) yang efektif di MT. Queen Qadariah?

## **C. Tujuan Penulisan**

Sesuai dengan rumusan masalah di atas, penelitian ini dilaksanakan dengan tujuan-tujuan spesifik sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi dan menganalisis penyebab: Untuk melakukan identifikasi dan analisis mendalam terhadap akar penyebab (root cause) kebocoran *jacket cooling* pada *cylinder head auxiliary engine generator* di MT. Queen Qadariah, melalui pengamatan langsung, studi dokumentasi, dan diskusi dengan personel teknis.

2. Mengevaluasi dampak gangguan: untuk mengevaluasi dan mendokumentasikan dampak langsung maupun tidak langsung dari kebocoran tersebut terhadap parameter kinerja mesin (seperti suhu, tekanan, daya output), stabilitas suplai listrik, serta kelancaran operasional kapal.
3. Menyusun rekomendasi pencegahan berbasis sistem: Untuk menyusun suatu rekomendasi tindakan pencegahan (*preventive action*) yang praktis, terstruktur, dan berkelanjutan. Rekomendasi ini akan mencakup aspek peningkatan prosedur kerja, pemenuhan standar material, optimalisasi jadwal PMS, serta peningkatan kompetensi awak kamar mesin, yang kesemuanya ditujukan untuk meminimalisir risiko terulangnya kejadian serupa.

#### **D. Manfaat Penulisan**

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat baik secara teoretis (*akademis*) maupun praktis (terapan) sebagai berikut:

1. Manfaat Teoretis/Akademis:
  - a. Pengembangan Ilmu Terapan: Memberikan kontribusi pada khazanah ilmu terapan di bidang teknik permesinan kapal, khususnya terkait dengan *failure analysis* dan manajemen perawatan pada sistem pendingin diesel generator.
  - b. Referensi Studi Kasus: Dapat dijadikan sebagai studi kasus dan bahan referensi bagi penelitian sejenis di masa depan, terutama yang berkaitan dengan analisis kegagalan komponen mesin bantu di lingkungan maritim.
  - c. Validasi Teori Perawatan: Memberikan konteks nyata terhadap pentingnya penerapan prinsip-prinsip *preventive maintenance* dan *root cause analysis* dalam dunia *engineering* kelautan

## 2. Manfaat Praktis/Operasional:

- a. Bagi Perusahaan (*Ship Management*): Sebagai bahan masukan untuk menyusun atau merevisi prosedur standar operasi (SOP) dan perawatan (SMP) yang lebih efektif, serta untuk perencanaan pengadaan spare part yang berkualitas. Dapat membantu dalam pengambilan keputusan investasi pelatihan bagi *Crew*.
- b. Bagi Awak Kapal (*Crew*) MT. Queen Qadariah: Memberikan panduan dan pemahaman yang lebih jelas mengenai titik kritis (*critical points*) pada *cylinder head*, teknik pemasangan yang benar, dan pentingnya kepatuhan terhadap jadwal PMS. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan kemampuan teknis (*technical skill*) dan kesadaran akan keselamatan (*safety awareness*) para engineer.
- c. Bagi Operasional Kapal: Meningkatkan keandalan (*reliability*) dan ketersediaan (*availability*) *auxiliary engine* generator, yang pada gilirannya akan mendukung kelancaran operasional kapal, mencegah delay, dan mengurangi biaya perbaikan yang tidak terduga (*unplanned maintenance cost*).
- d. Bagi Keselamatan Pelayaran: Dengan berkurangnya insiden gangguan pada pembangkit listrik, tingkat keselamatan pelayaran secara keseluruhan dapat meningkat, mengurangi risiko *blackout* dan keadaan darurat yang diakibatkannya.

## BAB II KAJIAN PUSTAKA

### A. Sistem Pendingin *Auxiliary engine Generator*

Pembakaran bahan bakar di dalam silinder mesin diesel menghasilkan sejumlah besar energi panas, di mana hanya sekitar 35-40% yang diubah menjadi kerja mekanik yang berguna. Sebagian besar energi panas sisanya (sekitar 30-35%) dibuang melalui gas buang, dan sekitar 25-30% lainnya harus diserap oleh sistem pendingin mesin. Jika panas yang diserap ini tidak dialirkan keluar dengan baik, komponen-komponen mesin seperti *cylinder liner*, *cylinder head*, dan piston akan mengalami *overheating* yang dapat menyebabkan distorsi termal, penurunan kekuatan material, pelumasan yang gagal, hingga keretakan.

Pada kapal, *auxiliary engine generator* umumnya menggunakan sistem pendingin tertutup (*closed cooling system*) atau sistem pendingin dua sirkuit (*two-circuit system*) yang terdiri dari:

1. Sirkuit Primer (*Air Tawar/ Fresh Water Circuit*): Air tawar yang telah diolah (*demineralized*) bersirkulasi di dalam mesin melalui *water jacket* pada *cylinder block* dan *cylinder head*, serta melalui ruang pendingin komponen lainnya. Air ini menyerap panas langsung dari komponen mesin.
2. Sirkuit Sekunder (*Air Laut/ Sea Water Circuit*): Air laut digunakan sebagai media pendingin akhir (*ultimate coolant*). Air laut mendinginkan air tawar yang telah panas melalui sebuah alat penukar kalor yang disebut *Fresh Water cooler* atau *heat exchanger*.

Sistem pendingin tertutup pada *cylinder head*, yang sering disebut *jacket cooling*, memiliki fungsi strategis. *Jacket cooling* pada *cylinder head* secara spesifik dirancang untuk:

1. Mendinginkan Ruang Bakar: Menjaga temperatur dinding ruang bakar agar tidak melebihi batas kemampuan material.
2. Mendinginkan Katup (*Valve*): Aliran air pendingin mengitari kedudukan katup buang (*exhaust valve seat*) dan katup masuk (*inlet valve seat*). Katup buang, terutama, beroperasi pada suhu sangat tinggi dan memerlukan pendinginan efektif untuk mencegah pembakaran (*burning*) dan pitting.
3. Mendinginkan Area Injeksi Bahan Bakar: Menjaga temperatur di sekitar nosel injektor agar tidak terjadi pengkarbonan (*coking*) yang dapat menyumbat lubang injeksi.
4. Mempertahankan Keseragaman Suhu: Mencegah distorsi termal (*thermal distortion*) pada *cylinder head* yang dapat mengakibatkan kebocoran gas pembakaran atau kebocoran air pendingin itu sendiri.

Komponen utama yang terkait dengan sistem pendingin *cylinder head* dan potensi kebocoran meliputi:

1. *Cylinder head*: Merupakan casting besi cor atau paduan aluminium yang kompleks, berisi saluran-saluran air (*water passages*), kedudukan katup, dan saluran injeksi. Integritas casting dan kehalusan permukaan kedudukan *gasket* sangat krusial.
2. *Gasket Cylinder head (Cylinder head Gasket/Packing Head)*: Berfungsi sebagai seal statis utama antara *cylinder head* dan *cylinder block*. *Gasket* ini harus menahan tekanan pembakaran yang tinggi (dapat mencapai >100 bar), sekaligus menutup rapat aliran air pendingin dan oli pelumas yang melintasi bidang tersebut. *Gasket* modern biasanya berbahan *multilayer steel* (MLS) dengan lapisan karet silikon atau kawat tembaga di titik-titik kritis.
3. *Seating valve* (Dudukan Katup): Merupakan cincin logam keras (biasanya paduan besi cor atau paduan khusus) yang dipres

(press-fit) ke dalam rumahnya di *cylinder head*. Dudukan katup buang dilengkapi dengan saluran pendingin di sekelilingnya. *Seating valve* berfungsi sebagai permukaan dudukan untuk kepala katup, memastikan seal yang rapat selama langkah kompresi dan usaha. Sealing antara *seating valve* dan rumahnya di *cylinder head* biasanya dilengkapi dengan *O-ring* untuk mencegah kebocoran air pendingin.

4. *O-ring*: Terbuat dari karet sintetis (seperti Viton, Nitrile) yang tahan panas dan minyak. *O-ring* berfungsi sebagai seal statis yang fleksibel, mengisi celah mikro antara dua permukaan logam yang dipasang secara interference fit, seperti antara *seating valve* dan *cylinder head*.

## **B. Faktor-Faktor Penyebab Kebocoran pada *Jacket cooling Cylinder head***

Kebocoran pada sistem *jacket cooling cylinder head* bukanlah kejadian tunggal, melainkan hasil dari interaksi beberapa faktor penyebab (root causes). Berdasarkan studi literatur dan laporan kegagalan di industri pelayaran, faktor-faktor tersebut dapat dikelompokkan sebagai berikut:

1. Kesalahan dalam Pemasangan (*Assembly Error*)  
Kesalahan pada saat perakitan (*overhaul, reassembly*) merupakan penyebab kebocoran yang sangat umum dan bersifat *human error*.
  - a. Pemasangan *Gasket* yang Tidak Tepat: Termasuk penggunaan *gasket* bekas, tidak membersihkan permukaan blok dan kepala silinder dengan sempurna sehingga terdapat kotoran atau bekas *gasket* lama, tidak mengikuti urutan dan torsi pengencangan baut *cylinder head* sesuai spesifikasi pabrik. Pengencangan yang tidak merata dapat menyebabkan tekanan

lokal pada *gasket* tidak merata, menciptakan titik lemah untuk kebocoran. Penggunaan pelumas atau sealant yang tidak direkomendasikan pada permukaan *gasket* juga dapat merusak sifat sealing-nya.

- b. Pemasangan *Seating valve* yang Salah: Proses pemasangan *seating valve* memerlukan ketelitian tinggi. Menurut manual book, seringkali diperlukan pemanasan *cylinder head* (*shrink fitting*) dan pendinginan *seating valve* untuk mempermudah pemasangan. Jika dipasang dengan paksa atau tidak tegak lurus (miring), dapat menyebabkan *O-ring* terpotong, tergulung, atau tidak terpasang sempurna pada alurnya. Pemberian sealant (lem silikon) yang tidak tepat—terlalu banyak, terlalu sedikit, atau tidak pada lokasi yang ditentukan—juga dapat menyebabkan kegagalan seal.
  - c. Kerusakan Komponen Saat Pemasangan: Ketidakhati-hatian saat handling dapat menyebabkan kerusakan fisik pada permukaan halus *O-ring*, alur *O-ring*, atau permukaan sealing *gasket*.
2. Kegagalan Material (*Material Failure*)
- Komponen seal memiliki umur pakai (*service life*) dan dapat mengalami degradasi akibat kondisi operasi.
- a. Degradasi dan Keausan *Gasket*: *Gasket* mengalami creep (merayap) dan kompresi permanen karena siklus termal (panas-dingin) dan tekanan tinggi yang terus-menerus. Material elastis pada *gasket* dapat menjadi keras dan getas (*brittle*) akibat panas dan usia.
  - b. Kerusakan *O-ring*: *O-ring* dapat mengalami hal-hal berikut:

- 1) Pengerasan (*Hardening*): Kehilangan elastisitas akibat suhu tinggi yang konstan atau paparan zat kimia yang tidak kompatibel.
  - 2) Kompresi Set Permanent: Kehilangan kemampuan untuk kembali ke bentuk semula setelah dikompresi dalam waktu lama.
  - 3) Abrasi/Cutting: Terpotong oleh permukaan logam yang kasar atau tajam saat pemasangan.
  - 4) Chemical Attack: Membengkak atau mengerut akibat kontak dengan fluida yang tidak sesuai (misalnya, oli dengan aditif tertentu).
- c. Keretakan pada *Cylinder head* atau *Seating valve*: Meskipun jarang, casting *cylinder head* yang cacat atau *seating valve* dengan material tidak homogen dapat mengalami retak mikro (*micro-crack*) yang berkembang menjadi kebocoran di bawah tekanan dan siklus termal.
3. Prosedur Perawatan yang Tidak Sesuai (*Incorrect Maintenance Practice*)
- Ini berkaitan dengan pelaksanaan perawatan yang menyimpang dari standar yang ditetapkan.
- a. Melebihi Interval Perawatan (*Overrunning Maintenance Hours*): Menunda pekerjaan overhaul atau inspeksi melebihi jam kerja (*running hours*) yang ditetapkan dalam *manual book* atau PMS. Komponen seperti *O-ring* dan *gasket* terus bekerja melampaui umur rancangannya, meningkatkan risiko kegagalan mendadak.
  - b. Penggunaan *Spare Part Non-OEM* atau Tidak Standar: Menggunakan *gasket*, *O-ring*, atau *seating valve* dengan dimensi, material, atau toleransi yang tidak sesuai

spesifikasi pabrik. Spare part berkualitas rendah seringkali memiliki ketahanan panas, tekanan, dan usia pakai yang lebih rendah.

- c. Inspeksi yang Tidak Cermat: Gagal mendeteksi tanda-tanda awal kebocoran, seperti penurunan level air tawar pendingin yang tidak normal, adanya air dalam oli (*mayonnaise-like substance pada dipstick*), atau jejak korosi/endapan putih pada sambungan.
  - d. Pembersihan Sistem yang Tidak Memadai: Tidak membersihkan sistem pendingin secara berkala dapat menyebabkan korosi dan scaling (kerak) di dalam *water jacket*. Kerak ini bertindak sebagai insulator, mengurangi efisiensi pendinginan dan menyebabkan hot spot yang dapat mendistorsi *cylinder head*. Partikel kerak juga dapat mengikis seal.
4. Kondisi Operasional yang Ekstrem (*Extreme Operational Conditions*)

Kinerja seal juga dipengaruhi oleh lingkungan kerjanya.

- a. Thermal Shock: Perubahan beban mesin yang tiba-tiba (misalnya, start-stop generator yang sering dengan beban penuh) menyebabkan ekspansi dan kontraksi komponen yang cepat dan tidak merata, memberikan stress siklis pada seal.
- b. Cavitation: Gelembung udara yang terbentuk dan pecah di dalam air pendingin akibat tekanan rendah dapat mengikis permukaan logam di dekat seal secara bertahap (cavitation erosion).
- c. Getaran (*Vibration*): Getaran mesin yang berlebihan (misalnya, akibat *unbalance* atau *misalignment*) dapat mengendurkan

pengencangan baut secara bertahap (*bolt loosening*) dan mempercepat kelelahan material seal.

### **C. Dampak Kebocoran *Jacket cooling* terhadap Operasi Mesin dan Kapal**

Kebocoran, sekecil apapun, akan menimbulkan rangkaian dampak negatif yang bersifat kaskade:

#### **1. Dampak Langsung pada Sistem Pendingin:**

- a. Penurunan Tekanan dan Volume Air Pendingin: Kebocoran menyebabkan air tawar keluar dari sistem tertutup. Hal ini akan ditandai dengan penurunan level di tangki ekspansi (*expansion tank*) dan penurunan tekanan operasional pada sirkuit air tawar.
- b. Overheating Mesin: Dengan volume dan sirkulasi air yang berkurang, kemampuan sistem untuk membuang panas dari *cylinder head* menurun. Hal ini menyebabkan kenaikan suhu air tawar keluar mesin (*outlet temperature*) melebihi batas normal.
- c. Kavitasi yang Meningkat: Tekanan sistem yang rendah meningkatkan risiko terbentuknya gelembung uap (*cavitation*) pada sisi hisap pompa air tawar, yang dapat merusak impeller pompa dan memperparah masalah pendinginan.

#### **2. Dampak pada Kondisi dan Kinerja Mesin:**

- a. Penurunan Kinerja (*Loss of Power*): Mesin yang *overheat* dapat mengalami *pre-ignition* atau *knocking*, serta pembakaran yang tidak sempurna. Efisiensi termal turun, sehingga daya yang dihasilkan untuk memutar generator berkurang.
- b. Degradasi Oli Pelumas: Jika kebocoran terjadi ke dalam ruang bakar (kebocoran internal), air dapat mencemari oli pelumas di carter. Air dalam oli membentuk emulsifikasi, yang *drastically* mengurangi kemampuan oli untuk melumasi (*loss of lubricity*)

dan menyebabkan korosi pada *bearing*, *camshaft*, dan komponen lainnya.

- c. Kerusakan Komponen Sekunder: *Overheating* dapat menyebabkan kerusakan pada *katup*, *piston ring*, dan bahkan piston itu sendiri. Air yang masuk ke ruang bakar juga berpotensi menyebabkan hidrolis lock (terkunci cairan) yang dapat merusak *connecting rod* jika terjadi saat start mesin.

### 3. Dampak pada Sistem Kelistrikan dan Operasi Kapal:

- a. Aktivasi Alarm dan Trip Otomatis: Ketika suhu air pendingin melewati set point yang ditentukan, sistem monitoring akan mengaktifkan alarm visual dan suara. Jika suhu terus naik mencapai set point trip, sistem pengaman (*safety device*) akan memerintahkan mesin untuk mati secara otomatis (*automatic shutdown*) guna mencegah kerusakan katastropik.
- b. Beban Berlebih pada Generator Lain: Trip-nya satu generator akan memaksa generator lain yang beroperasi untuk menerima beban listrik tambahan secara tiba-tiba. Beban berlebih (*overload*) ini berisiko menyebabkan trip berturut-turut (*cascade failure*) dan berujung pada *blackout* total.
- c. Gangguan Operasional Kapal: *Blackout* atau kurangnya daya listrik dapat melumpuhkan peralatan navigasi (*radar*, *GPS*, *ECDIS*), kemudi (*steering gear*), sistem komunikasi, dan peralatan kargo. Dalam situasi yang kritis, hal ini dapat membahayakan keselamatan kapal, khususnya saat berada di perairan ramai, alur sempit, atau kondisi cuaca buruk.
- d. Biaya Ekonomis: Terdapat biaya langsung (*direct cost*) untuk perbaikan seperti spare part dan tenaga kerja, serta biaya tidak langsung (*indirect cost*) akibat delay pelayaran, ketidakpuasan charterer, dan potensi klaim asuransi.

#### **D. Plan Maintenance System (PMS) sebagai Pilar Perawatan Preventif**

Plan Maintenance System (PMS) adalah suatu sistem terstruktur dan terdokumentasi yang dirancang untuk menjamin bahwa seluruh peralatan kapal dirawat pada interval yang tepat dengan metode yang benar. PMS merupakan implementasi praktis dari konsep *Preventive maintenance* yang bertujuan untuk mencegah kegagalan sebelum terjadi, berbeda dengan *Corrective Maintenance* yang memperbaiki setelah gagal.

##### **1. Prinsip Dasar PMS:**

PMS beroperasi berdasarkan:

- a. Interval Waktu atau Jam Kerja (*Time-based atau Running Hours-based*): Tugas perawatan dijadwalkan berdasarkan periode kalender (misalnya, bulanan) atau akumulasi jam operasi mesin.
- b. Dokumentasi dan Perencanaan: Setiap peralatan memiliki kartu perawatan (*maintenance card*) atau daftar kerja (*job list*) yang merinci tugas, interval, dan prosedurnya.
- c. Pelaksanaan dan Pencatatan: Pekerjaan perawatan harus dilaksanakan sesuai jadwal, dan hasilnya (termasuk pengukuran, penggantian part, dan kondisi yang ditemukan) dicatat secara detail dalam logbook atau sistem komputer.
- d. Tinjauan dan Perbaikan Berkelanjutan (*Continuous Review*): Data dari pelaksanaan PMS dianalisis untuk mengevaluasi efektivitas interval perawatan dan memperbaikinya jika diperlukan.

##### **2. Penerapan PMS untuk Mencegah Kebocoran *Cylinder head*:**

PMS yang efektif dapat memitigasi hampir semua faktor penyebab kebocoran yang telah diuraikan:

- a. Menghilangkan *Human error* Prosedural: Dengan menyediakan instruksi kerja (*work instruction*) yang jelas, termasuk torsi

pengencangan, urutan baut, spesifikasi sealant, dan metode pemasangan *seating valve* untuk setiap model mesin.

- b. Mengontrol Kualitas Material: PMS dapat mengatur kapan spare part kritis (*gasket set*, *O-ring kit*, *seating valve*) harus diganti, mencegah penggunaan komponen melebihi umur pakainya. Sistem pengadaan berbasis PMS juga memastikan spare part yang dipesan sesuai dengan kode part dan standar *OEM*.
- c. Mencegah Kelebihan Jam Operasi: Jadwal overhaul *cylinder head* yang ketat berdasarkan running hours mencegah komponen seal bekerja sampai titik kegagalan (*failure point*).
- d. Memfasilitasi Deteksi Dini: Inspeksi berkala yang termasuk dalam PMS, seperti pemeriksaan visual kebocoran, pengecekan kualitas oli (untuk mendeteksi air), dan analisis air pendingin, dapat mengungkap masalah potensial pada tahap awal.
- e. Menciptakan Kultur Disiplin dan Akuntabilitas: PMS mendokumentasikan siapa yang melakukan pekerjaan dan kapan, menciptakan tanggung jawab dan memungkinkan pelacakan jika terjadi masalah berulang.

### **3. Integrasi dengan Konsep Maintenance Lainnya:**

PMS yang maju dapat diintegrasikan dengan:

- a. *Condition-Based Maintenance (CBM)*: Menggunakan data dari sensor (seperti suhu bearing, vibrasi) untuk memicu pekerjaan perawatan hanya ketika tanda-tanda penurunan kondisi terdeteksi, sehingga lebih efisien.
- b. *Reliability-Centered Maintenance (RCM)*: Suatu proses analitis untuk menentukan kebijakan perawatan yang optimal untuk setiap peralatan berdasarkan fungsi, moda kegagalan, dan kritikalitasnya terhadap operasi kapal.