

PEMERINTAH PROVINSI KEPULAUAN RIAU
DINAS PENDIDIKAN

SMK NEGERI 5 TANJUNGPINANG

Kompetensi Keahlian: Teknika Kapal Niaga

BUKU TEKS

**SISTEM PERAWATAN
PERMESINAN KAPAL**

Marine Engineering Maintenance System

Oleh:

JOKO DARMONO, ST

NIP 197305312022211003

Sesuai Standar Manajemen Keselamatan Internasional (ISM Code)

TANJUNGPINANG

2026

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga buku teks berjudul "Sistem Perawatan Permesinan Kapal (Marine Engineering Maintenance System)" ini dapat diselesaikan. Buku ini disusun sebagai bahan ajar utama bagi peserta didik Kompetensi Keahlian Teknik Kapal Niaga di SMK Negeri 5 Tanjungpinang pada tahun 2026.

Sistem perawatan permesinan kapal bukan sekadar kegiatan teknis membersihkan atau mengganti komponen — melainkan sebuah sistem manajemen yang terstruktur, didokumentasikan, dan selaras dengan persyaratan hukum internasional. International Safety Management (ISM) Code mewajibkan setiap perusahaan pelayaran dan kapal untuk memiliki dan menerapkan Safety Management System (SMS) yang mencakup prosedur perawatan yang terencana dan terdokumentasi.

Buku ini mencakup delapan topik utama: (1) Pengantar Sistem Manajemen Keselamatan Kapal, (2) Kerangka Regulasi Perawatan Kapal, (3) Perencanaan Perawatan Permesinan, (4) Penjadwalan dan Pengelolaan Beban Kerja Perawatan, (5) Pelaksanaan Perawatan Sesuai Standar, (6) Administrasi dan Dokumentasi Perawatan, (7) Manajemen Suku Cadang dalam Sistem Perawatan, serta (8) Audit, Evaluasi, dan Peningkatan Berkelanjutan. Setiap bab dilengkapi teori, prosedur standar, contoh formulir, tabel referensi, dan latihan soal.

Saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan demi penyempurnaan edisi berikutnya. Semoga buku ini bermanfaat bagi peserta didik dan seluruh insan maritim Indonesia.

Tanjungpinang, 2026
Penulis,

Joko Darmono, ST
NIP 197305312022211003

DAFTAR ISI

Kata Pengantar	ii
Daftar Isi	iii
Daftar Tabel	v
BAB I — PENGANTAR SISTEM MANAJEMEN KESELAMATAN KAPAL	1
1.1 Konsep Safety Management System (SMS)	1
1.2 Kompetensi yang Akan Dicapai	3
1.3 Hubungan Perawatan dengan SMS	4
BAB II — KERANGKA REGULASI PERAWATAN KAPAL	7
2.1 ISM Code dan Elemen 10: Maintenance	7
2.2 Persyaratan Klasifikasi untuk Perawatan	10
2.3 SOLAS, MARPOL, dan Dampaknya terhadap Perawatan	13
2.4 Rangkuman & Latihan Bab II	15
BAB III — PERENCANAAN PERAWATAN PERMESINAN	18
3.1 Metodologi Perencanaan Perawatan	18
3.2 Identifikasi Peralatan Kritis	21
3.3 Penentuan Jenis Kegiatan Perawatan	24
3.4 Penetapan Interval Perawatan	27
3.5 Rangkuman & Latihan Bab III	30
BAB IV — PENJADWALAN DAN PENGELOLAAN BEBAN KERJA	33
4.1 Prinsip Penjadwalan Perawatan	33
4.2 Master Maintenance Schedule (MMS)	36
4.3 Pengelolaan Konflik Jadwal	38
4.4 Manajemen Tenaga Kerja Perawatan	41
4.5 Rangkuman & Latihan Bab IV	43
BAB V — PELAKSANAAN PERAWATAN SESUAI STANDAR	46
5.1 Prosedur Standar Operasi (SOP) Perawatan	46
5.2 Work Order System	49
5.3 Manajemen Perubahan (Management of Change)	52
5.4 Kontrol Kualitas Pekerjaan Perawatan	54
5.5 Rangkuman & Latihan Bab V	57
BAB VI — ADMINISTRASI DAN DOKUMENTASI PERAWATAN	60
6.1 Sistem Dokumentasi Perawatan Kapal	60
6.2 Formulir-Formulir Standar Perawatan	63
6.3 Historical Record dan Tren Analysis	66
6.4 Digitalisasi Dokumentasi: E-PMS	69
6.5 Rangkuman & Latihan Bab VI	71
BAB VII — MANAJEMEN SUKU CADANG DALAM SISTEM PERAWATAN	74

7.1 Strategi Manajemen Suku Cadang	74
7.2 Perencanaan Pengadaan Suku Cadang	77
7.3 Penerimaan, Penyimpanan, dan Pengeluaran Suku Cadang	80
7.4 Suku Cadang Kritis dan Regulasi Klas	83
7.5 Rangkuman & Latihan Bab VII	85
BAB VIII — AUDIT, EVALUASI, DAN PENINGKATAN BERKELANJUTAN	88
8.1 Audit Internal Sistem Perawatan	88
8.2 Key Performance Indicator (KPI) Perawatan	91
8.3 Analisis Akar Masalah (RCA)	94
8.4 Peningkatan Berkelanjutan (Continuous Improvement)	97
8.5 Rangkuman & Latihan Bab VIII	100
Daftar Pustaka	103
Glosarium	105

BAB I — PENGANTAR SISTEM MANAJEMEN KESELAMATAN KAPAL

1.1 Konsep Safety Management System (SMS)

Safety Management System (SMS) atau Sistem Manajemen Keselamatan adalah kerangka kerja terstruktur dan terdokumentasi yang ditetapkan oleh suatu organisasi (perusahaan pelayaran dan kapal) untuk mengelola risiko keselamatan secara sistematis, mencegah kecelakaan, dan memastikan pemenuhan terhadap regulasi internasional. SMS merupakan persyaratan wajib berdasarkan ISM Code yang diberlakukan oleh IMO.

Definisi ISM Code

ISM Code (International Safety Management Code) adalah standar internasional untuk manajemen keselamatan operasi kapal dan pencegahan pencemaran yang aman. Dikembangkan oleh IMO dan bersifat WAJIB bagi hampir semua kapal niaga dengan bobot kotor ≥ 500 GT yang beroperasi dalam perjalanan internasional (berdasarkan SOLAS Chapter IX).

Tujuan ISM Code

1. Memastikan keselamatan di laut, mencegah kecelakaan manusia dan korban jiwa.
2. Menghindari kerusakan pada lingkungan, khususnya lingkungan laut.
3. Menghindari kerusakan harta benda, termasuk kapal dan muatan.

Dua Pihak yang Bertanggung Jawab dalam ISM Code

Pihak	Dokumen Sertifikat	Tanggung Jawab Utama
Perusahaan Pelayaran (Company)	Document of Compliance (DOC)	Mengembangkan, menerapkan, dan memelihara SMS; menyediakan sumber daya dan dukungan bagi kapal
Kapal (Ship)	Safety Management Certificate (SMC)	Menerapkan SMS perusahaan di atas kapal; memastikan operasional dan perawatan memenuhi SMS; pelaporan ketidaksesuaian

12 Elemen ISM Code

No.	Elemen ISM Code	Relevansi dengan Perawatan
1	General (Kebijakan Umum)	Komitmen manajemen puncak terhadap keselamatan dan perawatan

No.	Elemen ISM Code	Relevansi dengan Perawatan
2	Safety and Environmental Protection Policy	Kebijakan keselamatan menjadi acuan standar perawatan
3	Company Responsibilities and Authority	Tanggung jawab KKM dan perwira mesin dalam sistem perawatan
4	Designated Person Ashore (DPA)	DPA memantau pelaksanaan SMS termasuk sistem perawatan
5	Master's Responsibility and Authority	Nakhoda memastikan kapal — termasuk permesinan — layak laut
6	Resources and Personnel	Kompetensi personel perawatan; pelatihan yang cukup
7	Development of Plans for Shipboard Operations	Prosedur operasi termasuk prosedur perawatan tertulis
8	Emergency Preparedness	Sistem perawatan memastikan peralatan darurat selalu siap
9	Reports and Analysis of Non-Conformities, Accidents, Hazardous Occurrences	Pelaporan kerusakan dan ketidaksesuaian dalam sistem perawatan
10	Maintenance of the Ship and Equipment	INTI dari buku ini — sistem perawatan permesinan kapal
11	Documentation	Dokumentasi seluruh kegiatan perawatan
12	Company Verification, Review and Evaluation	Audit dan evaluasi sistem perawatan secara berkala

1.2 Kompetensi yang Akan Dicapai

- Menjelaskan konsep Safety Management System (SMS) dan hubungannya dengan sistem perawatan permesinan kapal.
- Menjelaskan kerangka regulasi ISM Code, persyaratan klas, SOLAS, dan MARPOL yang terkait perawatan kapal.
- Merencanakan program perawatan permesinan kapal termasuk identifikasi peralatan kritis dan penetapan jenis serta interval perawatan.
- Menyusun jadwal perawatan (Master Maintenance Schedule) dan mengelola beban kerja perawatan.
- Melaksanakan perawatan sesuai prosedur standar, sistem work order, dan manajemen perubahan.
- Membuat dan mengelola dokumentasi perawatan termasuk penggunaan software e-PMS.
- Menerapkan manajemen suku cadang yang efektif dalam sistem perawatan kapal.
- Melaksanakan audit internal, menganalisis KPI perawatan, dan melakukan analisis akar masalah (RCA).

1.3 Hubungan Perawatan dengan SMS

Elemen 10 ISM Code secara khusus mengatur tentang perawatan kapal dan peralatannya. Namun, sistem perawatan sebenarnya terhubung dengan hampir semua elemen ISM Code lainnya:

Perawatan sebagai Inti SMS

SMS dapat diibaratkan sebagai sebuah roda: Perawatan (Elemen 10) adalah hub (pusat roda), sementara elemen-elemen lain adalah jari-jari yang menghubungkan hub ke rim (luar):

- Elemen 7 (Prosedur): Setiap pekerjaan perawatan harus punya SOP
- Elemen 6 (SDM): Perawatan memerlukan personel yang kompeten
- Elemen 9 (Pelaporan): Kerusakan dan ketidaksesuaian dalam perawatan harus dilaporkan
- Elemen 11 (Dokumentasi): Semua kegiatan perawatan harus didokumentasikan
- Elemen 12 (Audit): Sistem perawatan diaudit secara berkala

Sistem perawatan yang kuat menjadi tulang punggung SMS yang efektif.

BAB II — KERANGKA REGULASI PERAWATAN KAPAL

2.1 ISM Code dan Elemen 10: Maintenance

Elemen 10 ISM Code secara spesifik mengatur persyaratan perawatan kapal. Teks asli Elemen 10 menyatakan bahwa perusahaan harus menetapkan prosedur untuk memastikan bahwa kapal dirawat sesuai dengan ketentuan aturan dan regulasi yang relevan, serta bahwa instruksi dan panduan tambahan yang mungkin dikeluarkan oleh badan klasifikasi, administrasi, produsen peralatan, dan organisasi terkait lainnya diperhitungkan.

Persyaratan Teknis Elemen 10 ISM Code

Persyaratan	Detail Implementasi
10.1 — Sistem Pemantauan	Harus ada sistem yang mengidentifikasi peralatan dan sistem teknis yang, dalam hal kegagalan tiba-tiba, dapat mengakibatkan situasi berbahaya. SMS harus mencakup pengukuran khusus untuk meningkatkan keandalan peralatan/sistem tersebut.
10.2 — Inspeksi dan Perawatan	Pemantauan berkala, inspeksi, dan pengujian peralatan dan sistem teknis harus dilaksanakan. Prosedur/instruksi yang relevan harus dikembangkan dan diimplementasikan.
10.3 — Pelaporan Kekurangan	Sistem untuk melaporkan ketidaksesuaian, kecelakaan, dan situasi berbahaya harus ada. Kekurangan peralatan harus dilaporkan kepada perusahaan bersama tindakan korektif yang dilakukan.
10.4 — Pemeliharaan Catatan	Catatan dari semua kegiatan pengujian, pemeriksaan, dan perawatan harus dipelihara dengan baik sebagai bukti pelaksanaan SMS.

2.2 Persyaratan Klasifikasi untuk Perawatan

Badan klasifikasi (Classification Society) seperti BKI, DNV GL, Lloyd's Register, ABS, dan Bureau Veritas menetapkan persyaratan teknis untuk konstruksi, peralatan, dan perawatan kapal. Kapal harus mempertahankan Klas (Class) yang valid sebagai syarat izin berlayar.

Jenis Survei Klas	Interval	Cakupan Terkait Perawatan
Annual Survey	Setiap tahun	Pemeriksaan visual dan fungsional peralatan kritis; verifikasi PMS dalam kondisi up-to-date
Intermediate Survey	Setiap 2,5 tahun	Lebih mendalam dari annual; termasuk pemeriksaan ruang

Jenis Survei Klas	Interval	Cakupan Terkait Perawatan
		muat, sistem pompa, sistem propulsi
Special Survey (Dry Dock)	Setiap 5 tahun	Survei menyeluruh termasuk lambung, propeller, kemudi, shaft, boiler; pemeriksaan internal tangki
Continuous Survey	Bergulir tiap 5 tahun (satu siklus)	Alternatif special survey: setiap tahun 20% dari item survei diperiksa secara bergulir
Condition of Class (COC)	Tidak terjadwal — saat ditemukan defisiensi	Saat surveyor menemukan kondisi yang memerlukan perbaikan dalam batas waktu tertentu

Continuous Survey: Alternatif Modern untuk Special Survey

Banyak kapal modern menggunakan Continuous Survey (CS) sebagai alternatif dari Special Survey yang mensyaratkan dry dock setiap 5 tahun. Dalam CS, inspeksi dibagi menjadi 5 siklus tahunan — setiap tahun sekitar 20% dari total item yang harus disurvei diperiksa. Keuntungan: tidak ada gangguan operasi besar (kapal tidak perlu dry dock 5 tahunan yang memerlukan waktu panjang), defisiensi dideteksi lebih awal. Syarat: rekam jejak perawatan (PMS) harus sangat baik dan dapat diverifikasi.

2.3 SOLAS, MARPOL, dan Dampaknya terhadap Perawatan

Regulasi	Pasal/Annex Terkait	Dampak Terhadap Sistem Perawatan
SOLAS	Chapter II-1: Construction, Stability	Perawatan sistem propulsi, sistem kemudi, sistem pompa bilge — kritis untuk keselamatan navigasi
SOLAS	Chapter II-2: Fire Protection	Perawatan sistem pemadam kebakaran (CO ₂ , foam, sprinkler), deteksi kebakaran, fire damper
SOLAS	Chapter III: Life-Saving Appliances	Perawatan sekoci, liferaft, EPIRB, SART, jaket pelampung — dengan tanggal kedaluarsa yang dipantau
SOLAS	Chapter IX: ISM Code	Persyaratan SMS secara keseluruhan termasuk sistem perawatan
MARPOL	Annex I: Oil Pollution	Perawatan Oily Water Separator, Oil Discharge Monitoring Equipment — harus berfungsi sebelum buang air got
MARPOL	Annex IV: Sewage	Perawatan Sewage Treatment Plant agar effluent memenuhi standar sebelum dibuang

Regulasi	Pasal/Annex Terkait	Dampak Terhadap Sistem Perawatan
MARPOL	Annex VI: Air Pollution	Perawatan scrubber gas buang, monitoring NOx/SOx, Tier III compliance

Konsekuensi Hukum Kegagalan Perawatan terkait Regulasi

Kegagalan memelihara peralatan yang dipersyaratkan regulasi dapat mengakibatkan: • PSC Detention (penahanan kapal) hingga kondisi diperbaiki • Pencabutan Klas sehingga kapal tidak dapat berlayar • Denda administratif dan tuntutan pidana (terutama untuk pelanggaran MARPOL) • Tanggung jawab perdata untuk kerusakan yang timbul akibat kegagalan perawatan • Pencabutan sertifikat perwira yang bertanggung jawab Contoh nyata: Pembuangan air got yang mengandung minyak melalui 'magic pipe' (bypass OWS) mengakibatkan beberapa perusahaan pelayaran besar didenda ratusan juta dolar dan perwira kapal dipenjara.

SOAL LATIHAN BAB II

A. Pilihan Ganda

12. Elemen ISM Code yang secara khusus mengatur tentang perawatan kapal dan peralatannya adalah... a. Elemen 7 b. Elemen 9 c. Elemen 10 d. Elemen 12
13. Survei klas yang dilaksanakan setiap 5 tahun dan mencakup pemeriksaan menyeluruh termasuk lambung di dry dock adalah... a. Annual Survey b. Intermediate Survey c. Special Survey d. Condition of Class
14. Dokumen sertifikat ISM Code yang dikeluarkan untuk kapal (bukan perusahaan) adalah... a. Document of Compliance (DOC) b. Safety Management Certificate (SMC) c. Class Certificate d. Seaworthiness Certificate

B. Soal Uraian

15. Jelaskan 12 elemen ISM Code dan tunjukkan bagaimana masing-masing elemen berkaitan dengan sistem perawatan permesinan kapal!
16. Jelaskan perbedaan antara Annual Survey, Intermediate Survey, dan Special Survey oleh badan klas!
17. Jelaskan bagaimana MARPOL Annex I dan Annex VI mempengaruhi perawatan peralatan di atas kapal!
18. Apa yang dimaksud dengan Document of Compliance (DOC) dan Safety Management Certificate (SMC)? Siapa yang harus memiliki masing-masing dokumen tersebut?

BAB III — PERENCANAAN PERAWATAN PERMESINAN

3.1 Metodologi Perencanaan Perawatan

Perencanaan perawatan yang efektif dimulai dari pemahaman mendalam tentang sistem yang akan dirawat, risiko kegagalannya, dan konsekuensi kegagalan tersebut. Beberapa metodologi perencanaan perawatan yang umum digunakan dalam industri maritim:

Metodologi	Singkatan	Prinsip Dasar	Penggunaan di Kapal
Reliability-Centered Maintenance	RCM	Mengidentifikasi fungsi kritis, mode kegagalan, dan efek kegagalan; menentukan strategi perawatan yang paling efektif untuk setiap mode kegagalan	Kapal baru atau kapal yang merombak total sistem perawatannya; analisis mendalam untuk sistem kritis (propulsi, kemudi, pemadam kebakaran)
Failure Modes and Effects Analysis	FMEA	Menganalisis semua kemungkinan mode kegagalan, efeknya pada sistem, dan tingkat keparahannya ($\text{severity} \times \text{probability} \times \text{detectability}$)	Analisis awal untuk menentukan prioritas perawatan; digunakan dalam RCM
Total Productive Maintenance	TPM	Melibatkan seluruh awak (bukan hanya teknisi) dalam perawatan; fokus pada 'zero breakdown' dan 'zero defects'	Budaya perawatan kolaboratif di atas kapal — operator mesin juga bertanggung jawab kondisi mesin
Time-Based Maintenance	TBM	Perawatan berdasarkan waktu/jam operasi tetap tanpa mempertimbangkan kondisi aktual	Metode paling umum dan sederhana — mudah direncanakan dan dieksekusi
Condition-Based Maintenance	CBM	Perawatan berdasarkan kondisi aktual komponen yang dipantau melalui pengukuran/inspeksi	Untuk komponen mahal atau kritis — hanya rawat ketika kondisi menunjukkan perlu perawatan

3.2 Identifikasi Peralatan Kritis

Langkah pertama dalam perencanaan perawatan adalah mengidentifikasi dan memprioritaskan peralatan berdasarkan kritisitasnya. Peralatan kritis adalah peralatan yang kegagalannya akan berdampak signifikan pada keselamatan, lingkungan, atau operasional kapal.

Matriks Kritisitas Peralatan

Faktor Penilaian	Skor 1 (Rendah)	Skor 2 (Sedang)	Skor 3 (Tinggi)
Dampak Keselamatan	Tanpa dampak nyata	Cedera ringan/hampir celaka	Potensi cedera serius atau kematian
Dampak Lingkungan	Tanpa dampak lingkungan	Tumpahan kecil terlokalisir	Tumpahan besar / pelanggaran MARPOL
Dampak Operasional	Tanpa gangguan operasi	Kecepatan berkurang / operasi terbatas	Loss of propulsion / kapal tidak bisa beroperasi
Biaya Kegagalan	< USD 5.000	USD 5.000-50.000	< USD 50.000
Frekuensi Kegagalan (MTBF)	Jarang (> 2 tahun)	Sedang (6 bulan-2 tahun)	Sering (< 6 bulan)

Skor Total Kritisitas = Dampak Keselamatan + Dampak Lingkungan + Dampak Operasional + Biaya + Frekuensi

Total Skor	Tingkat Kritisitas	Strategi Perawatan
13-15	KRITIS (Critical)	CBM/Predictive, inspeksi intensif, suku cadang wajib di atas kapal, prosedur darurat tersedia
9-12	PENTING (Major)	PM rutin intensif, kondisi dipantau, interval lebih pendek dari rekomendasi standar
5-8	SEDANG (Minor)	PM rutin sesuai interval standar pabrikan, PMS reguler
< 5	RENDAH (Low)	PM minimal, run-to-failure mungkin diterima jika ada redundansi

3.3 Penentuan Jenis Kegiatan Perawatan

Setelah peralatan diidentifikasi dan kritisitasnya ditentukan, langkah berikutnya adalah menentukan JENIS KEGIATAN PERAWATAN yang paling tepat untuk setiap peralatan. Penentuan ini harus memperhitungkan: mode kegagalan yang paling mungkin, kemampuan deteksi dini, biaya berbagai strategi, dan ketersediaan sumber daya di kapal.

Jenis Kegiatan	Deskripsi	Frekuensi Khas	Contoh untuk Mesin Diesel
Inspeksi Visual Harian	Pemeriksaan visual dan pembacaan parameter operasi	Setiap shift jaga	Cek level oli, tekanan, suhu, kebocoran; catat di log book
Pembersihan Berkala	Membersihkan komponen dari kotoran, kerak, deposit	Mingguan - bulanan	Bersihkan filter udara, scavenging space, strainer laut
Pelumasan Berkala	Pemberian pelumas pada komponen yang memerlukan	Mingguan - bulanan	Greasing bearing, lubricate camshaft
Penggantian Filter/Consumable	Mengganti komponen habis pakai pada interval tetap	Bulanan - 1.000 jam	Ganti filter oli, filter bahan bakar, filter udara turbocharger
Penyetelan (Adjustment)	Mengatur kembali parameter ke nilai nominal	Bulanan - 500 jam	Valve clearance adjustment, fuel injector needle lift check
Overhaul Minor	Pembongkaran parsial, inspeksi, dan penggantian komponen aus	4.000-8.000 jam	Cylinder head overhaul, injector overhaul, governor service
Overhaul Mayor	Pembongkaran menyeluruh, pengukuran semua komponen	12.000-36.000 jam	Major overhaul mesin: pistons, liners, crankshaft bearing
Pengujian Fungsional	Menguji fungsi peralatan/sistem tanpa pembongkaran	Mingguan - bulanan	Test starting air system, test quick closing valves, test bilge alarm

3.4 Penetapan Interval Perawatan

Penetapan interval perawatan harus didasarkan pada beberapa sumber informasi yang saling melengkapi:

19. REKOMENDASI PABRIKAN: Instruction Manual dan Maintenance Manual dari pabrikan mesin adalah referensi utama — berisi interval berdasarkan running hours dan/atau waktu kalender.
20. PERSYARATAN KLAS: Badan klas dapat menetapkan interval minimum tertentu untuk peralatan yang disurvei — interval PMS tidak boleh lebih panjang dari persyaratan klas.

21. RIWAYAT PERAWATAN HISTORIS: Data historis kegagalan dan kondisi komponen dari kapal yang sama atau sister ship dapat membantu menyesuaikan interval (memperpendek jika sering rusak sebelum interval, atau memperpanjang jika kondisi selalu baik).
22. ANALISIS KONDISI (CBM): Hasil pemantauan kondisi (analisis oli, vibration analysis, endoscopy) dapat menjadi dasar penyesuaian interval.
23. PENGALAMAN INDUSTRI: Referensi dari publikasi teknis maritim, rekomendasi asosiasi klasifikasi, dan pengalaman armada perusahaan.

Prinsip Konservatif dalam Penetapan Interval

Saat pertama kali menetapkan interval perawatan tanpa data historis yang cukup, gunakan INTERVAL YANG LEBIH PENDEK dari rekomendasi maksimum pabrikan sebagai starting point. Seiring berjalannya waktu, analisis kondisi komponen saat overhaul akan menunjukkan apakah interval dapat diperpanjang (kondisi komponen masih jauh dari batas) atau harus diperpendek (komponen sudah mendekati batas sebelum interval tercapai). Penyesuaian interval harus terdokumentasi dan disetujui.

SOAL LATIHAN BAB III

A. Pilihan Ganda

24. Metodologi perawatan yang menganalisis semua kemungkinan mode kegagalan dan efeknya adalah... a. TBM b. CBM c. FMEA d. TPM
25. Peralatan dengan skor kritisitas 14-15 dalam matriks kritisitas dikategorikan sebagai... a. Minor b. Major c. Critical d. Low
26. Referensi UTAMA dalam penetapan interval perawatan permesinan kapal adalah... a. Pengalaman awak kapal b. Rekomendasi pabrikan dalam Maintenance Manual c. Standar minimum klas saja d. Interval yang sama untuk semua peralatan

B. Soal Uraian

27. Jelaskan perbedaan antara Time-Based Maintenance (TBM) dan Condition-Based Maintenance (CBM) — kapan masing-masing lebih tepat digunakan?
28. Jelaskan proses penentuan kritisitas peralatan menggunakan matriks kritisitas dan bagaimana hasilnya menentukan strategi perawatan!
29. Sebutkan dan jelaskan minimal 6 jenis kegiatan perawatan dalam sistem perawatan permesinan kapal!
30. Jelaskan 5 sumber informasi yang harus dipertimbangkan dalam menetapkan interval perawatan!

BAB IV — PENJADWALAN DAN PENGELOLAAN BEBAN KERJA

4.1 Prinsip Penjadwalan Perawatan

Penjadwalan perawatan adalah proses menetapkan KAPAN, OLEH SIAPA, dan BERAPA LAMA setiap pekerjaan perawatan akan dilaksanakan. Penjadwalan yang baik memastikan distribusi beban kerja perawatan yang merata, menghindari penumpukan pekerjaan, dan memaksimalkan ketersediaan peralatan.

Faktor-Faktor yang Harus Dipertimbangkan dalam Penjadwalan

- Ketersediaan tenaga kerja: Berapa awak mesin yang tersedia dan kompetensinya masing-masing.
- Ketersediaan suku cadang dan material: Pekerjaan hanya dapat dijadwalkan jika suku cadang sudah tersedia atau dapat dipesan tepat waktu.
- Ketersediaan peralatan dan alat khusus: Beberapa pekerjaan memerlukan alat khusus (misalnya hydraulic tensioner untuk mengencangkan cylinder head).
- Kondisi operasional kapal: Beberapa pekerjaan hanya dapat dilakukan saat kapal di pelabuhan (idle) atau saat komponen dapat dimatikan (tidak sedang dibutuhkan).
- Ketergantungan antar pekerjaan: Beberapa pekerjaan harus dilakukan secara berurutan (pompa harus dimatikan sebelum bearing-nya dirawat).
- Prioritas pekerjaan: Pekerjaan kritis (mendekati interval/kondisi limit) diprioritaskan di atas pekerjaan non-kritis.

4.2 Master Maintenance Schedule (MMS)

Master Maintenance Schedule (MMS) adalah jadwal perawatan komprehensif untuk seluruh peralatan kapal dalam satu periode (umumnya 1 tahun), yang menunjukkan secara visual kapan setiap pekerjaan perawatan akan dilaksanakan.

Struktur MMS

Kolom dalam MMS	Isi
Kode Peralatan (Tag)	Kode unik yang mengidentifikasi peralatan (misal ME-001 untuk Main Engine)
Nama Peralatan	Nama deskriptif peralatan
Kode Pekerjaan	Kode unik yang mengidentifikasi jenis pekerjaan (misal ME-001-PM-01 untuk PM pertama ME)
Deskripsi Pekerjaan	Judul singkat pekerjaan
Interval	Frekuensi dalam jam atau kalender (misal: setiap 1000 jam atau setiap 3 bulan)

Kolom dalam MMS	Isi
Man-hours	Estimasi durasi pekerjaan dalam jam-orang
Pelaksana	Jabatan/kualifikasi yang melaksanakan
Bulan Jan - Des	Kolom grid per bulan: X menandai bulan pelaksanaan yang direncanakan
Status	Planned / In Progress / Completed / Overdue

Contoh Baris dalam Master Maintenance Schedule

Kode: ME-001 | Pekerjaan: Penggantian Filter Oli ME | Interval: 500 jam running Estimasi: 2 jam | Pelaksana: Masinis III Jan Feb Mar Apr Mei Jun Jul Agu Sep Okt Nov Des X
 X X X X X (Jadwal setiap 2 bulan berdasarkan estimasi operasi ~250 jam/bulan) Status: Jan ✓ (Completed) | Mar ✓ (Completed) | Mei: Scheduled | ...

Leveling Beban Kerja (Load Leveling)

Salah satu tujuan utama MMS adalah memastikan beban kerja perawatan terdistribusi merata sepanjang tahun. Jika terlalu banyak pekerjaan jatuh pada bulan yang sama (misal: semua interval 6-bulanan jatuh di bulan Januari dan Juli), awak mesin akan kekurangan waktu untuk menyelesaikan semua pekerjaan — sementara bulan lain kekurangan pekerjaan.

- Stagger (versatz) pekerjaan: Geser jadwal beberapa item agar tidak semuanya jatuh bersamaan, selama tidak melampaui interval maksimum.
- Evaluasi beban mingguan: Hitung total man-hours per minggu/bulan dan bandingkan dengan kapasitas awak mesin — sesuaikan jika ada overload.
- Manfaatkan waktu di pelabuhan: Jadwalkan pekerjaan besar (overhaul) saat kapal berlabuh di pelabuhan karena beberapa permesinan dapat dimatikan.

4.3 Pengelolaan Konflik Jadwal

Dalam praktiknya, konflik jadwal selalu terjadi — pekerjaan lebih banyak dari kapasitas tenaga, pekerjaan dadakan (corrective maintenance) mengganggu jadwal PM, atau suku cadang belum tiba saat pekerjaan dijadwalkan.

Jenis Konflik	Penyebab	Strategi Pengelolaan
Overload Man-hours	Terlalu banyak PM jatuh tempo dalam satu periode	Stagger jadwal; tunda pekerjaan non-kritis dalam batas aman; pertimbangkan tambahan tenaga dari darat saat di pelabuhan

Jenis Konflik	Penyebab	Strategi Pengelolaan
Suku Cadang Belum Tiba	Lead time pengiriman lebih panjang dari perkiraan	Rencanakan pemesanan jauh sebelum jadwal; pertahankan minimum safety stock; miliki alternatif supplier
Corrective Work Muncul Mendadak	Kerusakan tidak terduga menggunakan semua sumber daya	Tunda PM non-kritis; prioritaskan corrective work pada peralatan kritis; lapor kepada perusahaan
Kondisi Cuaca/Operasional	Pekerjaan besar tidak bisa dilakukan saat kapal di laut	Jadwalkan pekerjaan besar saat di pelabuhan; siapkan rencana alternatif

4.4 Manajemen Tenaga Kerja Perawatan

Di atas kapal, awak mesin yang melaksanakan perawatan juga bertanggung jawab untuk operasi mesin dan dinas jaga. Manajemen tenaga kerja perawatan harus memperhatikan keseimbangan antara tiga tanggung jawab ini.

Aspek	Pedoman
Kompetensi Personel	Pastikan setiap pekerjaan perawatan dikerjakan oleh personel yang memiliki kompetensi yang diperlukan — jangan menugaskan pekerjaan di luar kemampuan personel
Waktu Istirahat	Penjadwalan perawatan harus memperhatikan jam kerja dan istirahat sesuai STCW/MLC — mencegah kelelahan yang menjadi faktor risiko kecelakaan
Pengawasan	Pekerjaan kritis atau pekerjaan yang dilakukan oleh personel junior harus diawasi oleh perwira senior
Rotasi Pekerjaan	Distribusikan pekerjaan secara adil — jangan selalu menugaskan pekerjaan berat pada orang yang sama
Pelatihan On-Job	Gunakan pekerjaan perawatan sebagai kesempatan pelatihan bagi personel junior — dokumentasikan dalam catatan pelatihan

SOAL LATIHAN BAB IV

A. Pilihan Ganda

31. Tujuan utama dari 'leveling beban kerja' dalam Master Maintenance Schedule adalah...
 a. Mengurangi jumlah pekerjaan perawatan b. Memastikan distribusi beban kerja yang merata sepanjang tahun c. Mengurangi biaya perawatan d. Memperpanjang interval perawatan
32. Saat terjadi corrective work mendadak pada peralatan kritis, langkah pertama yang dilakukan adalah...
 a. Tunda semua pekerjaan lain b. Prioritaskan corrective work dan tunda PM non-kritis dalam batas aman c. Abaikan corrective work d. Tambah personel dari darat selalu

B. Soal Uraian

33. Jelaskan 6 faktor yang harus dipertimbangkan dalam penjadwalan perawatan kapal!
34. Jelaskan struktur Master Maintenance Schedule (MMS) dan informasi apa yang harus termuat di dalamnya!
35. Jelaskan konsep 'staggering' (versatz) pekerjaan dalam penjadwalan perawatan dan mengapa ini penting!
36. Buatlah jadwal perawatan sederhana (MMS 3 bulan) untuk 5 item perawatan mesin diesel dengan interval berbeda, seimbangkan beban kerjanya!

BAB V — PELAKSANAAN PERAWATAN SESUAI STANDAR

5.1 Prosedur Standar Operasi (SOP) Perawatan

Setiap pekerjaan perawatan yang signifikan harus memiliki Prosedur Standar Operasi (Standard Operating Procedure/SOP) atau Instruksi Kerja (Work Instruction) tertulis. SOP memastikan bahwa pekerjaan dilaksanakan dengan cara yang sama terlepas dari siapa yang melakukannya, mencegah kesalahan akibat kelupaan atau interpretasi berbeda.

Komponen SOP Perawatan yang Lengkap

Komponen SOP	Isi
Judul dan Kode SOP	Nama pekerjaan dan kode unik untuk referensi
Ruang Lingkup (Scope)	Peralatan yang dicakup dan kondisi penerapan SOP
Referensi	Dokumen referensi: manual pabrikan, regulasi klas, regulasi SOLAS/MARPOL
Persyaratan K3	APD yang diperlukan, izin kerja (PTW) yang harus diperoleh, bahaya yang harus diwaspadai
Alat dan Material	Daftar lengkap alat, instrumen, dan material yang diperlukan
Suku Cadang	Daftar suku cadang yang perlu disiapkan/diganti
Prosedur Persiapan	Langkah-langkah sebelum memulai pekerjaan (LOTO, isolasi, pengeringan, dsb.)
Prosedur Pelaksanaan	Langkah-langkah detail pekerjaan — bernomor urut, jelas, tidak ambigu
Parameter Pemeriksaan	Nilai yang harus diukur/diperiksa dan batas penerimaan (acceptance criteria)
Prosedur Penyelesaian	Langkah-langkah setelah pekerjaan: perakitan, pengujian fungsional, pembersihan area
Pencatatan	Data apa yang harus dicatat dan ke mana dicatat

Perbedaan SOP dan Checklist

SOP adalah DOKUMEN PANDUAN yang menjelaskan secara lengkap BAGAIMANA melakukan suatu pekerjaan — umumnya lebih panjang dan detail. Checklist adalah FORMULIR VERIFIKASI yang digunakan SELAMA atau SETELAH pelaksanaan pekerjaan untuk memastikan tidak ada langkah yang terlewat — lebih singkat, berformat centang/ceklis. Keduanya saling melengkapi: SOP adalah panduan bekerja, checklist adalah alat verifikasi bahwa semua langkah SOP telah diikuti.

5.2 Work Order System

Work Order (WO) atau Perintah Kerja adalah dokumen formal yang mengotorisasi, mendeskripsikan, dan melacak pelaksanaan suatu pekerjaan perawatan. Work Order system adalah inti dari pengendalian dan pelaporan pekerjaan perawatan.

Siklus Hidup Work Order

Tahap	Status WO	Deskripsi	Pelaksana
Pembuatan	Created	WO dibuat oleh sistem PMS (untuk PM) atau dibuat manual (untuk corrective work)	PMS sistem/KKM/perwira mesin
Perencanaan	Planned	Suku cadang, alat, personel, dan jadwal diidentifikasi dan disiapkan	KKM/Masinis I
Penerbitan	Issued	WO dikeluarkan kepada pelaksana — pekerjaan dapat dimulai	KKM
Pelaksanaan	In Progress	Pekerjaan sedang dilaksanakan; catatan kondisi aktual dibuat	Perwira/teknisi pelaksana
Verifikasi	Pending Approval	Pekerjaan selesai; pengawas memeriksa kualitas pekerjaan dan kelengkapan data	KKM/Masinis senior
Penutupan	Closed	WO ditutup; data dimasukkan ke sistem; interval berikutnya dihitung ulang	KKM
Penundaan	Deferred	WO tidak dapat dilaksanakan sesuai jadwal — alasan dan tanggal baru dicatat	KKM dengan persetujuan perusahaan

Informasi yang Harus Ada dalam Work Order

- Nomor WO yang unik untuk referensi dan pelacakan.
- Deskripsi pekerjaan yang jelas dan terukur.
- Referensi ke Job Card / SOP yang berlaku.
- Tanggal dijadwalkan dan tanggal jatuh tempo (due date).
- Nama pelaksana yang ditugaskan.
- Suku cadang yang digunakan (nomor bagian, kuantitas) — untuk manajemen inventori.
- Temuan kondisi aktual selama pelaksanaan.
- Hasil pengukuran / pemeriksaan (dibandingkan dengan acceptance criteria).
- Tindakan tambahan yang diperlukan (jika ada kondisi di luar SOP yang ditemukan).
- Tanda tangan pelaksana dan pengawas/KKM.

5.3 Manajemen Perubahan (Management of Change)

Management of Change (MoC) adalah proses formal untuk mengelola perubahan pada sistem, prosedur, peralatan, atau personel yang berpotensi mempengaruhi keselamatan atau operasi kapal. ISM Code secara implisit mensyaratkan MoC melalui Elemen 7 (Procedures) dan Elemen 9 (Reporting).

Jenis Perubahan yang Memerlukan MoC	Contoh
Perubahan pada desain/konfigurasi peralatan	Mengganti tipe pompa yang berbeda dari desain asli; memasang bypass valve baru
Perubahan pada prosedur operasi atau perawatan	Mengubah interval perawatan; mengubah urutan langkah dalam SOP
Perubahan material atau suku cadang	Mengganti material pipa dari baja karbon ke stainless steel; menggunakan merk seal yang berbeda
Perubahan pada sistem kelistrikan atau kontrol	Mengganti controller dengan tipe berbeda; memasang instrumen baru
Perubahan personel kunci	Pergantian KKM atau perubahan tanggung jawab jabatan mesin

5.4 Kontrol Kualitas Pekerjaan Perawatan

Quality Control (QC) dalam perawatan memastikan bahwa pekerjaan yang dilaksanakan memenuhi standar yang ditetapkan dan komponen/sistem berfungsi sebagaimana mestinya setelah perawatan.

37. ACCEPTANCE CRITERIA: Setiap pemeriksaan harus memiliki kriteria penerimaan yang jelas (misal: clearance bearing 0,05-0,10 mm; insulation resistance minimum 2 MΩ) yang berasal dari manual pabrik atau standar industri.
38. FUNCTION TEST: Setelah pekerjaan selesai, lakukan uji fungsi untuk memverifikasi bahwa sistem/komponen berfungsi sebagaimana mestinya sebelum dikembalikan ke operasi.
39. VERIFIKASI INDEPENDEN: Pekerjaan kritis (terutama yang melibatkan keselamatan) harus diverifikasi oleh orang lain yang tidak terlibat dalam pelaksanaan pekerjaan.
40. PENCATATAN ANOMALI: Setiap kondisi yang ditemukan di luar batas normal harus dicatat dalam WO dan eskalasi ke KKM untuk keputusan tindak lanjut.

SOAL LATIHAN BAB V

A. Pilihan Ganda

41. Komponen SOP perawatan yang mencantumkan batas nilai yang diterima untuk hasil pengukuran adalah... a. Ruang Lingkup b. Prosedur Pelaksanaan c. Parameter Pemeriksaan / Acceptance Criteria d. Prosedur Persiapan
42. Work Order dengan status 'Deferred' berarti... a. Pekerjaan sedang dilaksanakan b. Pekerjaan telah selesai c. Pekerjaan tidak dapat dilaksanakan sesuai jadwal dan ditunda dengan alasan terdokumentasi d. Pekerjaan dibatalkan permanen

B. Soal Uraian

43. Sebutkan minimal 8 komponen yang harus ada dalam SOP perawatan yang lengkap dan jelaskan fungsinya masing-masing!
44. Jelaskan siklus hidup (lifecycle) Work Order dari tahap Created hingga Closed — siapa yang bertanggung jawab pada setiap tahap?
45. Apa yang dimaksud dengan Management of Change (MoC) dan mengapa perubahan pada sistem kapal harus melalui proses MoC?
46. Jelaskan 4 elemen Quality Control dalam pelaksanaan pekerjaan perawatan!

BAB VI — ADMINISTRASI DAN DOKUMENTASI PERAWATAN

6.1 Sistem Dokumentasi Perawatan Kapal

Dokumentasi perawatan yang komprehensif dan akurat adalah salah satu persyaratan mendasar ISM Code dan merupakan bukti bahwa sistem perawatan dijalankan sebagaimana mestinya. Tanpa dokumentasi yang baik, audit internal/eksternal tidak dapat memverifikasi bahwa perawatan telah dilaksanakan.

Dokumen Utama	Tujuan	Dasar Hukum
PMS Job Card	Panduan dan catatan pelaksanaan pekerjaan perawatan	ISM Code Elemen 10
Work Order (WO)	Otorisasi, pelacakan, dan pelaporan pekerjaan perawatan	ISM Code Elemen 10 & 11
Maintenance History Record	Riwayat semua perawatan yang dilakukan pada setiap peralatan	ISM Code Elemen 10 & 11
Defect Report	Pelaporan kerusakan, kondisi abnormal, dan tindakan korektif	ISM Code Elemen 9
Non-Conformity Report (NCR)	Pelaporan ketidaksesuaian terhadap prosedur SMS	ISM Code Elemen 9
Near-Miss Report	Pelaporan hampir-kecelakaan terkait pekerjaan perawatan	ISM Code Elemen 9
Oil Record Book (ORB)	Catatan semua operasi minyak (bunker, transfer, disposal bilge)	MARPOL Annex I
Planned Maintenance Completion Report	Laporan bulanan/triwulanan status pekerjaan PM yang selesai/tertunda	ISM Code Elemen 10 & 12
Spare Parts Consumption Record	Catatan penggunaan suku cadang	Manajemen inventori & anggaran
Certificate Register	Daftar semua sertifikat dengan tanggal kedaluarsa	SOLAS, MARPOL, ISM

6.2 Formulir-Formulir Standar Perawatan

A. Formulir Work Order — Contoh Layout


Contoh Work Order Perawatan

WORK

ORDER

—

PREVENTIVE

MAINTENANCE

Nomor WO: WO-2026-ME-0234 Tanggal Dibuat: 10 Juni 2026 Peralatan: Main Engine
 ME-001 Lokasi: Kamar Mesin Pekerjaan: Cylinder Head Overhaul Kode Job: ME-001-
 PM-12 Interval: 12.000 jam Jadwal: 15-17 Juni 2026 Pelaksana: Masinis II + Masinis
 III Est. Waktu: 16 jam

Referensi SOP: SOP-ME-012 Rev.3 Suku Cadang: Cylinder head gasket set (P/N: 100-456-001)
 Inlet/Exhaust valve set (P/N: 100-456-002) O-ring kit (P/N: 100-456-003)

PTW Diperlukan: Hot Work (No) / Cold Work (Yes) APD: Safety glasses, sarung tangan, safety shoes

HASIL PEMERIKSAAN: Valve Clearance Inlet: ____ mm (Spec: 0,35 mm) Valve Clearance Exhaust: ____ mm (Spec: 0,45 mm) Insulation cylinder head: ____ MΩ (Min: 1 MΩ)
 Condition after assembly: [] OK [] Remarks: ____

Dilaksanakan oleh: ____ Tanggal selesai: ____ Diverifikasi oleh: ____
 (KKM) Status WO: [] Completed [] Deferred Alasan: ____

B. Formulir Defect Report — Komponen Utama

Field	Isi
Nomor Defect Report	DR-2026-045 (nomor unik)
Tanggal Ditemukan	Tanggal dan waktu ketika masalah pertama kali terdeteksi
Peralatan yang Terdampak	Kode dan nama peralatan
Deskripsi Masalah	Deskripsi detail gejala yang diamati (bukan opini penyebab)
Dampak Operasional	Apakah peralatan masih dapat beroperasi? Dengan keterbatasan apa?
Tindakan Segera	Tindakan yang langsung diambil untuk menstabilkan situasi
Investigasi Penyebab	Hasil investigasi — kemungkinan akar penyebab
Tindakan Perbaikan	Apa yang dilakukan untuk memperbaiki masalah
Tindakan Pencegahan	Apa yang dilakukan agar masalah tidak berulang
Status	Open / In Progress / Closed
Dilaporkan ke Perusahaan	Tanggal dilaporkan ke perusahaan / DPA

6.3 Historical Record dan Tren Analysis

Historical Record (catatan riwayat) perawatan adalah aset informasi yang sangat berharga — memungkinkan analisis tren kondisi peralatan dari waktu ke waktu, deteksi dini penurunan performa, dan pengambilan keputusan berbasis data.

Jenis Analisis Tren	Data yang Dianalisis	Manfaat
Tren Clearance Bearing	Clearance yang diukur pada setiap overhaul	Memprediksi kapan clearance akan melampaui batas; merencanakan penggantian bearing
Tren Konsumsi Oli	Jumlah oli yang ditambah per periode waktu	Peningkatan konsumsi menunjukkan kebocoran atau ring aus
Tren Kualitas Oli	Hasil oil analysis berkala (viskositas, TBN, kandungan logam)	Degradasi cepat menunjukkan masalah mesin; kandungan logam abnormal mengindikasikan komponen aus
Tren Suhu Gas Buang	Suhu EGT per silinder dari waktu ke waktu	Perubahan tren suhu antar silinder mengindikasikan masalah injector atau kompresi
Tren Frekuensi Kegagalan	Jumlah kerusakan per periode untuk setiap peralatan	Peralatan dengan frekuensi kerusakan tinggi perlu evaluasi interval perawatan atau redesign

6.4 Digitalisasi Dokumentasi: E-PMS

E-PMS (Electronic Planned Maintenance System) adalah perangkat lunak yang mengelola seluruh fungsi PMS secara digital, menggantikan sistem kertas/manual. E-PMS modern dapat terintegrasi dengan sistem kapal lainnya.

Fitur E-PMS	Manfaat
Automated scheduling	Jadwal dihasilkan otomatis berdasarkan interval dan last done date
Digital Work Order	WO dibuat, dikeluarkan, dieksekusi, dan ditutup secara digital — mengurangi kertas
Integration dengan running hours	Sistem dapat terhubung ke data logger mesin untuk trigger berbasis jam operasi real-time
Spare parts integration	WO otomatis memperbarui inventori spare parts saat spare digunakan
Reporting & analytics	Laporan status PMS, overdue jobs, dan KPI dihasilkan otomatis
Remote monitoring oleh perusahaan	Perusahaan di darat dapat memantau status PMS kapal secara real-time via cloud
Alert & notification	Pemberitahuan otomatis untuk pekerjaan yang akan jatuh tempo

SOAL LATIHAN BAB VI

A. Pilihan Ganda

47. Dokumen yang digunakan untuk melaporkan ketidaksesuaian terhadap prosedur SMS adalah... a. Work Order b. Defect Report c. Non-Conformity Report (NCR) d. Oil Record Book
48. Keunggulan utama E-PMS dibanding sistem manual adalah... a. Lebih murah b. Tidak perlu pelatihan c. Otomasi penjadwalan, pelacakan digital, dan integrasi dengan sistem lain d. Lebih mudah dipalsukan

B. Soal Uraian

49. Sebutkan minimal 8 jenis dokumen perawatan kapal beserta tujuan dan dasar hukumnya!
50. Buatlah contoh Defect Report untuk kasus pompa bilge yang tidak dapat mencapai tekanan discharge normal — isi semua field yang relevan!
51. Jelaskan bagaimana analisis tren historical record dapat digunakan untuk predictive maintenance pada mesin diesel kapal!
52. Jelaskan minimal 5 fitur E-PMS dan manfaatnya bagi manajemen perawatan kapal!

BAB VII — MANAJEMEN SUKU CADANG DALAM SISTEM PERAWATAN

7.1 Strategi Manajemen Suku Cadang

Manajemen suku cadang (spare parts management) adalah proses memastikan bahwa suku cadang yang diperlukan untuk kegiatan perawatan tersedia pada waktu yang tepat, di lokasi yang tepat, dalam kondisi yang baik, dan dengan biaya yang efisien. Manajemen suku cadang yang buruk adalah penyebab utama terlambatnya pekerjaan perawatan dan perpanjangan downtime saat terjadi kerusakan.

Strategi Pengelolaan Stok Suku Cadang

Strategi	Definisi	Kelebihan	Kekurangan	Cocok untuk
Just-in-Time (JIT)	Suku cadang dipesan hanya saat dibutuhkan — stok minimal	Biaya inventori rendah	Risiko tinggi — keterlambatan pengiriman menyebabkan keterlambatan perawatan	Suku cadang umum dengan lead time pendek dan mudah ditemukan
Safety Stock	Menjaga stok minimum di atas kebutuhan normal untuk mengantisipasi keterlambatan	Buffer terhadap keterlambatan pengiriman	Biaya penyimpanan lebih tinggi	Suku cadang kritis dengan lead time tidak pasti
On-Board Stock	Stok permanen di atas kapal — tidak perlu memesan setiap kali butuh	Selalu tersedia — tidak bergantung supply chain	Biaya inventori tinggi; risiko kerusakan suku cadang yang lama tersimpan	Suku cadang kritis/emergency yang tidak bisa menunggu
Pooling	Berbagi stok suku cadang dalam satu armada atau dengan kapal lain di pelabuhan yang sama	Mengurangi total biaya inventori armada	Koordinasi kompleks	Armada kapal yang beroperasi di jalur tetap

7.2 Perencanaan Pengadaan Suku Cadang

Metode Perhitungan Kebutuhan Suku Cadang

Parameter	Rumus/Metode	Keterangan
Annual Demand (D)	$D = \text{Frekuensi Penggantian} \times \text{Kuantitas per Penggantian} \times \text{Jumlah Mesin}$	Kebutuhan tahunan untuk perencanaan anggaran

Parameter	Rumus/Metode	Keterangan
Lead Time (LT)	Waktu dari pemesanan hingga barang tiba di kapal	Sangat bervariasi: 1-90 hari tergantung merk, lokasi pelabuhan, dan supplier
Safety Stock (SS)	$SS = \text{Permintaan Harian Rata-rata} \times \text{Lead Time Maksimum} - \text{Lead Time Rata-rata}$	Buffer untuk ketidakpastian lead time
Reorder Point (ROP)	$ROP = (\text{Permintaan Harian Rata-rata} \times \text{Lead Time Rata-rata}) + \text{Safety Stock}$	Level stok di mana pemesanan ulang harus diinisiasi
Economic Order Quantity (EOQ)	$EOQ = \sqrt{2 \times D \times S / H}$	D=Annual Demand; S=biaya per pesanan; H=biaya penyimpanan tahunan per unit

Contoh Perhitungan Reorder Point

Kasus: Filter oli mesin utama • Konsumsi: 1 unit per 500 jam operasi; mesin beroperasi 720 jam/bulan $\rightarrow \pm 1,44$ filter/bulan $\approx 0,048$ filter/hari • Lead time rata-rata: 21 hari; Lead time maksimum: 35 hari Safety Stock = $0,048 \times (35 - 21) = 0,048 \times 14 = 0,67 \approx 1$ unit Reorder Point = $(0,048 \times 21) + 1 = 1,008 + 1 = 2,008 \approx 2$ unit Kesimpulan: Saat stok filter oli mesin utama mencapai 2 unit, pemesanan ulang harus dilakukan. Dengan 1 unit sebagai safety stock dan 1 unit sebagai buffer lead time.

7.3 Penerimaan, Penyimpanan, dan Pengeluaran Suku Cadang

A. Prosedur Penerimaan Suku Cadang

53. VERIFIKASI DOKUMEN: Cocokkan purchase order dengan delivery note — pastikan semua item yang dipesan terkirim.
54. INSPEKSI FISIK: Periksa kondisi fisik barang — kerusakan kemasan, komponen rusak, atau cacat yang terlihat.
55. VERIFIKASI SPESIFIKASI: Pastikan part number, ukuran, spesifikasi, dan merk sesuai dengan yang dipesan. Jangan terima item yang berbeda dari spesifikasi tanpa persetujuan tertulis dari Chief Engineer.
56. PEMERIKSAAN SERTIFIKAT/DOKUMEN MUTU: Untuk item kritis (terutama yang disyaratkan klas), pastikan sertifikat kualitas (Material Test Certificate, Type Approval Certificate) disertakan.
57. UPDATE INVENTORI: Catat penerimaan dalam sistem inventori (manual atau E-PMS) segera setelah diterima.

B. Penyimpanan Suku Cadang

Jenis Suku Cadang	Persyaratan Penyimpanan
Komponen logam (poros, bearing, piston)	Disimpan dalam kemasan asli; beri pelumas ringan anti-karat; simpan di area kering dan berventilasi
Karet/Elastomer (O-ring, gasket, seal)	Hindari paparan ozon (jauhi motor listrik), UV, dan suhu tinggi; simpan dalam kantong tertutup; perhatikan shelf life (<5 tahun)
Material listrik/elektronik	Hindari kelembaban dan suhu ekstrem; simpan dalam kemasan ESD (anti-static) untuk komponen sensitif
Filter	Simpan dalam kemasan asli; jangan ditumpuk terlalu tinggi; perhatikan tanggal kedaluarsa untuk filter kertas
Suku cadang kimia/consumable	Perhatikan MSDS; simpan sesuai persyaratan (ventilasi, suhu, jauh dari panas)

7.4 Suku Cadang Kritis dan Regulasi Klas

Badan klasifikasi mewajibkan kapal untuk membawa sejumlah suku cadang kritis di atas kapal (on-board mandatory spares). Daftar ini ditetapkan dalam Class Rules dan umumnya mencakup komponen yang, jika gagal, dapat menyebabkan loss of propulsion.

Kategori Wajib Klas (Contoh)	Komponen Minimum yang Harus Dibawa
Main Engine	Set cincin piston lengkap (1 silinder), spare starting valve, spare fuel injector, spare safety valve, spare cylinder head gasket
Generator	Spare voltage regulator (AVR), spare safety valve, set gasket
Steering Gear	Spare hydraulic pump, spare seals kit, spare tiller arm pin
Starting Air System	Spare starting air valve, spare compressor valve sets
Emergency Equipment	Spare EPIRB battery (dengan tanggal kedaluarsa valid), spare portable fire extinguisher charges

SOAL LATIHAN BAB VII

A. Pilihan Ganda

58. Reorder Point (ROP) dalam manajemen suku cadang adalah...
 - a. Jumlah suku cadang yang harus selalu ada
 - b. Level stok di mana pemesanan ulang harus diinisiasi
 - c. Kuantitas yang dipesan dalam setiap pesanan
 - d. Biaya per unit suku cadang
59. Suku cadang berbahan karet (O-ring, gasket) harus disimpan jauh dari motor listrik karena motor listrik menghasilkan...
 - a. Panas berlebih
 - b. Ozon yang merusak karet
 - c. Medan magnet
 - d. Kelembaban

B. Soal Uraian

60. Jelaskan perbedaan strategi Just-in-Time (JIT) dan On-Board Stock dalam manajemen suku cadang — kapan masing-masing lebih sesuai diterapkan?
61. Sebuah filter bahan bakar dipakai setiap 250 jam; mesin beroperasi 600 jam/bulan (20 jam/hari). Lead time rata-rata 14 hari, lead time maksimum 25 hari. Hitunglah Safety Stock dan Reorder Point!
62. Jelaskan prosedur penerimaan suku cadang yang benar di kapal!
63. Jelaskan mengapa badan klasifikasi mewajibkan kapal membawa suku cadang kritis tertentu dan berikan contohnya!

BAB VIII — AUDIT, EVALUASI, DAN PENINGKATAN BERKELANJUTAN

8.1 Audit Internal Sistem Perawatan

Audit internal adalah pemeriksaan sistematis dan independen terhadap pelaksanaan SMS (termasuk sistem perawatan) untuk memverifikasi bahwa prosedur diikuti, dokumentasi lengkap, dan sistem berjalan efektif. ISM Code Elemen 12 mewajibkan audit internal minimal setiap tahun.

Lingkup Audit Internal Sistem Perawatan

Area yang Diaudit	Pertanyaan Kunci Audit
Kelengkapan Equipment Register	Apakah semua peralatan terdaftar? Apakah data teknis lengkap dan up-to-date?
Status Job Card / PMS	Berapa persentase job yang selesai tepat waktu? Berapa yang overdue? Adakah job kritis yang tertunda?
Kualitas Work Order	Apakah WO diisi lengkap? Apakah findings terdokumentasi dengan benar? Adakah acceptance criteria yang tidak terpenuhi tanpa eskalasi?
Defect Management	Apakah semua defect dilaporkan? Apakah tindakan perbaikan dilaksanakan dalam batas waktu?
Spare Parts Management	Apakah inventori akurat? Apakah suku cadang kritis tersedia? Apakah ada suku cadang kadaluarsa?
Kompetensi Personel	Apakah semua personel memiliki sertifikat yang valid? Apakah ada catatan pelatihan?
Dokumentasi	Apakah semua log book lengkap? Apakah ada dokumen yang hilang atau tidak ditandatangani?

Proses Audit Internal

64. PERENCANAAN: Tentukan ruang lingkup audit, susun daftar pertanyaan/checklist, jadwalkan waktu audit yang tidak mengganggu operasi.
65. PEMBUKAAN (Opening Meeting): Informasikan kepada KKM dan personel terkait tentang tujuan, lingkup, dan jadwal audit.
66. PENGUMPULAN BUKTI: Review dokumen (log book, WO, Defect Report), wawancara personel, observasi lapangan (kondisi peralatan dan area kerja).
67. IDENTIFIKASI TEMUAN: Klasifikasikan temuan: Non-Conformity (NC) — ketidaksesuaian terhadap persyaratan SMS; Observation (OBS) — potensi perbaikan yang tidak wajib.
68. PENUTUPAN (Closing Meeting): Presentasikan temuan kepada KKM; diskusikan dan sepakati tindakan perbaikan dan jadwal penyelesaian.
69. LAPORAN AUDIT: Dokumentasikan semua temuan dan tindakan perbaikan yang disepakati dalam Audit Report; distribusikan kepada KKM dan perusahaan.

70. TINDAK LANJUT: Verifikasi bahwa tindakan perbaikan dilaksanakan sesuai jadwal yang disepakati.

8.2 Key Performance Indicator (KPI) Perawatan

KPI adalah metrik terukur yang digunakan untuk mengevaluasi efektivitas dan efisiensi sistem perawatan. KPI memungkinkan manajemen membuat keputusan berbasis data dan memantau tren performa dari waktu ke waktu.

KPI	Rumus / Definisi	Target Tipikal	Interpretasi
PM Completion Rate	$(\text{Jumlah PM selesai} / \text{Total PM terjadwal}) \times 100\%$	$\geq 95\%$	Nilai rendah: beban kerja berlebih, suku cadang tidak tersedia, atau tenaga kurang
Overdue Job Percentage	$(\text{Jumlah job overdue} / \text{Total job aktif}) \times 100\%$	$< 5\%$	Nilai tinggi: indikasi PMS tidak dikelola dengan baik atau sumber daya tidak cukup
Mean Time Between Failures (MTBF)	Total waktu operasi / Jumlah kegagalan	Meningkat dari tahun ke tahun	MTBF meningkat = sistem perawatan lebih efektif dalam mencegah kegagalan
Mean Time to Repair (MTTR)	Total waktu perbaikan / Jumlah perbaikan	Menurun dari tahun ke tahun	MTTR menurun = kemampuan perbaikan meningkat (spare parts, skill, SOP)
Maintenance Cost vs Budget	$(\text{Biaya aktual} / \text{Anggaran}) \times 100\%$	90-110%	Jauh di bawah budget mungkin menunjukkan underinvestment; jauh di atas menunjukkan masalah tidak terduga
Corrective vs Preventive Ratio	$(\text{Biaya/jam CM} / \text{Biaya/jam PM}) \times 100\%$	$< 30\% \text{ CM}$	Rasio CM tinggi menunjukkan perawatan preventif tidak efektif mencegah kegagalan
Spare Parts Availability	$(\text{Pekerjaan yang tertunda karena spare} / \text{Total WO}) \times 100\%$	$< 5\%$	Nilai tinggi menunjukkan manajemen spare parts perlu diperbaiki

8.3 Analisis Akar Masalah (Root Cause Analysis / RCA)

Root Cause Analysis (RCA) adalah metodologi untuk mengidentifikasi PENYEBAB DASAR (root cause) dari suatu kegagalan atau masalah, bukan hanya menangani gejalanya. RCA adalah komponen kritis dari siklus perbaikan berkelanjutan — tanpa RCA yang efektif, masalah yang sama akan terus berulang.

Metode RCA yang Umum Digunakan

Metode RCA	Prinsip	Langkah Utama	Cocok untuk
5 WHY Analysis	Tanya 'Mengapa?' berulang kali (umumnya 5 kali) untuk menemukan akar penyebab di balik gejala	1. Nyatakan masalah; 2. Tanya Mengapa 5 kali; 3. Identifikasi root cause; 4. Tentukan tindakan korektif	Masalah dengan penyebab tunggal atau linear yang sederhana
Fishbone / Ishikawa Diagram	Mengorganisir kemungkinan penyebab dalam kategori (6M: Man, Machine, Method, Material, Measurement, Mother Nature)	1. Nyatakan masalah; 2. Brainstorm penyebab dalam kategori; 3. Analisis dan verifikasi penyebab paling mungkin	Masalah kompleks dengan banyak faktor penyebab potensial
Fault Tree Analysis (FTA)	Analisis top-down: mulai dari efek kegagalan, kemudian identifikasi penyebab yang mungkin secara sistematis seperti pohon	1. Tentukan top event; 2. Gambar pohon kesalahan; 3. Analisis jalur kegagalan; 4. Tentukan tindakan preventif	Analisis sistem kritis dan keselamatan; kegagalan kompleks
CATWOE Analysis	Menganalisis masalah dari perspektif Customers, Actors, Transformation, Worldview, Owner, Environment	Brainstorm dengan perspektif berbeda	Masalah yang melibatkan faktor organisasi dan manusia

Contoh 5 WHY Analysis: Kebocoran Seal Pompa

Masalah: Mechanical seal pompa ballast bocor setelah hanya 3 bulan operasi (interval seharusnya 12 bulan). Mengapa 1: Mengapa seal bocor lebih cepat dari normal? → Karena seal mengalami keausan yang lebih cepat dari biasanya. Mengapa 2: Mengapa keausan lebih cepat? → Karena pompa beroperasi dalam kondisi kavitasi berulang. Mengapa 3: Mengapa kavitasi terjadi? → Karena tekanan suction pompa terlalu rendah selama operasi

deballasting. Mengapa 4: Mengapa tekanan suction rendah? → Karena strainer suction tersumbat dan tidak dibersihkan sesuai jadwal. Mengapa 5: Mengapa strainer tidak dibersihkan? → Karena Job Card pembersihan strainer hilang dari sistem PMS setelah upgrade software E-PMS bulan lalu. Root Cause: Kesalahan migrasi data dalam upgrade E-PMS menyebabkan Job Card hilang. Tindakan Korektif: Bersihkan strainer, ganti seal; validasi ulang seluruh Job Card setelah upgrade software.

8.4 Peningkatan Berkelanjutan (Continuous Improvement)

Peningkatan berkelanjutan (continuous improvement / CI) adalah prinsip bahwa sistem perawatan tidak pernah 'selesai' — selalu ada peluang untuk menjadi lebih baik. CI dalam konteks perawatan kapal mencakup: penyesuaian interval berdasarkan data historis, penyempurnaan SOP berdasarkan temuan audit dan pengalaman, dan adopsi teknologi/metode perawatan yang lebih baik.

Siklus Plan-Do-Check-Act (PDCA) dalam Perawatan Kapal

Siklus PDCA (Deming Cycle) adalah kerangka kerja peningkatan berkelanjutan yang sangat relevan dengan sistem perawatan kapal:

- **PLAN (Rencanakan):** Identifikasi area perbaikan, tetapkan target, rencanakan perubahan pada PMS/SOP
- **DO (Lakukan):** Implementasikan perubahan yang direncanakan dalam sistem perawatan
- **CHECK (Periksa):** Monitor hasil melalui KPI, audit internal, dan analisis historis
- **ACT (Tindaki):** Jika hasilnya positif, standardisasi perubahan; jika tidak, identifikasi masalah dan mulai siklus baru

PDCA tidak berhenti di satu putaran — setiap siklus menghasilkan sistem yang sedikit lebih baik dari sebelumnya.

RANGKUMAN BAB VIII

Topik	Poin Kunci
Audit Internal	Wajib ISM Elemen 12; mencakup PMS, WO, Defect, Spare Parts, Kompetensi
KPI Utama	PM Completion Rate $\geq 95\%$; Overdue $< 5\%$; MTBF meningkat; CM/PM ratio $< 30\%$
5 WHY Analysis	Tanya 'Mengapa?' 5 kali untuk menemukan root cause, bukan sekadar gejala

Topik	Poin Kunci
PDCA Cycle	Plan-Do-Check-Act: kerangka peningkatan berkelanjutan sistem perawatan
Continuous Improvement	Sistem perawatan selalu dapat disempurnakan berdasarkan data, audit, dan pengalaman

SOAL LATIHAN BAB VIII

A. Pilihan Ganda

71. KPI PM Completion Rate 80% berarti... a. 80% PM selesai lebih awal dari jadwal b. 80% dari total PM terjadwal telah selesai dilaksanakan c. 20% PM selesai d. Beban kerja PM 80% dari kapasitas
72. Dalam 5 WHY Analysis, tujuan utama bertanya 'Mengapa?' berulang kali adalah... a. Menyalahkan personel b. Menemukan root cause (akar penyebab) di balik gejala c. Memperpanjang laporan d. Menunda tindakan perbaikan
73. Siklus PDCA dalam peningkatan berkelanjutan sistem perawatan terdiri dari... a. Prevention-Detection-Correction-Assessment b. Plan-Do-Check-Act c. Priority-Delay-Cancel-Approve d. Performance-Data-Control-Analysis

B. Soal Uraian

74. Jelaskan 7 langkah proses audit internal sistem perawatan berdasarkan persyaratan ISM Code!
75. Jelaskan minimal 5 KPI perawatan kapal, rumus perhitungannya, target tipikal, dan interpretasi nilai yang rendah/tinggi!
76. Dengan menggunakan metode 5 WHY Analysis, analisis kasus berikut: Generator kapal trip mendadak saat kapal sedang manuver masuk pelabuhan. Buatlah analisis 5 WHY yang lengkap!
77. Jelaskan konsep siklus PDCA dan bagaimana siklus ini diterapkan untuk terus meningkatkan sistem perawatan permesinan kapal!

DAFTAR PUSTAKA

- Campbell, J. D. & Reyes-Picknell, J. V. (2015). Uptime: Strategies for Excellence in Maintenance Management (3rd ed.). Boca Raton: CRC Press.
- Det Norske Veritas (DNV GL). (2022). Rules for Classification of Ships — Part 1, Chapter 1: General Regulations. Hovik: DNV GL.
- IMO. (2018). International Safety Management (ISM) Code with Guidelines for Its Implementation (4th ed.). London: IMO.
- IMO. (2018). SOLAS Consolidated Edition 2020. London: IMO.
- Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan RI. (2018). Silabus Mata Pelajaran SMK Kompetensi Keahlian Teknik Kapal Niaga. Jakarta: Kemendikbud.
- Maritec Pte Ltd. (2019). Marine Planned Maintenance System Best Practices Guide. Singapore: Maritec.
- MAN Energy Solutions. (2021). Planned Maintenance Program — Two-Stroke Marine Diesel Engines. Copenhagen: MAN.
- Moubray, J. (2004). Reliability-Centered Maintenance (2nd ed.). New York: Industrial Press.
- Sembiring, J. (2018). Sistem Manajemen Perawatan Kapal. Jakarta: Pustaka Maritim.
- Smith, A. M. & Hinchcliffe, G. R. (2004). RCM — Gateway to World Class Maintenance. Burlington: Elsevier.

GLOSARIUM

Istilah / Singkatan	Definisi
Annual Survey	Survei klas tahunan untuk memverifikasi kondisi peralatan kapal.
Audit Internal	Pemeriksaan sistematis dan independen terhadap pelaksanaan SMS, minimal setiap tahun.
Condition of Class (COC)	Status klas dengan persyaratan perbaikan dalam batas waktu tertentu.
Condition-Based Maintenance (CBM)	Perawatan berdasarkan kondisi aktual komponen yang dipantau.
Continuous Improvement (CI)	Peningkatan berkelanjutan sistem perawatan berdasarkan data dan pengalaman.
Corrective Maintenance (CM)	Perbaikan setelah komponen gagal atau performa menurun.
Critical Spare Parts	Suku cadang kritis yang wajib ada di atas kapal sesuai persyaratan klas.
Defect Report	Formulir pelaporan kerusakan atau kondisi abnormal peralatan kapal.
Document of Compliance (DOC)	Sertifikat ISM Code yang dikeluarkan untuk perusahaan pelayaran.
DPA	Designated Person Ashore — penanggung jawab SMS di darat.
E-PMS	Electronic Planned Maintenance System — perangkat lunak pengelolaan PMS.
FMEA	Failure Modes and Effects Analysis — analisis semua kemungkinan mode kegagalan.
ISM Code	International Safety Management Code — standar wajib IMO untuk SMS kapal.
KPI	Key Performance Indicator — metrik terukur untuk mengevaluasi efektivitas sistem perawatan.
Lead Time	Waktu dari pemesanan suku cadang hingga barang tiba di kapal.
Leveling Beban Kerja	Mendistribusikan pekerjaan perawatan secara merata sepanjang tahun.
MMS	Master Maintenance Schedule — jadwal perawatan komprehensif tahunan.
MTBF	Mean Time Between Failures — rata-rata waktu antar kegagalan.
MTTR	Mean Time to Repair — rata-rata waktu untuk memperbaiki kegagalan.
Management of Change (MoC)	Proses formal untuk mengelola perubahan pada sistem, prosedur, atau peralatan kapal.
NCR	Non-Conformity Report — laporan ketidaksesuaian terhadap prosedur SMS.

Istilah / Singkatan	Definisi
PDCA	Plan-Do-Check-Act — siklus peningkatan berkelanjutan (Deming Cycle).
PMS	Planned Maintenance System — sistem perawatan terencana dan terdokumentasi.
RCA	Root Cause Analysis — metodologi untuk menemukan akar penyebab masalah/kegagalan.
RCM	Reliability-Centered Maintenance — metodologi perawatan berbasis keandalan.
Reorder Point (ROP)	Level stok di mana pemesanan ulang suku cadang harus diinisiasi.
Safety Stock	Stok minimum tambahan sebagai buffer terhadap ketidakpastian permintaan/pengiriman.
Safety Management Certificate (SMC)	Sertifikat ISM Code yang dikeluarkan untuk kapal.
SMS	Safety Management System — sistem manajemen keselamatan sesuai ISM Code.
Work Order (WO)	Dokumen formal yang mengotorisasi, mendeskripsikan, dan melacak pekerjaan perawatan.