

PEMERINTAH PROVINSI KEPULAUAN RIAU
DINAS PENDIDIKAN

SMK NEGERI 5 TANJUNGPINANG

Kompetensi Keahlian: Teknika Kapal Niaga

BUKU TEKS

**PERKEMBANGAN TEKNOLOGI,
PROSES KERJA, DAN ISU-ISU
GLOBAL TEKNIKA KAPAL NIAGA**

Technology, Work Processes & Global Issues

Oleh:

JOKO DARMONO, ST

NIP 197305312022211003

Polusi Laut, Perompakan, Pelanggaran Kontrak, Digitalisasi, Kapal Hijau & Dekarbonisasi

TANJUNGPINANG

2026

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga buku teks berjudul "Perkembangan Teknologi, Proses Kerja, dan Isu-Isu Global di Bidang Teknik Kapal Niaga" ini dapat diselesaikan. Buku ini disusun untuk peserta didik fase E (kelas X) Kompetensi Keahlian Teknik Kapal Niaga di SMK Negeri 5 Tanjungpinang pada tahun 2026.

Industri pelayaran niaga mengalami transformasi yang belum pernah terjadi sebelumnya. Di satu sisi, gelombang teknologi baru — digitalisasi, kecerdasan buatan, otomasi, propulsi alternatif, dan kapal otonom — sedang merevolusi cara kapal dirancang, dioperasikan, dan dirawat. Di sisi lain, industri ini juga menghadapi tantangan global yang semakin serius: polusi laut, perubahan iklim, pembajakan laut, pelanggaran hak pelaut, dan keamanan siber.

Memahami perkembangan teknologi dan isu-isu global ini bukan sekadar pengetahuan umum — ini adalah pemahaman yang akan membentuk cara perwira teknik kapal masa depan bekerja, mengambil keputusan, dan berkontribusi pada industri maritim yang lebih aman, lebih bersih, dan lebih berkelanjutan.

Buku ini mencakup delapan topik utama: (1) Revolusi Teknologi di Industri Pelayaran, (2) Digitalisasi dan Otomasi Permesinan Kapal, (3) Kapal Ramah Lingkungan dan Teknologi Propulsi Alternatif, (4) Isu Polusi Laut dan Regulasi Lingkungan, (5) Keamanan Maritim: Perompakan dan Terorisme Laut, (6) Pelanggaran Hukum Laut dan Kontrak Kerja, (7) Isu Sosial Kemanusiaan Pelaut, serta (8) Masa Depan Industri Pelayaran dan Peran Generasi Baru. Setiap bab dilengkapi teori, studi kasus nyata, tabel data, dan latihan soal.

Semoga buku ini membuka wawasan peserta didik tentang dunia pelayaran yang sedang berubah dan menginspirasi mereka untuk menjadi agen perubahan positif dalam industri maritim Indonesia.

Tanjungpinang, 2026
Penulis,

Joko Darmono, ST
NIP 197305312022211003

DAFTAR ISI

Kata Pengantar	ii
Daftar Isi	iii
Daftar Tabel	v
BAB I — REVOLUSI TEKNOLOGI DI INDUSTRI PELAYARAN	1
1.1 Peta Jalan Transformasi Industri Pelayaran	1
1.2 Kompetensi yang Akan Dicapai	3
1.3 Industri 4.0 dan Dampaknya pada Pelayaran	4
BAB II — DIGITALISASI DAN OTOMASI PERMESINAN KAPAL	7
2.1 Internet of Things (IoT) di Kapal	7
2.2 Kecerdasan Buatan (AI) dalam Manajemen Permesinan	10
2.3 Predictive Maintenance Berbasis Data	13
2.4 Kapal Otonom (Autonomous Vessels)	15
2.5 Rangkuman & Latihan Bab II	18
BAB III — KAPAL RAMAH LINGKUNGAN DAN PROPULSI ALTERNATIF	21
3.1 Teknologi Pengurangan Emisi pada Kapal Konvensional	21
3.2 LNG sebagai Bahan Bakar Kapal	24
3.3 Hidrogen, Amonia, dan Bahan Bakar Alternatif	27
3.4 Propulsi Hybrid dan Kapal Listrik	29
3.5 Rangkuman & Latihan Bab III	32
BAB IV — ISU POLUSI LAUT DAN REGULASI LINGKUNGAN	35
4.1 Polusi dari Kapal: Jenis dan Dampak	35
4.2 Regulasi MARPOL dan Implementasinya	38
4.3 Ballast Water Management (BWM)	41
4.4 Polusi Plastik dan Sampah Laut	44
4.5 Rangkuman & Latihan Bab IV	46
BAB V — KEAMANAN MARITIM: PEROMPAKAN DAN TERORISME	49
5.1 Perompakan Laut (Piracy): Definisi dan Sejarah	49
5.2 Daerah Rawan Perompakan dan Pola Serangan	52
5.3 Pencegahan dan Respons terhadap Perompakan	55
5.4 ISPS Code dan Keamanan Kapal	58
5.5 Rangkuman & Latihan Bab V	61
BAB VI — PELANGGARAN HUKUM LAUT DAN KONTRAK KERJA	64
6.1 Jenis-Jenis Pelanggaran Hukum Laut	64
6.2 Pelanggaran Kontrak Kerja Pelaut	67
6.3 Port State Control dan Penahanan Kapal	70
6.4 Perlindungan Hukum Pelaut	73
6.5 Rangkuman & Latihan Bab VI	75

BAB VII — ISU SOSIAL KEMANUSIAAN PELAUT	78
7.1 Penelantaran Awak Kapal (Crew Abandonment)	78
7.2 Penyelundupan dan Perdagangan Manusia	81
7.3 Kesehatan Mental Pelaut	83
7.4 Gender, Keberagaman, dan Inklusi di Kapal	86
7.5 Rangkuman & Latihan Bab VII	88
BAB VIII — MASA DEPAN PELAYARAN DAN PERAN GENERASI BARU	91
8.1 Dekarbonisasi dan Target IMO 2050	91
8.2 Keamanan Siber Maritim	94
8.3 Pelaut Masa Depan: Kompetensi yang Dibutuhkan	97
8.4 Peran Indonesia dalam Pelayaran Global Masa Depan	100
8.5 Rangkuman & Latihan Bab VIII	103
Daftar Pustaka	106
Glosarium	108

BAB I — REVOLUSI TEKNOLOGI DI INDUSTRI PELAYARAN

1.1 Peta Jalan Transformasi Industri Pelayaran

Industri pelayaran niaga sedang mengalami transformasi paling signifikan sejak peralihan dari kapal layar ke kapal uap di abad ke-19. Kombinasi tekanan regulasi lingkungan yang semakin ketat, kemajuan teknologi digital yang pesat, dan perubahan ekspektasi operasional telah mendorong industri ini untuk berevolusi dengan cepat.

Era	Periode	Teknologi Dominan	Implikasi untuk Perwira Mesin
Era Kapal Uap	1800-an - 1950-an	Mesin uap, boiler batu bara	Kompetensi dasar teknik mesin kapal terbentuk
Era Diesel	1950-an - 1990-an	Mesin diesel 2-tak dan 4-tak; sistem analog	Perwira mesin harus menguasai sistem mekanik kompleks
Era Digital Awal	1990-an - 2010-an	Sistem kontrol elektronik, AMS digital, PMS komputer	Kompetensi IT dasar diperlukan untuk monitoring sistem
Era Smart Ship	2010-an - sekarang	IoT, AI, Big Data, cloud monitoring, otomasi tinggi	Perwira mesin harus melek data dan teknologi digital
Era Autonomous & Green	2025 - masa depan	Kapal otonom, bahan bakar zero-emission, AI penuh	Redefinisi total peran perwira mesin — dari operator ke supervisor sistem

 Mengapa Teknologi Berubah Begitu Cepat?

Tiga pendorong utama percepatan transformasi teknologi pelayaran: 1. REGULASI LINGKUNGAN: IMO GHG Strategy mewajibkan pengurangan emisi karbon 40% pada 2030 dan net-zero pada 2050 — mendorong adopsi teknologi bersih yang revolusioner. 2. EKONOMI DIGITAL: Biaya sensor, komputasi cloud, dan analitik data turun 90%+ dalam dekade terakhir — membuat teknologi yang dulu terlalu mahal kini terjangkau. 3. PERSAINGAN GLOBAL: Shipping lane semakin kompetitif — operator yang mengadopsi teknologi efisiensi lebih cepat memiliki keunggulan biaya operasional yang signifikan.

1.2 Kompetensi yang Akan Dicapai

1. Menjelaskan tren utama perkembangan teknologi di industri pelayaran niaga.

2. Mendeskripsikan teknologi digitalisasi dan otomasi yang diterapkan pada permesinan kapal modern.
3. Menjelaskan teknologi kapal ramah lingkungan dan propulsi alternatif yang sedang berkembang.
4. Menjelaskan isu polusi laut, regulasi MARPOL, dan dampaknya pada operasional kapal.
5. Mendeskripsikan ancaman perompakan, keamanan maritim, dan cara pencegahannya.
6. Menjelaskan jenis pelanggaran hukum laut dan kontrak kerja beserta konsekuensi hukumnya.
7. Mendeskripsikan isu sosial kemanusiaan yang dihadapi pelaut internasional.
8. Menjelaskan target dekarbonisasi IMO dan kompetensi perwira mesin masa depan.

1.3 Industri 4.0 dan Dampaknya pada Pelayaran

Pilar Industri 4.0	Aplikasi di Pelayaran	Status Adopsi (2026)
Internet of Things (IoT)	Ribuan sensor di seluruh kapal mengirim data real-time ke cloud; monitoring dari darat	Sudah umum di kapal baru; sedang retrofit ke kapal lama
Big Data & Analytics	Analisis data historis ribuan kapal untuk optimasi rute, bahan bakar, dan prediksi kegagalan	Sudah tersedia dari beberapa engine maker (MAN, Wärtsilä)
Artificial Intelligence (AI)	Diagnosa mesin otomatis; rekomendasi perawatan; navigasi otomatis	Pilot project; mulai komersial di segmen tertentu
Cloud Computing	Penyimpanan dan akses data PMS, manuals, drawing dari manapun	Sudah umum — E-PMS berbasis cloud sudah mainstream
Cyber Security	Perlindungan sistem navigasi, PMS, dan kontrol mesin dari serangan siber	Berkembang pesat setelah insiden cyber di beberapa kapal besar
Additive Manufacturing (3D Printing)	Cetak suku cadang darurat langsung di kapal atau dikirim sebagai file digital ke pelabuhan terdekat	Sedang dalam tahap uji coba; beberapa kasus sukses
Autonomous Systems	Kapal yang dapat bernavigasi sebagian atau sepenuhnya tanpa awak	Uji coba aktif; regulasi masih berkembang

BAB II — DIGITALISASI DAN OTOMASI PERMESINAN KAPAL

2.1 Internet of Things (IoT) di Kapal

Internet of Things (IoT) dalam konteks kapal mengacu pada jaringan sensor, aktuator, dan perangkat yang terhubung dan saling bertukar data secara otomatis, memberikan visibilitas real-time tentang kondisi seluruh sistem kapal baik kepada awak di kapal maupun tim teknis di darat.

Sistem Kapal	Parameter yang Dipantau IoT	Manfaat
Mesin Utama	Tekanan, suhu, RPM, konsumsi bahan bakar, vibrasi per bearing, exhaust temperature per silinder	Deteksi dini anomali; optimasi bahan bakar; predictive maintenance
Generator Bantu	Tegangan, arus, frekuensi, faktor daya, suhu belitan, vibrasi	Mencegah blackout; optimasi load sharing; prediksi kegagalan
Turbocharger	RPM, suhu inlet/outlet compressor dan turbine, tekanan boost	Deteksi surge; monitoring efisiensi; peringatan dini kegagalan turbo
Sistem Bahan Bakar	Flow rate, viskositas, suhu, sulfur content	Optimasi konsumsi; kepatuhan regulasi emisi; deteksi kontaminasi
Sistem Pendingin	Suhu inlet/outlet cooler, aliran sea water, delta temperature	Deteksi fouling cooler; optimasi efisiensi termal
Lambung dan Stabilitas	Draft, trim, list, stres lambung, ketebalan pelat (acoustic)	Optimasi stabilitas; deteksi korosi dini; keselamatan struktural

Ship Performance Monitoring — Dari Kapal ke Darat

Sistem monitoring performa kapal modern (seperti MAN CESAS, Wärtsilä Fleet Operations Solution, atau Kongsberg K-IMS) mengirimkan data dari ribuan sensor di kapal secara real-time ke server cloud. Tim teknis superintendent di kantor pusat dapat:

- Memantau kondisi mesin kapal di seluruh dunia dari satu dashboard
- Menerima alert jika ada parameter yang menyimpang dari normal
- Melakukan analisis performa dan memberikan rekomendasi kepada KKM
- Merencanakan suku cadang dan perawatan berbasis data aktual, bukan hanya jadwal kalender

2.2 Kecerdasan Buatan (AI) dalam Manajemen Permesinan

Kecerdasan Buatan (Artificial Intelligence/AI) memungkinkan sistem komputer untuk belajar dari data, mengenali pola, dan membuat keputusan dengan minimal intervensi manusia. Dalam konteks permesinan kapal, AI membuka potensi yang sangat besar.

Aplikasi AI	Cara Kerja	Manfaat Konkret
Fault Diagnosis Otomatis	AI menganalisis pola data sensor secara real-time; membandingkan dengan basis data historis ribuan insiden; menghasilkan diagnosis dan rekomendasi tindakan	Perwira mesin mendapat diagnosa awal yang akurat dalam menit, bukan jam investigasi manual
Fuel Optimization (Weather Routing)	AI memproses data cuaca, kondisi laut, muatan, dan harga bahan bakar untuk menentukan rute dan kecepatan optimal	Penghematan bahan bakar 5-15% per voyage — signifikan mengingat bahan bakar adalah biaya operasional terbesar
Predictive Maintenance AI	Model machine learning dilatih pada data historis kegagalan untuk memprediksi kapan komponen akan gagal dengan akurasi tinggi	Mengurangi unexpected breakdown; menghindari penggantian komponen yang masih baik (time-based)
Smart Alarm Management	AI memfilter ribuan alarm untuk mengidentifikasi yang benar-benar kritis dan mengurangi alarm yang tidak perlu (alarm fatigue)	Operator fokus pada yang benar-benar penting; mengurangi risiko kecelakaan akibat overload informasi
Energy Management Optimization	AI mengoptimalkan kombinasi generator, kecepatan mesin, dan sistem konsumen listrik untuk efisiensi energi maksimal	Pengurangan konsumsi energi total kapal 3-10%

2.3 Predictive Maintenance Berbasis Data

Predictive Maintenance (PdM) berbasis data menggunakan analisis data real-time dan historis untuk memprediksi kapan suatu komponen akan mengalami kegagalan — memungkinkan perawatan dilakukan TEPAT SEBELUM kegagalan terjadi, bukan berdasarkan jadwal waktu tetap.

Teknologi PdM	Cara Pengukuran	Komponen yang Dipantau
Vibration Analysis	Sensor accelerometer pada bearing housing; analisis FFT spectrum	Bearing mesin, pompa, kipas — deteksi imbalance, misalignment, bearing wear
Oil Analysis (Lab/Online)	Sampel oli dianalisis di lab atau sensor online; cek partikel logam, viskositas, TBN	Mesin utama, generator, gearbox — partikel logam abnormal indikasikan keausan

Teknologi PdM	Cara Pengukuran	Komponen yang Dipantau
Thermography (Infrared)	Kamera inframerah mengukur distribusi panas permukaan	Panel listrik (hot joints), cooler (fouling pattern), sistem perpipaan
Ultrasonic Testing	Gelombang ultrasonik mendeteksi kebocoran internal valve, kavitasi, korosi dinding pipa	Valve, pipa, heat exchanger
Motor Current Signature Analysis	Analisis pola arus motor listrik untuk mendeteksi masalah internal	Pompa, kompresor, dan motor listrik lainnya — deteksi masalah bearing, eksentrisitas rotor

2.4 Kapal Otonom (Autonomous Vessels)

Kapal otonom adalah kapal yang dapat beroperasi sebagian atau sepenuhnya tanpa intervensi manusia langsung, menggunakan kombinasi sensor, AI, dan sistem komunikasi untuk menavigasi dan mengoperasikan sistem kapal secara mandiri.

Level Otonomi (IMO)	Definisi	Status
Level 1 — Decision Support	Awak di kapal; sistem membantu dan memberikan rekomendasi keputusan	Sudah umum — AMS, ECDIS, autopilot modern
Level 2 — Active Monitoring	Awak di kapal; sistem dapat melakukan fungsi tertentu secara otomatis; awak siap mengambil alih	Sedang berkembang — beberapa fungsi mesin mulai diotomasikan
Level 3 — Remote Control	Tidak ada awak di kapal; dikendalikan dari darat oleh operator remote	Uji coba aktif — kapal feri Finlandia (Falco, 2018), kapal YARA Birkeland (Norwegia)
Level 4 — Full Autonomy	Kapal beroperasi penuh tanpa kontrol manusia; sistem AI membuat semua keputusan	Masih dalam penelitian; regulasi belum ada untuk operasi komersial penuh

Implikasi Kapal Otonom bagi Profesi Perwira Mesin

Kapal otonom tidak serta-merta menghilangkan profesi perwira mesin — tetapi akan mengubahnya secara fundamental:

- Dari: Operator langsung yang mengawasi mesin secara fisik
- Menjadi: Remote supervisor yang memantau banyak kapal dari pusat kendali darat

Keterampilan baru yang dibutuhkan: pemahaman mendalam tentang sistem AI dan otomasi, kemampuan analisis data, pemrograman dasar, dan keamanan siber. Perwira mesin yang tidak beradaptasi dengan teknologi baru ini berisiko kehilangan relevansi dalam dekade mendatang.

SOAL LATIHAN BAB II

A. Pilihan Ganda

9. Teknologi yang memungkinkan ribuan sensor di kapal bertukar data secara real-time ke cloud disebut... a. Blockchain b. 3D Printing c. Internet of Things (IoT) d. Virtual Reality
10. Predictive Maintenance berbasis data berbeda dari Time-Based Maintenance karena... a. Lebih mahal b. Dilakukan berdasarkan kondisi aktual dan prediksi, bukan jadwal waktu tetap c. Tidak memerlukan sensor d. Hanya cocok untuk mesin baru

B. Soal Uraian

11. Jelaskan bagaimana IoT memungkinkan pemantauan real-time permesinan kapal dari darat — apa manfaatnya bagi KKM dan superintendent teknis?
12. Jelaskan 5 aplikasi AI dalam manajemen permesinan kapal dan manfaat konkret masing-masing!
13. Jelaskan 4 level otonomi kapal menurut IMO dan implikasi setiap level bagi awak kapal!
14. Mengapa Vibration Analysis penting sebagai metode Predictive Maintenance pada kapal? Komponen apa saja yang dapat dipantau?

BAB III — KAPAL RAMAH LINGKUNGAN DAN PROPULSI ALTERNATIF

3.1 Teknologi Pengurangan Emisi pada Kapal Konvensional

Sebelum beralih ke bahan bakar alternatif, banyak operator kapal menerapkan teknologi pengurangan emisi pada mesin diesel yang sudah ada — sebagai solusi jangka pendek dan menengah yang lebih ekonomis.

Teknologi	Fungsi	Emisi yang Dikurangi	Keterangan
Exhaust Gas Scrubber (EGC)	Mencuci gas buang dengan air untuk menghilangkan sulfur oksida (SOx)	SOx	Memungkinkan penggunaan HFO berkadar sulfur tinggi meski regulasi MARPOL Annex VI berlaku; kontroversial karena menghasilkan wash water
Selective Catalytic Reduction (SCR)	Menginjeksikan urea ke gas buang untuk mereduksi NOx menjadi nitrogen dan air	NOx	Memenuhi persyaratan NOx Tier III IMO; banyak digunakan di kapal yang beroperasi di Emission Control Area (ECA)
Exhaust Gas Recirculation (EGR)	Mengalirkan sebagian gas buang kembali ke ruang bakar untuk menurunkan suhu pembakaran dan mengurangi NOx	NOx	Alternatif SCR untuk Tier III; digunakan pada beberapa mesin 2-tak MAN
Waste Heat Recovery (WHR)	Memanfaatkan panas gas buang untuk menghasilkan listrik (turbo compound atau steam turbine)	CO ₂ (tidak langsung)	Meningkatkan efisiensi keseluruhan 5-12%; mengurangi konsumsi bahan bakar
Slow Steaming	Mengurangi kecepatan kapal — konsumsi bahan bakar	CO ₂ , SOx, NOx	Penurunan 10% kecepatan →

Teknologi	Fungsi	Emisi yang Dikurangi	Keterangan
	turun drastis (proporsional dengan kubik kecepatan)		penurunan konsumsi ~27%; sangat efektif tapi mempengaruhi jadwal
Anti-fouling Hull Coating	Cat khusus yang mencegah biofouling pada lambung — mengurangi hambatan air	CO ₂ (tidak langsung)	Fouling meningkatkan hambatan hingga 40%; anti-fouling efektif mengurangi konsumsi bahan bakar 5-10%

3.2 LNG sebagai Bahan Bakar Kapal

LNG (Liquefied Natural Gas) adalah gas alam yang dicairkan pada suhu -162°C. LNG saat ini adalah bahan bakar alternatif yang paling dewasa dan paling banyak diadopsi sebagai pengganti HFO/MDO dalam upaya pengurangan emisi.

Aspek	LNG vs HFO
Pengurangan SO _x	~99% (LNG hampir bebas sulfur)
Pengurangan NO _x	20-30% (tergantung teknologi pembakaran)
Pengurangan CO ₂	20-25% (LNG mengandung lebih sedikit karbon per unit energi)
Pengurangan Partikel	~99% (hampir tidak ada partikel fine)
Infrastruktur	Masih terbatas — LNG bunkering belum tersedia di semua pelabuhan
Biaya Kapal	Kapal dual-fuel (LNG+diesel) lebih mahal 15-25% dari kapal konvensional
Risiko Methane Slip	Pembakaran LNG yang tidak sempurna melepas metana (CH ₄) yang jauh lebih berbahaya dari CO ₂ — perlu dikelola

3.3 Hidrogen, Amonia, dan Bahan Bakar Masa Depan

Bahan Bakar	Karakteristik	Status	Tantangan
Hidrogen (H ₂)	Zero-emission saat dibakar (menghasilkan air); dapat	Uji coba aktif; beberapa kapal	Densitas energi sangat rendah (perlu volume

Bahan Bakar	Karakteristik	Status	Tantangan
	digunakan di fuel cell atau mesin ICE	kecil sudah beroperasi dengan H ₂	tangki besar); infrastruktur hampir tidak ada; produksi 'green hydrogen' masih mahal
Amonia (NH ₃)	Zero-carbon carrier (tidak mengandung karbon); densitas energi lebih baik dari H ₂	Uji coba engine di darat; kapal amonia pertama direncanakan 2025-2026	Sangat beracun (safety challenge); pembakaran menghasilkan NO _x ; masalah material (korosif)
Metanol (CH ₃ OH)	Karbon netral jika diproduksi dari biomassa atau CO ₂ capture; infrastruktur relatif lebih tersedia	Sudah ada kapal komersial (Maersk Methanol vessels, 2023-)	Kandungan energi hanya setengah HFO — tangki lebih besar; racun jika tertelan
Biofuel	Campuran dengan HFO/MGO; mengurangi emisi netto (karbon yang diserap saat tanaman tumbuh)	Sudah digunakan dalam campuran 20-30% di beberapa armada	Ketersediaan terbatas; harga lebih tinggi; pertanyaan tentang keberlanjutan (competing with food)
Synthetic Fuels (e-fuel)	Dibuat dari CO ₂ captured + green hydrogen — 'power-to-X'	Masih dalam pengembangan; harga sangat tinggi	Efisiensi konversi energi rendah; skala produksi belum memadai

3.4 Propulsi Hybrid dan Kapal Listrik

Tipe	Cara Kerja	Aplikasi	Status
Diesel-Electric Hybrid	Generator diesel + baterai; mesin diesel beroperasi pada titik efisiensi optimal; baterai menyerap surplus dan menutupi puncak beban	Feri, OSV, kapal kru	Sudah komersial
Pure Electric Battery	Baterai listrik sebagai sumber tenaga utama; diisi di pelabuhan	Feri jarak pendek (Norwegia sudah 100+ feri listrik)	Komersial untuk rute pendek
Wind-Assisted Propulsion	Layar modern (Flettner Rotors, hard sails, kite sails) membantu propulsi — mengurangi konsumsi bahan bakar	Kapal kargo dan tanker besar	Adopsi meningkat pesat; 10-30% penghematan bahan bakar
Nuclear Propulsion	Reaktor nuklir sebagai sumber panas untuk turbin uap	Kapal militer (USS Enterprise); beberapa proposal untuk kargo komersial	Komersial untuk kargo: belum ada; perlu

Tipe	Cara Kerja	Aplikasi	Status
			terobosan regulasi

SOAL LATIHAN BAB III

A. Pilihan Ganda

15. Teknologi yang mengurangi emisi SOx pada kapal dengan 'mencuci' gas buang menggunakan air adalah... a. SCR b. EGR c. Exhaust Gas Scrubber d. WHR
16. Bahan bakar kapal yang paling banyak diadopsi saat ini sebagai pengganti HFO dengan pengurangan emisi SOx ~99% adalah... a. Hidrogen b. Amonia c. LNG d. Metanol
17. Negara yang paling maju dalam adopsi kapal feri listrik berbasis baterai adalah... a. Tiongkok b. Amerika Serikat c. Norwegia d. Jepang

B. Soal Uraian

18. Jelaskan 4 teknologi pengurangan emisi yang dapat diterapkan pada mesin diesel konvensional kapal tanpa mengganti bahan bakar!
19. Jelaskan keunggulan dan tantangan LNG sebagai bahan bakar kapal — mengapa LNG disebut sebagai 'transitional fuel'?
20. Bandingkan hidrogen dan amonia sebagai bahan bakar masa depan kapal dari segi karakteristik, status adopsi, dan tantangan yang dihadapi!
21. Jelaskan konsep Wind-Assisted Propulsion dan mengapa teknologi ini mendapat perhatian besar kembali di era dekarbonisasi?

BAB IV — ISU POLUSI LAUT DAN REGULASI LINGKUNGAN

4.1 Polusi dari Kapal: Jenis dan Dampak

Kapal niaga dapat menjadi sumber polusi laut yang signifikan melalui berbagai jalur. Pemahaman tentang jenis-jenis polusi ini dan dampaknya terhadap ekosistem laut sangat penting bagi setiap pelaut yang bertanggung jawab.

Jenis Polusi	Sumber dari Kapal	Dampak Lingkungan
Minyak dan Limbah Berminyak	Bilge water, sludge, operasi cargo tanker (tank washing, ballasting), kebocoran, kecelakaan kapal	Lapisan minyak menutupi permukaan laut menghalangi pertukaran O ₂ ; meracuni ikan, burung, dan mamalia laut; merusak terumbu karang; bertahan puluhan tahun di lingkungan
Gas Buang (Air Pollution)	Emisi SO _x , NO _x , CO ₂ , partikel halus (PM) dari mesin dan boiler	Hujan asam dari SO _x ; pembentukan smog; kontribusi perubahan iklim (CO ₂); gangguan pernapasan di kota pelabuhan
Air Ballast (Ballast Water)	Organisme hidup (bakteri, larva, zooplankton) terbawa dalam air ballast dari pelabuhan asal dan dilepaskan di pelabuhan tujuan	Spesies invasif merusak ekosistem lokal; contoh: Zebra mussel dari Eropa menyebar ke Great Lakes Amerika melalui air ballast
Limbah Cair (Sewage)	Air limbah dari toilet dan dapur kapal yang dibuang ke laut	Nutrien berlebih menyebabkan eutrofikasi (ledakan alga); patogen penyakit; penurunan kualitas air di daerah pesisir
Sampah Padat	Plastik, kemasan, makanan sisa, peralatan rusak yang dibuang dari kapal	Plastik bertahan ratusan tahun di laut; hewan laut tertelan atau terjebak; microplastic masuk rantai makanan
Polusi Suara (Noise Pollution)	Bunyi mesin kapal, sonar, propeller kavitasi	Mengganggu navigasi paus dan lumba-lumba yang bergantung pada echolocation; stress pada ekosistem laut
Anti-fouling Chemicals	Senyawa organotin (TBT) dari cat anti-fouling kapal lama yang dilarang; biocide dari cat modern	TBT menyebabkan gangguan reproduksi pada siput laut; biocide mengancam ekosistem bentos

4.2 Regulasi MARPOL dan Implementasinya

MARPOL (International Convention for the Prevention of Pollution from Ships) adalah konvensi IMO yang paling komprehensif mengatur pencegahan polusi dari kapal. Ditandatangani 1973 dan mulai berlaku 1983, MARPOL terus diperbarui dengan amandemen-amandemen baru.

Annex MARPOL	Cakupan	Ketentuan Kunci
Annex I	Pencegahan polusi oleh minyak	Larangan pembuangan bilge water dengan kadar minyak > 15 ppm di ECA (0 ppm di beberapa yurisdiksi); wajib OWS dan ODME; Oil Record Book
Annex II	Pengendalian polusi oleh bahan cair beracun dalam curah	Kategori X, Y, Z, OS untuk cairan kimia berbahaya; prosedur pre-wash sebelum ballasting
Annex III	Pencegahan polusi oleh barang berbahaya dalam kemasan	Persyaratan pengemasan, pelabelan, dokumentasi IMDG
Annex IV	Pencegahan polusi oleh kotoran (sewage)	Larangan pembuangan sewage mentah dalam 12 NM; wajib STP atau holding tank
Annex V	Pencegahan polusi oleh sampah (garbage)	LARANGAN TOTAL membuang plastik ke laut; pembatasan sampah lain berdasarkan jarak pantai; Garbage Record Book
Annex VI	Pencegahan polusi udara dari kapal	Batas SOx: 0,5% global (2020); batas 0,1% di ECA; batas NOx Tier I/II/III; ODS (Ozone Depleting Substances)

Kasus Nyata: Akibat Pelanggaran MARPOL

Pelanggaran MARPOL — terutama pembuangan bilge water berminyak secara ilegal — telah mengakibatkan hukuman yang sangat berat: • 2016: MSC Flaminia — denda USD 1,5 juta atas pemalsuan ORB; chief engineer dihukum penjara • 2017: Kapal curah Korea — denda USD 4 juta; kapten dan chief engineer dideportasi dan dilarang masuk Amerika Serikat • 2019: Carnival Corporation — denda USD 20 juta atas pelanggaran pembuangan limbah sistematis dan pemalsuan dokumen Pesan kunci: Tidak ada sistem 'magic pipe' yang tidak terdeteksi. PSC, FBI Maritime Crime Unit, dan whistleblower (awak kapal sendiri) secara aktif menyelidiki pelanggaran MARPOL.

4.3 Ballast Water Management (BWM)

Ballast Water Management Convention (BWM Convention) IMO mulai berlaku penuh tahun 2017 dan mengharuskan kapal melakukan pengelolaan air ballast untuk mencegah penyebaran spesies invasif antar ekosistem laut.

Standar BWM	Persyaratan	Cara Implementasi
Standard D-1 (Ballast Water Exchange)	Kapal harus menukar air ballast di laut terbuka (> 200 NM dari pantai, > 200 m kedalaman)	Melakukan ballast water exchange (mengisi dan membuang) di laut terbuka; spesies yang sudah ada di

Standar BWM	Persyaratan	Cara Implementasi
	sebelum memasuki pelabuhan baru	laut terbuka tidak hidup di perairan dangkal pelabuhan
Standard D-2 (Ballast Water Treatment)	Kapal harus memasang Ballast Water Treatment System (BWTS) yang membunuh organisme dalam air ballast sebelum dibuang	Sistem UV disinfection, electrochlorination, atau kombinasi untuk membunuh bakteri, zooplankton, dan larva dalam air ballast

4.4 Polusi Plastik dan Sampah Laut

Lebih dari 8 juta ton plastik masuk ke lautan setiap tahun. Meskipun mayoritas berasal dari darat, kapal berkontribusi baik melalui pembuangan ilegal maupun kehilangan tidak sengaja (jaring ikan yang hilang, kontainer yang jatuh, dsb.).

- MARPOL Annex V melarang total pembuangan plastik ke laut — dalam kondisi apapun, di manapun.
- Microplastic: plastik yang terurai menjadi partikel sangat kecil (< 5mm) — masuk rantai makanan, ditemukan dalam tubuh ikan, mamalia laut, bahkan manusia.
- Ghost gear: perangkap dan jaring ikan yang hilang atau dibuang di laut terus menjerat dan membunuh hewan laut selama puluhan tahun.
- Container loss: setiap tahun sekitar 1.000-3.000 kontainer jatuh ke laut dalam badai — mengandung barang-barang yang dapat mencemari lautan.

SOAL LATIHAN BAB IV

A. Pilihan Ganda

22. Annex MARPOL yang melarang total pembuangan plastik ke laut adalah... a. Annex I b. Annex II c. Annex IV d. Annex V
23. BWM Convention D-2 Standard mewajibkan kapal untuk... a. Menukar air ballast di laut terbuka b. Memasang Ballast Water Treatment System c. Tidak menggunakan air ballast sama sekali d. Melaporkan volume air ballast setiap minggu

B. Soal Uraian

24. Jelaskan 6 jenis polusi yang dapat dihasilkan oleh kapal niaga beserta dampak lingkungannya!
25. Jelaskan 6 Annex MARPOL dan ketentuan kunci masing-masing yang berkaitan dengan tugas perwira mesin!
26. Mengapa penyebaran spesies invasif melalui air ballast berbahaya bagi ekosistem laut? Jelaskan cara kerjanya dengan contoh!

27. Jelaskan dampak polusi plastik di laut dan apa yang dapat dilakukan pelaut secara individual dan institusional untuk mengurangi kontribusi kapal terhadap masalah ini!

BAB V — KEAMANAN MARITIM: PEROMPAKAN DAN TERORISME

5.1 Perompakan Laut (Piracy): Definisi dan Sejarah

Perompakan laut (maritime piracy) adalah tindakan kekerasan, penahanan, atau perampasan yang dilakukan secara sukarela oleh awak atau penumpang kapal swasta terhadap kapal lain atau orang dan properti di atas kapal tersebut, di laut bebas atau di tempat yang di luar yurisdiksi negara manapun — sebagaimana didefinisikan oleh UNCLOS Pasal 101.

Istilah	Definisi	Yurisdiksi
Piracy (Perompakan)	Tindak kekerasan/perampasan di laut bebas (high seas)	Universal jurisdiction — siapapun dapat menangkap bajak laut di laut bebas
Armed Robbery Against Ships	Tindak kekerasan/perampasan di perairan territorial suatu negara	Yurisdiksi negara pantai setempat
Maritime Terrorism	Kekerasan bermotif politik/ideologi di laut	Yurisdiksi bergantung lokasi

Daerah Rawan Perompakan Utama

Daerah	Karakteristik Serangan	Kelompok Pelaku
Somalia / Teluk Aden	Penculikan kapal untuk tebusan; serangan dengan senjata berat; operasi terorganisir	Kelompok bersenjata terorganisir dari Somalia; puncak 2008-2012, berkurang setelah patroli multinasional
Teluk Guinea (Afrika Barat)	Serangan cepat untuk mencuri kargo (bahan bakar) dan menculik awak; sangat agresif dan berdarah	Kelompok bersenjata Nigeria dan sekitarnya; meningkat sejak 2015; kini daerah paling berbahaya
Selat Malaka / Asia Tenggara	Pencurian kecil hingga perompakan bersenjata; kapal ditahan sementara; muatan atau bahan bakar dicuri	Kelompok oportunistik; berkurang signifikan setelah patroli trilateral Indonesia-Malaysia-Singapura
Amerika Latin	Serangan di pelabuhan, pencurian saat kapal berlabuh	Kelompok kriminal biasa; relatif kurang terorganisir

5.2 Daerah Rawan Perompakan dan Pola Serangan

IMB (International Maritime Bureau) — sebuah divisi ICC (International Chamber of Commerce) — memantau dan melaporkan insiden perompakan global melalui Piracy Reporting Centre

(PRC) di Kuala Lumpur. Laporan tahunan IMB menjadi referensi utama industri pelayaran tentang ancaman perompakan.

Statistik Global (IMB 2024)	Data
Total insiden perompakan dan armed robbery dilaporkan	120-180 insiden per tahun (2023-2024)
Awak yang diserang atau dijadikan sandera	Ratusan per tahun; puluhan korban jiwa di tahun-tahun terburuk
Daerah paling aktif (2023-2024)	Teluk Guinea dan Selat Malaka/Asia Tenggara
Kapal yang dibajak sepenuhnya	Menurun signifikan setelah patroli multinasional; beberapa kasus pertahun
Tren terbaru	Peningkatan penggunaan senjata api; serangan semakin agresif di Teluk Guinea

5.3 Pencegahan dan Respons terhadap Perompakan

Best Management Practices (BMP) — Langkah Pencegahan

28. **PLANNING:** Rencanakan rute yang menghindari daerah rawan; daftarkan kapal ke Maritime Security Centre (MSC-HOA untuk Somalia, MTISC-GOG untuk Teluk Guinea).
29. **REPORTING:** Laporkan posisi kapal secara reguler ke security center regional; ikuti peringatan keamanan yang diterbitkan.
30. **HARDENING:** Pasang Physical Protection Measures (PPM): kawat berduri (razor wire) di sepanjang railing; water cannon/water hose barriers; citadel (ruang berlindung terakhir).
31. **WATCH KEEPING:** Tingkatkan kewaspadaan — tambah jam jaga dan titik pengawasan; gunakan night vision binocular; pantau radar secara cermat.
32. **CITADEL:** Jika kapal diserang, awak berlindung dalam ruang tertutup (citadel) yang mengandung komunikasi radio dan mampu bertahan hingga bantuan datang.

Tindakan	Jika Diserang (Kapal Belum Dinaiki Perompak)	Jika Kapal Sudah Dinaiki
Kecepatan	Kecepatan penuh; manuver zigzag untuk mengacaukan perompak	Patuhi perintah perompak — jangan coba melawan saat mereka bersenjata
Komunikasi	Aktifkan SSAS (Ship Security Alert System) diam-diam; kirim Mayday	Operasikan SSAS secara diam-diam dari citadel jika masih bisa
Awak	Semua awak masuk citadel dan kunci dari dalam	Kerjasama untuk keselamatan jiwa; jangan provokasi
Lampu dan suara	Aktifkan semua lampu; bunyikan alarm	Patuhi instruksi perompak

5.4 ISPS Code dan Keamanan Kapal

ISPS Code (International Ship and Port Facility Security Code) adalah regulasi IMO yang mewajibkan kapal dan fasilitas pelabuhan memiliki sistem keamanan yang terstruktur untuk mencegah serangan terorisme dan ancaman keamanan lainnya.

Level Keamanan ISPS	Kondisi	Tindakan
Level 1 (Normal)	Ancaman rendah — kondisi normal	Tindakan keamanan rutin: kontrol akses, patroli, monitoring
Level 2 (Heightened)	Ancaman meningkat — informasi intelijen tentang risiko	Tindakan keamanan tambahan: pemeriksaan lebih ketat, pengurangan akses personel non-esensial
Level 3 (Exceptional)	Insiden yang mungkin atau sedang terjadi	Tindakan keamanan maksimum: evakuasi jika diperlukan, koordinasi penuh dengan otoritas

SOAL LATIHAN BAB V

A. Pilihan Ganda

33. Berdasarkan UNCLOS, perompakan (piracy) terjadi di... a. Laut teritorial suatu negara b. ZEE c. Laut bebas (high seas) d. Semua perairan
34. Daerah perompakan laut yang paling aktif dan berbahaya saat ini (2023-2024) adalah... a. Somalia / Teluk Aden b. Selat Malaka c. Teluk Guinea (Afrika Barat) d. Laut China Selatan
35. SSAS (Ship Security Alert System) pada kapal berfungsi untuk... a. Membunyikan alarm kebakaran b. Mengirim sinyal darurat keamanan DIAM-DIAM tanpa sepengetahuan perompak c. Mengunci semua pintu kapal d. Memanggil helikopter penyelamat

B. Soal Uraian

36. Jelaskan perbedaan antara 'piracy' dan 'armed robbery against ships' berdasarkan definisi UNCLOS!
37. Jelaskan karakteristik serangan perompak di Teluk Guinea dibanding Somalia — mengapa Teluk Guinea saat ini dianggap lebih berbahaya?
38. Jelaskan langkah-langkah pencegahan perompakan (Best Management Practices) yang harus dilakukan kapal sebelum memasuki daerah rawan!

39. Jelaskan 3 level keamanan ISPS Code dan tindakan yang harus diambil pada setiap level!

BAB VI — PELANGGARAN HUKUM LAUT DAN KONTRAK KERJA

6.1 Jenis-Jenis Pelanggaran Hukum Laut

Jenis Pelanggaran	Contoh	Dasar Hukum	Konsekuensi
Polusi Laut	Pembuangan bilge water berminyak ilegal; pemalsuan Oil Record Book	MARPOL; UNCLOS	Denda besar (hingga jutaan USD); penjara bagi perwira; penahanan kapal
Penyelundupan	Penyelundupan narkoba, senjata, atau manusia menggunakan kapal	Hukum pidana masing-masing negara; UNCLOS	Penjara; penyitaan kapal; denda
Navigasi Berbahaya	Berlayar tanpa memperhatikan keselamatan, menyebabkan tabrakan atau kandas	SOLAS; COLREG; hukum pidana	Tuntutan pidana; pencabutan sertifikat; ganti rugi perdata
Pelanggaran Zona Maritim	Memancing ilegal di ZEE negara lain; memasuki perairan territorial tanpa izin	UNCLOS; hukum nasional negara pantai	Penahanan kapal; denda; deportasi awak
Pelanggaran Sertifikasi	Beroperasi dengan sertifikat kadaluarsa; pemalsuan dokumen	SOLAS; STCW; hukum nasional	Penahanan kapal (PSC); tuntutan pidana
Pengoperasian Kapal Substandard	Mengoperasikan kapal dalam kondisi yang membahayakan keselamatan	SOLAS; ISM Code	PSC detention; blacklisting; pembatalan asuransi

6.2 Pelanggaran Kontrak Kerja Pelaut

Pelanggaran kontrak kerja pelaut (violation of seafarer's employment agreement) adalah pelanggaran terhadap ketentuan yang tercantum dalam Seafarer Employment Agreement (SEA) atau standar minimum MLC 2006. Pelanggaran dapat dilakukan oleh perusahaan/pemilik kapal ATAU oleh pelaut sendiri.

Jenis Pelanggaran	Oleh Siapa	Contoh Kasus	Dampak
Tidak membayar gaji	Perusahaan	Awak kapal tidak digaji selama 2-6 bulan; uang tabungan habis; tidak bisa pulang	Kehidupan awak terlarut; konflik di atas kapal; ITF / KSOP dapat mengintervensi
Kondisi hidup di bawah standar MLC	Perusahaan	Makanan tidak layak; kabin tidak dipelihara; fasilitas sanitasi rusak	Pelaut dapat mengajukan keluhan

Jenis Pelanggaran	Oleh Siapa	Contoh Kasus	Dampak
			resmi; PSC dapat menahan kapal
Tidak menyediakan repatriasi	Perusahaan	Kontrak selesai tapi perusahaan tidak membayar tiket pulang	Pelaut terlantar di pelabuhan asing; KSOP/ITF mengintervensi
Perundungan/Pelecehan	Perwira senior	Bullying atau pelecehan terhadap awak junior atau dengan perbedaan ras/agama	Tuntutan hukum; pencabutan sertifikat; pemecatan
Desersi (AWOL)	Pelaut	Pelaut meninggalkan kapal tanpa izin di pelabuhan asing	Pemutusan kontrak; denda; catatan buruk di buku pelaut; kesulitan mendapat pekerjaan
Kelalaian tugas jaga	Pelaut	Tertidur atau lalai saat dinas jaga sehingga hampir terjadi tabrakan	Pemecatan; tuntutan pidana; pencabutan sertifikat jika menyebabkan kecelakaan
Penggunaan alkohol/narkoba saat bertugas	Pelaut	Perwira mesin mabuk saat dinas jaga	Pemecatan segera; tuntutan pidana; pencabutan sertifikat

6.3 Port State Control dan Penahanan Kapal

Port State Control (PSC) adalah inspeksi kapal asing oleh otoritas negara yang dikunjungi untuk memverifikasi bahwa kapal dan awak memenuhi persyaratan konvensi internasional. PSC memiliki kewenangan untuk MENAHAN (detain) kapal yang ditemukan tidak memenuhi standar.

Organisasi PSC Regional	Cakupan Wilayah	Catatan
Paris MOU	Europa, Atlantik Utara	Salah satu MOU PSC paling ketat; blacklist kapal aktif
Tokyo MOU	Asia-Pasifik (termasuk Indonesia)	Kapal Indonesia sering diperiksa; BKI kapal Indonesia diawasi ketat
US Coast Guard (USCG)	Amerika Serikat	Sangat ketat; hukuman berat untuk pelanggaran MARPOL
Indian Ocean MOU	Samudra Hindia	Relevan untuk kapal yang melalui jalur India-Asia

Akibat PSC Detention (Penahanan)

- Kapal tidak boleh berlayar hingga semua defisiensi diperbaiki dan diverifikasi oleh surveyor.

- Biaya penundaan (port charges, penalty dari charterer) yang sangat besar.
- Kerusakan reputasi perusahaan — kapal dengan riwayat detention diinspeksi lebih sering.
- Perwira yang bertanggung jawab dapat dikenai tuntutan hukum.

6.4 Perlindungan Hukum Pelaut

Pelaut yang mengalami pelanggaran hak dapat mencari perlindungan melalui berbagai jalur:

Lembaga	Cara Mengajukan Keluhan
ITF Inspector	ITF memiliki inspector di pelabuhan-pelabuhan besar dunia; pelaut dapat menghubungi secara langsung; ITF dapat membekukan kapal
KSOP/Syahbandar	Untuk kapal berbendera Indonesia; laporan ke Syahbandar di pelabuhan terdekat
Onboard Complaint Procedure	Setiap kapal MLC wajib memiliki prosedur keluhan internal; hak pelaut untuk mengajukan tanpa takut dibalas
MLC Grievance Channel	Keluhan dapat diajukan kepada DPA perusahaan secara tertulis
Pengadilan Negara Setempat	Jika pelanggaran terjadi di yurisdiksi suatu negara; pelaut dapat menggugat secara perdata

SOAL LATIHAN BAB VI

A. Pilihan Ganda

40. Port State Control (PSC) berwenang untuk... a. Memecat perwira kapal b. Mencabut sertifikat ATT c. Menahan kapal (detain) yang tidak memenuhi standar d. Mewajibkan penggantian bendera kapal
41. Pelaut yang meninggalkan kapal tanpa izin di pelabuhan asing disebut... a. Repatriasi b. Sign-off resmi c. Desersi (AWOL) d. Cuti khusus

B. Soal Uraian

42. Jelaskan 5 jenis pelanggaran hukum laut beserta konsekuensi hukumnya!
43. Jelaskan 5 jenis pelanggaran kontrak kerja yang dilakukan oleh PERUSAHAAN terhadap pelaut — dan jalur perlindungan apa yang tersedia bagi pelaut?
44. Jelaskan apa itu Port State Control, mengapa PSC penting, dan apa akibat penahanan kapal (detention) bagi operasional kapal?
45. Jika Anda sebagai Masinis III menyaksikan KKM Anda memerintahkan pembuangan bilge water berminyak langsung ke laut tanpa melalui OWS (pelanggaran MARPOL), apa yang seharusnya Anda lakukan? Jelaskan jalur pelaporan yang tersedia!

BAB VII — ISU SOSIAL KEMANUSIAAN PELAUT

7.1 Penelantaran Awak Kapal (Crew Abandonment)

Penelantaran awak kapal (crew abandonment) terjadi ketika pemilik kapal atau operator meninggalkan awak kapal di pelabuhan asing tanpa membayar gaji, menyediakan kebutuhan dasar (makanan, air bersih, akses komunikasi), atau mengatur kepulangan mereka ke negara asal. Ini adalah salah satu bentuk pelanggaran hak pelaut yang paling serius.

Skala Masalah Penelantaran Awak Kapal

Database penelantaran awak kapal yang dikelola IMO dan ILO mencatat ratusan kasus setiap tahun. Contoh kasus nyata:

- 2020-2022 (Pandemi COVID-19): Ribuan pelaut terjebak di atas kapal selama lebih dari 12-18 bulan karena kebijakan lockdown yang menghalangi pergantian awak. Banyak yang tidak dapat menghadiri pemakaman orang tua atau kelahiran anak. PBB menyebut ini 'Humanitarian Crisis at Sea'.
- Kapal tanpa pemilik jelas: Setelah perusahaan bangkrut, kapal diankoring di pelabuhan dengan awak di atas yang tidak digaji dan tidak bisa pulang selama berbulan-bulan. Kasus-kasus ini menunjukkan kerentanan pelaut yang bekerja jauh dari perlindungan hukum negaranya.

Tanda-Tanda Penelantaran	Hak Pelaut	Cara Merespons
Tidak digaji > 2 bulan	MLC 2006 mewajibkan gaji tepat waktu	Laporkan ke ITF, KSOP, atau DPA perusahaan
Tidak ada bahan makanan/air di kapal	Kapal wajib menyediakan makanan bergizi	Hubungi agen pelabuhan; laporkan ke Syahbandar
Tidak bisa berkomunikasi dengan keluarga	MLC mewajibkan akses komunikasi	Minta bantuan otoritas pelabuhan setempat
Tidak ada tiket pulang saat kontrak berakhir	Repatriasi atas biaya perusahaan — hak wajib MLC	ITF dapat membekukan kapal dan memaksa repatriasi

7.2 Penyelundupan dan Perdagangan Manusia

Kapal niaga, terutama yang beroperasi di jalur-jalur tertentu, berisiko menjadi sarana — secara sengaja atau tidak sengaja — untuk penyelundupan manusia (human smuggling) atau perdagangan manusia (human trafficking).

- Penyelundupan manusia: membawa orang secara ilegal melintasi perbatasan dengan persetujuan mereka (immigrant smuggling) — kriminal di hampir semua yurisdiksi.
- Perdagangan manusia (trafficking): eksploitasi orang untuk kerja paksa, termasuk awak kapal yang ditipu atau dipaksa bekerja tanpa gaji dalam kondisi seperti perbudakan (seafarer trafficking).
- Stowaways: penumpang gelap yang naik kapal secara ilegal untuk mencapai negara lain — kapten kapal bertanggung jawab untuk menanganinya sesuai regulasi (IMO FAL Convention).

Risiko Pelaut: Menjadi Korban Atau Tersangka

Pelaut berisiko dari dua arah: 1. MENJADI KORBAN: Manning agent yang tidak bertanggung jawab menawarkan kontrak palsu; kondisi kerja ternyata jauh berbeda dari yang dijanjikan; gaji tidak dibayar. 2. MENJADI TERSANGKA TANPA SADAR: Kapal yang digunakan untuk penyelundupan — awak yang tidak tahu bisa tetap dituntut jika tidak melaporkan kecurigaan. Solusi: Selalu verifikasi manning agent melalui INAMPA; baca kontrak dengan cermat sebelum menandatangani; laporkan kecurigaan penyelundupan kepada kapten dan otoritas berwenang.

7.3 Kesehatan Mental Pelaut

Kesehatan mental pelaut adalah isu yang semakin diakui sebagai krisis tersembunyi industri pelayaran. Studi menunjukkan bahwa pelaut memiliki tingkat depresi, kecemasan, dan risiko bunuh diri yang signifikan lebih tinggi dari populasi umum.

Faktor Risiko Kesehatan Mental Pelaut	Dampak
Isolasi dari keluarga dan komunitas sosial (4-9 bulan)	Depresi, kecemasan, kesepian; hubungan keluarga terganggu
Ruang gerak sangat terbatas	Klaustrofobia; stres akibat tidak ada privacy
Tekanan kerja tinggi dan tanggung jawab besar	Burnout; anxiety; PTSD (terutama setelah kecelakaan atau serangan perompak)
Shift kerja tidak beraturan dan gangguan sirkadian	Gangguan tidur kronis yang memperburuk kondisi mental
Stigma terhadap gangguan mental	Pelaut enggan melaporkan masalah mental karena takut kehilangan sertifikat/pekerjaan
Akses terbatas ke layanan kesehatan mental	Tidak ada psikolog di kapal; telemedicine mental health masih jarang

Inisiatif Dukungan Kesehatan Mental Pelaut

Sejumlah inisiatif global membantu pelaut yang menghadapi masalah kesehatan mental:

- Sailors' Society: organisasi nirlaba yang menyediakan dukungan emosional, konseling, dan sumber daya spiritual untuk pelaut di seluruh dunia
- Seafarers' Mental Health Awareness (SMHA): program pelatihan untuk perwira senior mengenali tanda-tanda gangguan mental pada awak
- Crew Assist (various P&I clubs): layanan konseling 24 jam via telepon/online untuk pelaut yang mengalami kesulitan
- Staf MHFA (Mental Health First Aid): pelatihan first aid untuk kesehatan mental — program ini mulai diwajibkan beberapa perusahaan pelayaran progresif

7.4 Gender, Keberagaman, dan Inklusi di Kapal

Industri pelayaran secara historis didominasi oleh laki-laki (perempuan hanya sekitar 1-2% dari total pelaut dunia). Namun, tren global menuju keberagaman (diversity) dan inklusi (inclusion) semakin kuat mendorong industri ini untuk berubah.

Isu	Status saat ini (2026)	Tren
Perempuan di bidang teknik kapal	< 2% perwira mesin secara global; meningkat lambat	Meningkat — lebih banyak sekolah pelayaran menerima perempuan; beberapa perusahaan memiliki program khusus
Pelecehan dan diskriminasi	Masih dilaporkan secara signifikan; seringkali tidak dilaporkan karena takut pembalasan	Regulasi semakin ketat; kesadaran meningkat; zero-tolerance policy lebih umum
Kapal multinasional	Sudah normal — awak dari 10-15 negara berbeda	Manajemen budaya semakin penting sebagai kompetensi pemimpin kapal
LGBTQ+	Penerimaan bervariasi sangat tergantung budaya awak dan perusahaan	Beberapa perusahaan pelayaran besar memiliki kebijakan non-diskriminasi eksplisit

SOAL LATIHAN BAB VII

A. Pilihan Ganda

46. Penelantaran awak kapal (crew abandonment) terjadi ketika...
- Pelaut memilih tidak naik kapal
 - Pemilik kapal meninggalkan awak tanpa gaji, kebutuhan dasar, atau repatriasi
 - Awak kapal meninggalkan kapal sendiri
 - Kontrak kerja berakhir secara normal

47. Faktor risiko utama kesehatan mental pelaut yang paling signifikan dibanding pekerja darat adalah... a. Gaji yang terlalu tinggi b. Terlalu banyak waktu luang c. Isolasi jangka panjang dari keluarga dan komunitas sosial d. Pekerjaan yang terlalu mudah

B. Soal Uraian

48. Jelaskan apa itu penelantaran awak kapal, hak-hak pelaut yang dilanggar, dan jalur bantuan yang tersedia!
49. Jelaskan perbedaan antara penyelundupan manusia (smuggling) dan perdagangan manusia (trafficking) — dan bagaimana seorang pelaut dapat melindungi dirinya?
50. Jelaskan 5 faktor risiko kesehatan mental pelaut dan apa yang dapat dilakukan pemimpin kapal untuk mengurangi risiko tersebut?
51. Mengapa keberagaman (diversity) dan inklusi (inclusion) penting dalam industri pelayaran, dan bagaimana kapal multinasional mengelola perbedaan budaya yang ada?

BAB VIII — MASA DEPAN PELAYARAN DAN PERAN GENERASI BARU

8.1 Dekarbonisasi dan Target IMO 2050

IMO telah menetapkan strategi ambisius untuk dekarbonisasi pelayaran internasional, yang diperketat pada revisi 2023:

Target IMO (Revised GHG Strategy 2023)	Tahun	Pengurangan vs 2008
Carbon intensity reduction (CII/EECI compliance)	2023-2030	40% pengurangan intensitas karbon
Pengurangan emisi GHG total	2030	Minimum 20% (upaya 30%) pengurangan total GHG
Pengurangan emisi GHG total	2040	Minimum 70% (upaya 80%) pengurangan total GHG
Net-zero GHG emissions	2050	Mendekati atau mencapai net-zero emisi GHG

Apa Artinya Target Ini bagi Perwira Mesin?

Untuk mencapai net-zero pada 2050, industri pelayaran HARUS beralih sepenuhnya dari bahan bakar fosil ke bahan bakar zero-carbon. Ini berarti:

- Kapal baru yang dipesan sekarang untuk 25 tahun ke depan HARUS dapat beroperasi dengan bahan bakar alternatif
- Perwira mesin yang masuk industri sekarang akan bekerja di era transisi bahan bakar terbesar dalam sejarah pelayaran
- Pengetahuan tentang LNG, amonia, metanol, hidrogen, dan teknologi baterai menjadi kompetensi wajib, bukan sekadar opsional
- Kemampuan mengoperasikan dan merawat sistem propulsi yang sama sekali berbeda dari mesin diesel konvensional

Instrumen Regulasi Dekarbonisasi	Isi	Berlaku
EECI (Energy Efficiency Existing Ship Index)	Kapal existing harus memenuhi batas efisiensi energi; jika tidak, harus power limitation atau retrofit	2023
CII (Carbon Intensity Indicator)	Penilaian tahunan efisiensi operasional setiap kapal; rating A-E; kapal dengan rating buruk harus diperbaiki	2023

Instrumen Regulasi Dekarbonisasi	Isi	Berlaku
FuelEU Maritime (EU Regulation)	Kewajiban penggunaan bahan bakar hijau untuk kapal yang berlayar ke/dari pelabuhan Uni Eropa	2025-2030+
IMO Carbon Levy	Biaya per ton CO ₂ yang diemisikan — membuat bahan bakar fosil lebih mahal dan mendorong transisi ke bahan bakar hijau	Sedang dinegosiasikan; target 2027+

8.2 Keamanan Siber Maritim

Seiring meningkatnya digitalisasi kapal, ancaman siber (cyber threats) menjadi semakin nyata dan serius. Kapal modern dengan ribuan titik koneksi internet, sistem kontrol yang terhubung, dan ketergantungan pada navigasi digital menjadi target yang menarik bagi pelaku kejahatan siber.

Insiden Siber Maritim Nyata	Tahun	Dampak
Maersk — serangan malware NotPetya	2017	Seluruh sistem IT Maersk lumpuh; kerugian USD 300 juta; operasi pelabuhan terganggu global selama berminggu-minggu
CMA CGM — ransomware attack	2020	Sistem pemesanan dan operasional offline; kerugian signifikan
Kapal tangker Iran — sistem navigasi dimanipulasi	2020	GPS spoofing menyebabkan kapal tampak berlayar di jalur yang berbeda dari kenyataan
Port of Nagoya (Jepang)	2023	Ransomware melumpuhkan operasi terminal peti kemas terbesar Jepang selama 2 hari

Ancaman Siber yang Relevan bagi Perwira Mesin

- Malware pada sistem kontrol mesin: software berbahaya yang dapat memanipulasi parameter operasional mesin dari jarak jauh.
- Ransomware pada sistem PMS: mengenkripsi data PMS dan meminta tebusan — pekerjaan perawatan tidak bisa diakses.
- GPS Spoofing: memberikan sinyal GPS palsu yang menyebabkan kapal 'berpikir' berada di lokasi berbeda dari kenyataan.
- Phishing: email palsu yang menipu awak mengunduh malware atau memberikan kredensial sistem.
- Unauthorized access: pihak luar mengakses sistem kontrol mesin melalui celah keamanan di network kapal.

8.3 Pelaut Masa Depan: Kompetensi yang Dibutuhkan

Kompetensi	Pentingnya	Cara Mengembangkan
Digital Literacy	Perwira mesin harus memahami sistem IoT, data analytics, dan AI yang mengoperasikan kapal modern	Pelatihan digital; kursus online; hands-on dengan sistem simulator modern
Kemampuan Bahasa Inggris Tinggi	Bahasa komunikasi global maritim; semakin penting untuk kapal internasional	Kursus intensif; sertifikasi IELTS/TOEFL; immersion di lingkungan berbahasa Inggris
Pengetahuan Bahan Bakar Alternatif	Kapal LNG, amonia, metanol, hidrogen akan semakin umum — perwira harus siap mengoperasikannya	Pelatihan khusus; sertifikasi gas tanker; kursus AFR (Alternative Fuels) yang semakin tersedia
Kesadaran Lingkungan	Regulasi lingkungan semakin ketat; perwira yang tidak memahami MLC, MARPOL, dan CII akan menjadi beban	Studi konvensi IMO; awareness training; integrasi dalam kurikulum pendidikan
Keamanan Siber Dasar	Kapal modern menjadi target siber — perwira perlu memahami ancaman dan langkah perlindungan dasar	Pelatihan siber maritim; IMO Maritime Cyber Risk Management Guidelines
Critical Thinking dan Problem Solving	AI membantu tetapi tidak dapat menggantikan penilaian manusia dalam situasi kompleks	Latihan simulasi; analisis kasus; pengalaman nyata
Kepemimpinan dan Kerja Tim Multikultural	Tetap krusial bahkan di era otomasi — manusia tetap bertanggung jawab atas keputusan akhir	Pengembangan interpersonal; pengalaman di kapal multinasional

8.4 Peran Indonesia dalam Pelayaran Global Masa Depan

Indonesia memiliki potensi luar biasa untuk memainkan peran yang jauh lebih besar dalam industri pelayaran global, melampaui sekadar menjadi penyuplai tenaga kerja pelaut murah.

Potensi Indonesia	Target/Visi	Tantangan yang Harus Diatasi
Armada kapal nasional	Meningkatkan tonnase armada nasional untuk memanfaatkan asas cabotage sepenuhnya	Pembiayaan kapal baru; daya saing biaya operasional; kualitas galangan kapal domestik
Pelaut berkompetensi tinggi	Meningkatkan jumlah perwira bersertifikat ATT I dan II; dikenal sebagai pelaut berkualitas premium, bukan hanya murah	Peningkatan kualitas pendidikan maritim; jumlah simulator; standar ujian kompetensi

Potensi Indonesia	Target/Visi	Tantangan yang Harus Diatasi
Industri shipbuilding	Mengembangkan kemampuan galangan kapal Indonesia untuk membangun kapal yang lebih besar dan kompleks	Transfer teknologi; investasi; peningkatan kapasitas engineering
Transisi energi biru (Blue Energy)	Indonesia kaya SDA terbarukan untuk bahan bakar hijau (angin, surya, biomassa) — potensi produksi green ammonia/methanol untuk bahan bakar kapal	Infrastruktur produksi; regulasi; investasi awal yang besar
Pariwisata bahari	Kapal pesiar dan kapal pariwisata — potensi besar dengan kekayaan alam Indonesia	Standar pelayanan; regulasi; SDM pariwisata maritim

Pesan untuk Calon Perwira Mesin Generasi Baru

Anda memasuki profesi di momen yang paling kritis dan paling menarik dalam sejarah pelayaran modern. Di tangan generasi Anda terletak tanggung jawab besar:

- Memimpin transisi industri pelayaran menuju zero-emission tanpa mengorbankan keselamatan dan efisiensi
- Memanfaatkan teknologi digital untuk membuat kapal lebih aman, lebih bersih, dan lebih efisien
- Menjaga laut tetap bersih dari polusi untuk generasi yang akan datang
- Memastikan bahwa kemajuan teknologi membawa kebaikan bagi seluruh pelaut, bukan hanya pemilik kapal

Indonesia butuh perwira mesin yang tidak hanya kompeten secara teknis, tetapi juga berintegritas, peduli lingkungan, dan berwawasan global. Jadilah itu.

RANGKUMAN BAB VIII

Topik	Poin Kunci
Target IMO 2050	Net-zero GHG; 2030: -20%; 2040: -70%; kapal baru HARUS siap bahan bakar alternatif
EEXI & CII	Regulasi efisiensi yang berlaku mulai 2023; kapal rating buruk wajib perbaiki
Cyber Security	NotPetya 2017 (USD 300 juta); ancaman nyata; perwira mesin harus paham siber dasar
Kompetensi Masa Depan	Digital literacy, bahasa Inggris, bahan bakar alternatif, keamanan siber, kepemimpinan
Peran Indonesia	Lebih dari sekadar penyuplai pelaut; potensi armada, galangan, dan bahan bakar hijau

SOAL LATIHAN BAB VIII

A. Pilihan Ganda

52. Target IMO Revised GHG Strategy 2023 untuk emisi pelayaran internasional pada 2050 adalah... a. Pengurangan 50% dari 2008 b. Net-zero (mendekati atau mencapai nol emisi) c. Pengurangan 30% d. Stabilisasi pada level 2008
53. Serangan siber 'NotPetya' pada 2017 yang melumpuhkan operasional global perusahaan pelayaran terbesar dunia adalah serangan terhadap... a. Carnival Cruise b. MSC Mediterranean c. Maersk Line d. CMA CGM
54. CII (Carbon Intensity Indicator) dalam regulasi dekarbonisasi IMO adalah... a. Jenis bahan bakar baru b. Penilaian tahunan efisiensi operasional karbon kapal (rating A-E) c. Singkatan dari nama lembaga sertifikasi d. Sistem baterai untuk kapal

B. Soal Uraian

55. Jelaskan target dekarbonisasi IMO 2050 dan implikasinya bagi profesi perwira mesin generasi sekarang!
56. Jelaskan 5 jenis ancaman siber yang relevan bagi perwira mesin di kapal modern — apa yang dapat dilakukan untuk mencegahnya?
57. Jelaskan 5 kompetensi kunci yang akan membedakan perwira mesin kapal yang sukses di era 2025-2050 dari mereka yang tidak dapat beradaptasi!
58. Jelaskan potensi Indonesia dalam industri pelayaran global masa depan — di bidang apa saja Indonesia dapat memainkan peran yang lebih besar?

DAFTAR PUSTAKA

- DNV. (2024). Energy Transition Outlook 2024: Maritime Forecast to 2050. Hovik: DNV.
- IMO. (2023). Revised IMO Strategy on Reduction of GHG Emissions from Ships. MEPC 80. London: IMO.
- IMO. (2024). Guidelines on Maritime Cyber Risk Management (MSC-FAL.1/Circ.3/Rev.2). London: IMO.
- International Chamber of Commerce / IMB. (2024). Piracy and Armed Robbery Against Ships: Annual Report 2024. London: ICC-IMB.
- ILO & IMO. (2023). Seafarer Abandonment Cases: Annual Report 2023. Geneva/London: ILO & IMO.
- Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan RI. (2022). Capaian Pembelajaran Kurikulum Merdeka — SMK Teknik Kapal Niaga Fase E. Jakarta: Kemendikbud.
- MAN Energy Solutions. (2024). Engineering the Future Two-Stroke Green-Ammonia Engine. Copenhagen: MAN.
- Sailors' Society. (2023). Mental Health and Wellbeing at Sea: Annual Report. Southampton: Sailors' Society.
- UNCTAD. (2024). Review of Maritime Transport 2024. Geneva: UNCTAD.
- Wärtsilä. (2023). Energy Transition Handbook for the Maritime Industry. Helsinki: Wärtsilä.
- World Economic Forum. (2024). The Future of Jobs in Maritime: Navigating the Digital Transformation. Geneva: WEF.

GLOSARIUM

Istilah / Singkatan	Definisi
AI (Artificial Intelligence)	Kecerdasan Buatan — kemampuan mesin untuk belajar dari data dan membuat keputusan.
Anti-fouling	Cat khusus yang mencegah penumpukan organisme laut pada lambung kapal.
Armed Robbery Against Ships	Tindak kekerasan/perampasan terhadap kapal di perairan territorial suatu negara.
Autonomous Vessel	Kapal yang dapat beroperasi sebagian atau sepenuhnya tanpa awak manusia.
Ballast Water Treatment System (BWTS)	Sistem yang membunuh organisme dalam air ballast sebelum dibuang untuk mencegah spesies invasif.
Big Data	Kumpulan data sangat besar yang dianalisis secara komputasional untuk menemukan pola dan tren.
BWM Convention	Ballast Water Management Convention — konvensi IMO tentang pengelolaan air ballast kapal.
CII (Carbon Intensity Indicator)	Penilaian tahunan efisiensi karbon operasional kapal; rating A (terbaik) hingga E (terburuk).
Crew Abandonment	Penelantaran awak kapal — pemilik meninggalkan awak tanpa gaji, kebutuhan dasar, atau repatriasi.
Cyber Attack	Serangan digital yang mengganggu, merusak, atau mencuri data sistem komputer kapal.
Dekarbonisasi	Proses pengurangan dan eliminasi emisi karbon dari operasional kapal.
EEXI	Energy Efficiency Existing Ship Index — indeks efisiensi energi untuk kapal yang sudah beroperasi.
EGC (Exhaust Gas Scrubber)	Sistem pembersih gas buang untuk mengurangi emisi SO _x dari kapal berbahan bakar HFO.
EGR	Exhaust Gas Recirculation — teknik mengurangi emisi NO _x dengan mengalirkan kembali sebagian gas buang ke ruang bakar.
Fatigue (Kelelahan)	Kondisi yang mengurangi kemampuan fisik dan mental akibat kurang istirahat.
Flettner Rotor	Silinder vertikal berputar yang memanfaatkan angin untuk membantu propulsi kapal (wind-assisted).
GHG (Greenhouse Gas)	Gas rumah kaca — emisi CO ₂ , metana, N ₂ O yang berkontribusi pada perubahan iklim.
Ghost Gear	Perangkap atau jaring ikan yang hilang atau dibuang di laut yang terus menjerat hewan laut.
GPS Spoofing	Pengiriman sinyal GPS palsu untuk memanipulasi sistem navigasi kapal.

Istilah / Singkatan	Definisi
Human Trafficking	Perdagangan manusia — eksploitasi orang untuk kerja paksa atau tujuan ilegal lainnya.
IoT (Internet of Things)	Jaringan sensor dan perangkat yang terhubung dan bertukar data secara otomatis.
ISPS Code	International Ship and Port Facility Security Code — regulasi keamanan kapal dan pelabuhan.
LNG (Liquefied Natural Gas)	Gas alam yang dicairkan pada -162°C ; bahan bakar kapal yang mengurangi emisi SOx ~99%.
MARPOL	International Convention for the Prevention of Pollution from Ships.
Methane Slip	Emisi metana (CH_4) yang tidak terbakar sempurna dari mesin LNG — perlu diminimalkan.
Microplastic	Partikel plastik sangat kecil ($< 5\text{mm}$) hasil degradasi plastik besar di laut.
Piracy (Perompakan)	Tindak kekerasan/perampasan di laut bebas (high seas) oleh awak/penumpang kapal swasta.
Predictive Maintenance	Perawatan berbasis prediksi kondisi komponen yang akan gagal menggunakan data dan analitik.
Ransomware	Malware yang mengenkripsi data korban dan meminta tebusan untuk mendekripsinya.
SCR (Selective Catalytic Reduction)	Sistem yang menginjeksikan urea ke gas buang untuk mengurangi emisi NOx.
SSAS	Ship Security Alert System — sistem alarm keamanan kapal yang mengirim sinyal diam-diam.
Stowaways	Penumpang gelap yang naik kapal secara ilegal untuk bepergian ke negara lain.
Vibration Analysis	Pemantauan getaran komponen berputar untuk mendeteksi keausan atau ketidakseimbangan.
WHR (Waste Heat Recovery)	Pemanfaatan panas gas buang mesin untuk menghasilkan energi tambahan.