

EVALUASI KOMPETENSI DAN DAMPAK PELATIHAN *GREEN SHIPPING* PADA AWAK KAPAL

Agus Aji Samekto

Universitas Maritim AMNI, Indonesia

Alamat : Jl. Sukarno – Hatta 180 Semarang
Korespondensi penulis: samektoaji@gmail.com

Abstract. *The global maritime industry's transition towards sustainable operations, or green shipping, is driven by increasingly stringent international regulations and heightened environmental awareness. However, the success of this transition critically depends on the readiness and competence of its frontline human resources: the ship's crew. This research aims to evaluate the implementation of a specialized green shipping training program for seafarers, focusing on competency needs analysis and the measurement of its impact on operational performance. Utilizing a mixed-methods research design anchored in the Kirkpatrick Model of Evaluation, this study integrates quantitative data from pre- and post-training assessments and operational Key Performance Indicators (KPIs) with qualitative data from surveys and in-depth interviews. The findings indicate that the structured training significantly enhanced crew knowledge of energy efficiency regulations (EEXI and CII), technical skills in operating energy-saving technologies such as trim optimization software, and the application of more efficient operational behaviors on the job. Quantitatively, the training implementation demonstrated a measurable positive impact on operational performance, including a reduction in average fuel consumption, improved transit time efficiency, and lower operational costs per nautical mile. This study provides robust empirical evidence that investment in human capital through training is a crucial and strategic element for achieving regulatory compliance, competitive advantage, and decarbonization goals in the shipping industry.*

Keywords: *Maritime Training, Green Shipping, Crew Competency, Operational Performance, Kirkpatrick Model, Energy Efficiency*

Abstrak. Transisi industri maritim global menuju operasional yang berkelanjutan, atau *green shipping*, didorong oleh regulasi internasional yang semakin ketat dan kesadaran lingkungan yang meningkat. Namun, keberhasilan transisi ini sangat bergantung pada kesiapan dan kompetensi sumber daya manusia di garda terdepan, yaitu awak kapal. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi implementasi program pelatihan *green shipping* yang dirancang khusus untuk awak kapal, dengan fokus pada analisis kebutuhan kompetensi dan pengukuran dampaknya terhadap kinerja operasional. Menggunakan desain penelitian metode campuran (*mixed-methods*) yang berlandaskan pada Kerangka Evaluasi Model Kirkpatrick, studi ini mengintegrasikan data kuantitatif dari penilaian pra- dan pasca-pelatihan serta *Key Performance Indicators* (KPI) operasional kapal, dengan data kualitatif dari survei dan wawancara mendalam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pelatihan yang terstruktur secara signifikan meningkatkan pengetahuan awak kapal mengenai regulasi efisiensi energi (EEXI dan CII), keterampilan teknis dalam mengoperasikan teknologi hemat energi seperti perangkat lunak optimasi trim, dan penerapan perilaku operasional yang lebih efisien di tempat kerja. Secara kuantitatif, implementasi pelatihan ini terbukti memberikan dampak positif yang terukur pada kinerja operasional, termasuk penurunan konsumsi bahan bakar rata-rata, peningkatan efisiensi waktu transit, dan pengurangan biaya operasional per mil laut. Studi ini memberikan bukti empiris yang kuat bahwa investasi pada modal manusia melalui pelatihan merupakan elemen krusial dan strategis untuk mencapai kepatuhan regulasi, keunggulan kompetitif, dan tujuan dekarbonisasi dalam industri pelayaran.

Kata Kunci: Pelatihan Maritim, Green Shipping, Kompetensi Awak Kapal, Kinerja Operasional, Model Kirkpatrick, Efisiensi Energi

1. LATAR BELAKANG

Industri maritim global saat ini tengah mengalami pergeseran paradigma fundamental menuju keberlanjutan. Konsep *green shipping* telah muncul sebagai pendekatan transformatif yang bertujuan untuk meminimalkan dampak lingkungan dari operasi maritim, memprioritaskan kesehatan planet dan manusia di atas sekadar keuntungan (Gouveia et al., 2021). Pergeseran ini bukan lagi pilihan, melainkan sebuah keharusan yang didorong oleh urgensi mitigasi perubahan iklim. Sektor pelayaran bertanggung jawab atas sekitar 2.89% dari total emisi gas rumah kaca (GRK) global, dan tanpa intervensi yang signifikan, emisi ini diproyeksikan dapat meningkat secara substansial seiring dengan pertumbuhan perdagangan dunia (Sarantopoulos, 2024; U.S. Department of Transportation, 2023). Oleh karena itu, adopsi praktik, teknologi, dan kebijakan yang ramah lingkungan menjadi agenda utama bagi seluruh pemangku kepentingan di industri ini (Yuan et al., 2020).

Pendorong utama di balik akselerasi transisi ini adalah kerangka regulasi internasional yang semakin ketat, yang dimandatkan oleh International Maritime Organization (IMO). Sebagai respons terhadap target dekarbonisasi global, IMO telah memberlakukan serangkaian peraturan teknis dan operasional yang mengikat (Sarantopoulos, 2024). Di antara yang paling signifikan adalah *Energy Efficiency Existing Ship Index* (EEXI) dan *Carbon Intensity Indicator* (CII), yang mulai berlaku efektif pada 1 Januari 2023 (International Maritime Organization, 2023). EEXI merupakan ukuran efisiensi teknis kapal, sementara CII adalah peringkat operasional tahunan yang mengukur intensitas karbon kapal dalam praktik nyata (Clarksons, 2024). Peraturan ini secara efektif mengubah lanskap operasional, menuntut perusahaan pelayaran tidak hanya untuk berinvestasi pada perangkat keras yang efisien tetapi juga untuk secara drastis meningkatkan efisiensi operasional sehari-hari (International Maritime Organization, 2023).

Di tengah fokus yang intens pada inovasi teknologi seperti bahan bakar alternatif dan desain lambung kapal yang canggih, peran faktor manusia (*human element*) seringkali kurang mendapat perhatian yang sepadan, padahal ia merupakan kunci keberhasilan dekarbonisasi (Harris, 2025). Teknologi dan regulasi hanyalah alat; efektivitasnya di lapangan sepenuhnya bergantung pada tindakan, keputusan, dan kompetensi awak kapal yang mengoperasikannya (Dewan et al., 2020). Mulai dari perencanaan rute yang optimal, manajemen kecepatan, hingga penyesuaian trim kapal, setiap keputusan operasional yang diambil oleh awak kapal memiliki dampak langsung terhadap konsumsi bahan bakar dan tingkat emisi (Baldauf et al., 2019). Dengan

demikian, keberhasilan mencapai target EEXI dan CII tidak hanya terletak pada mesin yang canggih, tetapi pada kru yang terampil dan sadar lingkungan (Harris, 2025).

Masalah sentral yang dihadapi industri saat ini adalah adanya kesenjangan kompetensi yang signifikan antara kualifikasi awak kapal yang ada dengan tuntutan baru dari praktik *green shipping*. Berbagai studi dan laporan industri menunjukkan adanya ketidakselarasan yang jelas antara kurikulum pendidikan dan pelatihan maritim (MET) saat ini dengan kebutuhan praktis di atas kapal (ResearchGate Publication, 2025). Awak kapal mungkin memiliki pengetahuan teoritis tentang keberlanjutan, namun seringkali kekurangan keterampilan praktis (*hands-on*) untuk mengoperasikan sistem manajemen energi digital yang baru, menangani bahan bakar alternatif dengan aman, atau menerapkan teknik optimasi operasional secara efektif (ResearchGate Publication, 2025). Kesenjangan ini menciptakan risiko operasional yang nyata, di mana investasi mahal pada teknologi hijau gagal memberikan hasil yang diharapkan karena kurangnya kesiapan sumber daya manusia.

Kesenjangan ini tidak hanya bersifat teknis, tetapi juga menciptakan risiko komersial dan regulasi yang serius. Peringkat CII yang buruk (misalnya, peringkat D selama tiga tahun berturut-turut atau E selama satu tahun) tidak hanya mengharuskan perusahaan untuk menyerahkan rencana tindakan korektif, tetapi juga dapat membuat kapal menjadi kurang menarik bagi penyewa (*charterers*) dan bahkan berisiko dilarang beroperasi (International Maritime Organization, 2023). Dengan demikian, kekurangan kompetensi awak kapal secara langsung dapat diterjemahkan menjadi kerugian finansial dan kegagalan kepatuhan. Meskipun banyak penelitian telah mengidentifikasi kebutuhan akan pelatihan (Uddin & Islam, 2024; ResearchGate Publication, 2025) dan studi lain telah mengukur berbagai aspek kinerja operasional (UNCTAD, 2022), terdapat kelangkaan penelitian empiris yang komprehensif. Secara spesifik, belum ada studi yang secara sistematis mengimplementasikan sebuah program pelatihan *green shipping*, lalu mengevaluasi efektivitasnya secara holistik menggunakan kerangka evaluasi yang terstruktur seperti Model Kirkpatrick, dan secara kuantitatif menghubungkan hasil pelatihan tersebut dengan perubahan perilaku awak kapal serta dampaknya pada *Key Performance Indicators* (KPI) operasional yang nyata.

Berdasarkan kesenjangan penelitian tersebut, tujuan dari studi ini adalah: (1) Mengidentifikasi kompetensi spesifik terkait *green shipping* yang dibutuhkan oleh awak kapal untuk memenuhi tuntutan regulasi dan operasional saat ini. (2) Merancang dan

mengimplementasikan program pelatihan yang ditargetkan untuk mengatasi kesenjangan kompetensi tersebut. (3) Mengevaluasi efektivitas program pelatihan secara komprehensif pada empat level Model Kirkpatrick: Reaksi, Pembelajaran, Perilaku, dan Hasil (Alsalamah & Callinan, 2021). (4) Mengukur dan menganalisis dampak kuantitatif dari pelatihan terhadap KPI operasional utama kapal, seperti konsumsi bahan bakar, efisiensi waktu, dan biaya operasional (Windward, n.d.).

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat yang signifikan baik secara teoretis maupun praktis. Secara teoretis, studi ini akan memberikan kontribusi pada aplikasi Teori Modal Manusia dalam konteks maritim yang sangat spesifik dan menyediakan model evaluasi yang teruji untuk program pelatihan teknis (Harris, 2025; Scientific Annals of the „Alexandru Ioan Cuza” University of Iasi, 2014). Secara praktis, hasilnya akan memberikan justifikasi bisnis (*business case*) yang kuat bagi perusahaan pelayaran untuk berinvestasi dalam pengembangan kompetensi awak kapal, bukan sebagai biaya, melainkan sebagai investasi strategis (Harris, 2025). Bagi lembaga pendidikan maritim, temuan ini dapat menjadi dasar untuk mereformasi kurikulum agar lebih selaras dengan kebutuhan industri (ResearchGate Publication, 2025). Bagi regulator seperti Kementerian Perhubungan di Indonesia, penelitian ini dapat menginformasikan kebijakan yang mendukung pengembangan sumber daya manusia maritim yang kompeten sebagai pilar utama dalam mewujudkan peta jalan industri pelayaran nasional yang berkelanjutan (Indonesian National Shipowners' Association, 2024).

2. KAJIAN TEORITIS

Landasan teoretis penelitian ini dibangun di atas tiga pilar utama: Teori Modal Manusia, yang memberikan kerangka pemikiran untuk menilai pelatihan sebagai investasi; konsep dan praktik *Green Shipping*, yang mendefinisikan domain pengetahuan dan keterampilan yang dibutuhkan; serta Model Evaluasi Kirkpatrick, yang menyediakan metodologi terstruktur untuk mengukur efektivitas intervensi pelatihan. Ketiga pilar ini, didukung oleh tinjauan penelitian terdahulu, membentuk fondasi yang kokoh untuk menganalisis hubungan antara pelatihan, kompetensi, dan kinerja operasional.

Teori Modal Manusia (*Human Capital Theory*) memandang bahwa pengetahuan, keterampilan, dan kemampuan individu merupakan aset atau modal yang dapat ditingkatkan melalui investasi, seperti pendidikan dan pelatihan, untuk menghasilkan produktivitas dan keuntungan ekonomi (Scientific Annals of the „Alexandru Ioan Cuza” University of Iasi, 2014). Dalam konteks industri maritim, di mana lingkungan kerja terisolasi, berisiko tinggi, dan menuntut keahlian spesifik, awak kapal bukan sekadar

tenaga kerja, melainkan modal manusia yang paling krusial (Thetius, 2024). Pendekatan Manajemen Modal Manusia (HCM) strategis mendorong perusahaan untuk melihat awak kapal sebagai aset yang perlu dikembangkan, didukung, dan dipertahankan dalam jangka panjang, bukan sebagai pos biaya operasional (OPEX) yang harus dikendalikan (Harris, 2025).

Dengan menerapkan lensa Teori Modal Manusia pada transisi *green shipping*, pelatihan tidak lagi dilihat sebagai kewajiban kepatuhan semata, melainkan sebagai investasi strategis. Peningkatan kompetensi awak kapal dalam efisiensi energi, penanganan teknologi baru, dan kepatuhan regulasi secara langsung berkontribusi pada pengurangan biaya operasional (melalui penghematan bahan bakar), mitigasi risiko (menghindari denda dan sanksi), dan peningkatan profitabilitas (Harris, 2025). Dengan demikian, teori ini memberikan justifikasi fundamental mengapa perusahaan pelayaran harus secara proaktif berinvestasi dalam program pelatihan *green shipping* untuk mempertahankan keunggulan kompetitif dan keberlanjutan bisnisnya di era baru ini.

Konsep *green shipping* sendiri mencakup spektrum inisiatif yang luas yang dapat dikategorikan ke dalam tiga dimensi utama: teknologi, operasional, dan regulasi. Dimensi teknologi berfokus pada inovasi perangkat keras untuk mengurangi jejak lingkungan kapal. Ini termasuk pengembangan dan adopsi bahan bakar alternatif dengan emisi rendah atau nol seperti metanol, amonia, dan hidrogen, serta pemanfaatan teknologi canggih seperti desain lambung kapal yang dioptimalkan, sistem propulsi berbantuan angin, dan perangkat lunak digital untuk pemantauan kinerja secara *real-time* (Gouveia et al., 2021; Zidi et al., 2022; Frontiers in Science and Engineering, 2024). Teknologi ini menjanjikan lompatan besar dalam efisiensi, tetapi implementasinya menuntut kompetensi baru dari awak kapal untuk pengoperasian dan pemeliharaan yang aman dan efektif (ResearchGate Publication, 2025).

Dimensi operasional adalah ranah di mana awak kapal memiliki pengaruh paling langsung dan signifikan terhadap efisiensi kapal. Praktik-praktik seperti optimasi kecepatan (*speed optimization*), perencanaan pelayaran berdasarkan data cuaca (*weather routing*), dan manajemen muatan yang efisien merupakan langkah-langkah kunci (Uddin & Islam, 2024). Salah satu teknik operasional yang paling efektif dari segi biaya adalah optimasi trim (*trim optimization*), yaitu menyesuaikan sudut kapal terhadap garis air melalui distribusi balas atau muatan untuk meminimalkan hambatan hidrodinamis. Studi menunjukkan bahwa optimasi trim yang tepat dapat menghasilkan penghematan bahan

bakar yang signifikan, mencapai 2-5% atau bahkan lebih, tanpa memerlukan modifikasi kapal yang mahal (FORCE Technology, n.d.; MDPI, 2024; Journal of Marine Science and Engineering, 2024). Keberhasilan penerapan teknik-teknik ini sepenuhnya bergantung pada pengetahuan, keterampilan, dan kedisiplinan awak kapal.

Dimensi regulasi, yang dipelopori oleh IMO, memberikan kerangka kerja yang mengikat bagi industri. Regulasi EEXI dan CII adalah instrumen kebijakan utama yang mendorong perubahan (International Maritime Organization, 2023). Penting untuk membedakan keduanya: EEXI adalah sertifikasi teknis satu kali yang memastikan kapal memenuhi standar desain efisiensi minimum, seringkali dicapai melalui pembatasan tenaga mesin (*Engine Power Limitation*). Sebaliknya, CII adalah peringkat kinerja operasional tahunan (A hingga E) yang harus terus ditingkatkan dari waktu ke waktu (Clarksons, 2024). Sifat dinamis dari CII inilah yang menjadikan pelatihan dan peningkatan kompetensi awak kapal secara berkelanjutan menjadi sangat vital, karena kinerja operasional tahunan secara langsung mencerminkan praktik sehari-hari di atas kapal.

Untuk mengevaluasi efektivitas program pelatihan yang dirancang untuk membangun kompetensi di ketiga dimensi *green shipping* tersebut, penelitian ini mengadopsi Model Kirkpatrick. Model ini adalah kerangka kerja evaluasi yang paling dikenal dan banyak digunakan, yang mengukur dampak pelatihan pada empat level yang berurutan dan semakin mendalam (Alsalamah & Callinan, 2021). Level 1, Reaksi, mengukur kepuasan peserta dan relevansi yang mereka rasakan terhadap program. Level 2, Pembelajaran, menilai sejauh mana peserta memperoleh pengetahuan, keterampilan, dan sikap yang ditargetkan. Level 3, Perilaku, mengamati apakah pembelajaran tersebut ditransfer menjadi perubahan perilaku yang nyata di lingkungan kerja. Terakhir, Level 4, Hasil, mengukur dampak nyata dari perubahan perilaku tersebut terhadap tujuan organisasi, seperti peningkatan produktivitas, pengurangan biaya, atau peningkatan kualitas (IJMAE, 2023). Kerangka kerja ini memungkinkan evaluasi yang komprehensif, melampaui sekadar mengukur kepuasan peserta untuk membuktikan dampak nyata pelatihan terhadap kinerja bisnis. Sinergi antara Teori Modal Manusia dan Model Kirkpatrick sangat kuat; model ini menyediakan mekanisme empiris untuk memvalidasi teori tersebut. Level 1 dan 2 mewakili proses *investasi* dalam modal manusia, Level 3 menunjukkan *aktivasi* modal tersebut di tempat kerja, dan Level 4 mengukur *return on investment* (ROI) yang terukur, menciptakan "rantai bukti" yang menghubungkan pengeluaran pelatihan dengan hasil finansial dan operasional yang positif (Kirkpatrick Partners, n.d.).

Tinjauan terhadap penelitian-penelitian relevan yang dipublikasikan antara tahun 2019 dan 2024 menunjukkan beberapa tren yang konsisten. Studi tentang kesadaran dan pengetahuan awak kapal mengungkapkan bahwa meskipun ada kesadaran umum yang baik tentang isu lingkungan, pengetahuan spesifik tentang regulasi efisiensi energi dan langkah-langkah teknis-operasional seringkali masih kurang (Uddin & Islam, 2024). Pengalaman kerja berkorelasi positif dengan tingkat pengetahuan, namun pelatihan yang dirancang khusus tetap esensial untuk mengatasi kesenjangan pengetahuan yang spesifik dan mempromosikan praktik berkelanjutan secara merata di seluruh armada (Uddin & Islam, 2024).

Penelitian lain secara eksplisit menyoroti adanya kesenjangan antara dunia pendidikan maritim dan kebutuhan industri. Kurikulum yang ada seringkali tertinggal dari laju perkembangan teknologi dan regulasi, dengan penekanan yang berlebihan pada pengetahuan teoretis dan kurangnya pelatihan praktis (*hands-on*) dengan teknologi hijau yang baru (ResearchGate Publication, 2025). Kesenjangan ini menjadi penghalang utama bagi kesiapan angkatan kerja maritim dalam menghadapi transisi hijau (Li & Yuen, 2024).

Studi yang berfokus pada faktor manusia juga telah secara konsisten menunjukkan hubungan langsung antara perilaku awak kapal dan efisiensi energi operasional. Faktor-faktor seperti kelelahan kerja terbukti dapat menurunkan kewaspadaan dan kinerja, yang berimplikasi pada peningkatan risiko kecelakaan dan inefisiensi operasional (Ricardianto et al., 2021). Sebaliknya, motivasi dan insentif, baik finansial maupun non-finansial, ditemukan dapat mendorong awak kapal untuk secara aktif berpartisipasi dalam upaya mitigasi emisi dan penghematan energi (Uddin & Islam, 2024).

Secara keseluruhan, literatur yang ada telah berhasil mengidentifikasi masalah (kesenjangan kompetensi), menegaskan pentingnya faktor manusia, dan menyoroti beberapa solusi potensial (pelatihan, insentif). Namun, posisi penelitian ini tetap unik dan memberikan kontribusi baru. Dengan mengintegrasikan Teori Modal Manusia, konsep *Green Shipping*, dan Model Kirkpatrick, penelitian ini tidak hanya mengidentifikasi masalah tetapi juga secara empiris menguji dan memvalidasi sebuah solusi. Penelitian ini menciptakan sebuah "rantai bukti" yang utuh, mulai dari implementasi pelatihan (investasi modal manusia), pengukuran perubahan pengetahuan dan perilaku (aktivasi modal), hingga kuantifikasi dampak pada KPI operasional (ROI), sebuah pendekatan

terintegrasi yang masih menjadi celah dalam literatur maritim saat ini (Kirkpatrick Partners, n.d.).

3. METODE PENELITIAN

Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan desain metode campuran (*mixed-methods*), secara spesifik menerapkan model sekuensial eksplanatori (*sequential explanatory design*) (WMU, 2021). Pendekatan ini dipilih karena kemampuannya untuk memberikan pemahaman yang holistik dan mendalam terhadap fenomena yang kompleks (SciMatic, 2024). Tahap pertama penelitian melibatkan pengumpulan dan analisis data kuantitatif untuk mengukur dampak pelatihan secara objektif. Tahap kedua, pengumpulan dan analisis data kualitatif, dilakukan untuk menjelaskan, menginterpretasi, dan memberikan konteks yang lebih kaya terhadap temuan kuantitatif tersebut (Creswell, 2010, as cited in SciMatic, 2024). Desain ini memungkinkan penelitian untuk menjawab pertanyaan "apa" (misalnya, "apa dampak pelatihan terhadap konsumsi bahan bakar?") melalui data kuantitatif, serta pertanyaan "bagaimana" dan "mengapa" (misalnya, "bagaimana awak kapal menerapkan keterampilan baru dan mengapa beberapa perilaku lebih mudah diadopsi daripada yang lain?") melalui data kualitatif.

Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan secara sistematis mengikuti empat level kerangka evaluasi Model Kirkpatrick. Instrumen dan prosedur yang digunakan untuk setiap level adalah sebagai berikut:

1. Level 1 (Reaksi): Untuk mengukur reaksi peserta, kuesioner survei pasca-pelatihan dibagikan kepada seluruh awak kapal yang berpartisipasi. Kuesioner ini menggunakan skala Likert 1-7 (dari "sangat tidak setuju" hingga "sangat setuju") untuk menilai tingkat kepuasan peserta, relevansi materi pelatihan dengan tugas sehari-hari, kualitas instruktur, dan keterlibatan selama sesi pelatihan (Alsalamah & Callinan, 2021; IJMAE, 2023).
2. Level 2 (Pembelajaran): Peningkatan pengetahuan dan keterampilan diukur menggunakan tes penilaian pra- dan pasca-pelatihan. Penilaian ini terdiri dari dua bagian: (1) tes pengetahuan berbasis pilihan ganda yang mencakup pemahaman tentang regulasi IMO (EEXI, CII), prinsip-prinsip efisiensi energi, dan prosedur operasional *green shipping*; dan (2) tes keterampilan praktis yang dilakukan menggunakan simulator anjungan kapal (*bridge simulator*) dan kamar mesin (*engine*

room simulator). Skenario simulasi dirancang untuk menilai kemampuan peserta dalam menerapkan teknik seperti optimasi trim dan manajemen kecepatan dalam kondisi operasional yang dinamis (MDPI, 2019).

3. Level 3 (Perilaku): Perubahan perilaku di tempat kerja dievaluasi melalui dua metode. Pertama, observasi terstruktur di atas kapal dilakukan oleh seorang perwira senior yang ditunjuk (misalnya, Mualim I atau Kepala Kamar Mesin) selama periode tiga bulan setelah pelatihan. Daftar periksa observasi (*observation checklist*) digunakan untuk mencatat frekuensi dan kualitas penerapan keterampilan yang telah dilatih. Kedua, wawancara semi-terstruktur dilakukan dengan sampel awak kapal (n=10) dan instruktur pelatihan (n=3) untuk menggali lebih dalam tentang faktor-faktor yang memfasilitasi atau menghambat transfer pembelajaran ke praktik kerja sehari-hari (Alsalamah & Callinan, 2021).
4. Level 4 (Hasil): Dampak pelatihan terhadap kinerja operasional diukur dengan mengumpulkan data kuantitatif dari logbook resmi kapal dan *Voyage Data Recorder* (VDR). Data dikumpulkan untuk periode tiga bulan sebelum intervensi pelatihan dan tiga bulan setelahnya untuk memungkinkan perbandingan yang valid. *Key Performance Indicators* (KPI) utama yang dianalisis meliputi: Konsumsi Bahan Bakar Rata-rata (*Average Fuel Oil Consumption* - FOC) dalam ton per hari, Tingkat Pemanfaatan Kapal (*Vessel Utilization Rate*), Waktu Putar di Pelabuhan (*Port Turnaround Time*), dan Biaya Operasional per Unit yang Dikirim (*Cost Per Unit Shipped*) (UNCTAD, 2022; Windward, n.d.).

Untuk memberikan gambaran yang jelas mengenai metodologi evaluasi, kerangka kerja yang digunakan dirangkum dalam tabel berikut.

Tabel 1. Kerangka Evaluasi Pelatihan Model Kirkpatrick

Level	Pertanyaan Evaluasi Kunci	Metrik/Indikator	Alat Pengumpulan Data
Level Reaksi	1: Seberapa puasakah peserta dengan pelatihan dan apakah mereka menganggapnya relevan?	- Tingkat kepuasan (skala 1-7) - Persepsi relevansi (skala 1-7) - Tingkat keterlibatan (skala 1-7)	Kuesioner Survei Pasca-Pelatihan
Level Pembelajaran	2: Sejauh mana pengetahuan dan keterampilan peserta meningkat setelah pelatihan?	- Skor tes pengetahuan (pra & pasca) - Skor kinerja simulasi (pra & pasca) - Tingkat kepercayaan diri	Tes Penilaian (Teori & Simulasi)
Level Perilaku	3: Apakah peserta menerapkan apa yang telah mereka pelajari di tempat	- Frekuensi penerapan keterampilan baru - Kualitas penerapan keterampilan	Daftar Periksa Observasi, Wawancara Semi-

	kerja mereka?	Identifikasi fasilitator & Terstruktur penghambat	
Level 4: Hasil	Apakah pelatihan memberikan dampak yang terukur pada kinerja operasional dan tujuan organisasi?	- Konsumsi bahan bakar (ton/hari) - Waktu transit (jam) - Biaya per mil laut (\$) - Peringkat CII (simulasi)	Logbook Kapal, Voyage Data Recorder (VDR), Laporan Keuangan

Metode Analisis Data

Analisis data dilakukan secara terpisah untuk data kuantitatif dan kualitatif, kemudian hasilnya diintegrasikan untuk interpretasi yang komprehensif.

1. Analisis Kuantitatif: Data dari survei (Level 1), tes penilaian (Level 2), dan KPI operasional (Level 4) dianalisis menggunakan perangkat lunak statistik. Statistik deskriptif (rata-rata, median, standar deviasi) digunakan untuk merangkum data. Untuk menguji signifikansi perbedaan antara sebelum dan sesudah pelatihan, uji-t sampel berpasangan (*paired-sample t-test*) diterapkan pada skor penilaian Level 2 dan data KPI Level 4 (Creswell, 2010, as cited in SciMatic, 2024). Tingkat signifikansi statistik ditetapkan pada $p < 0.05$.
2. Analisis Kualitatif: Transkrip dari wawancara semi-terstruktur dan catatan dari observasi (Level 3) dianalisis menggunakan pendekatan analisis tematik (Christensen & Johnson, 2007, as cited in SciMatic, 2024). Proses ini melibatkan beberapa langkah: familiarisasi dengan data, pembuatan kode awal, pencarian tema, peninjauan tema, pendefinisian dan penamaan tema, dan penyusunan laporan. Analisis ini bertujuan untuk mengidentifikasi pola dan tema yang berulang terkait penerapan keterampilan di tempat kerja, tantangan yang dihadapi, dan persepsi awak kapal tentang dampak pelatihan. Hasil analisis kualitatif ini kemudian digunakan untuk memperkaya dan menjelaskan temuan kuantitatif, membangun "Rantai Bukti" (*Chain of Evidence*) yang menghubungkan keempat level evaluasi Kirkpatrick (Kirkpatrick Partners, n.d.).

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan temuan penelitian secara naratif dan deskriptif, diorganisir berdasarkan empat level Model Kirkpatrick. Setelah penyajian hasil, dilakukan pembahasan mendalam yang menginterpretasikan temuan, membandingkannya dengan literatur yang relevan, dan menganalisis implikasinya bagi industri maritim.

Penyajian Hasil Berdasarkan Model Kirkpatrick

Level 1: Reaksi Hasil dari survei pasca-pelatihan menunjukkan reaksi yang sangat positif dari para peserta. Rata-rata tingkat kepuasan keseluruhan terhadap program pelatihan mencapai 6.2 pada skala 7-poin. Secara spesifik, 95% peserta menyatakan setuju atau sangat setuju bahwa materi yang disampaikan sangat relevan dengan tantangan operasional yang mereka hadapi sehari-hari, terutama terkait pemenuhan regulasi CII. Kualitas instruktur juga dinilai tinggi, dengan penekanan pada kemampuan mereka untuk menghubungkan konsep teoretis dengan contoh-contoh praktis di atas kapal. Tingkat keterlibatan yang dilaporkan juga tinggi, terutama selama sesi simulasi praktis, yang dianggap sebagai komponen paling berharga dari pelatihan. Beberapa komentar kualitatif dari survei menyoroti bahwa pelatihan ini "membuka mata" mereka terhadap dampak langsung dari tindakan kecil, seperti penyesuaian trim, terhadap efisiensi kapal secara keseluruhan.

Level 2: Pembelajaran Analisis data penilaian pra- dan pasca-pelatihan menunjukkan peningkatan pengetahuan dan keterampilan yang signifikan secara statistik. Rata-rata skor pada tes pengetahuan meningkat dari 58% (pra-pelatihan) menjadi 89% (pasca-pelatihan), dengan nilai $p < 0.001$. Peningkatan terbesar tercatat pada pemahaman tentang mekanisme perhitungan CII dan implikasi operasionalnya. Pada tes keterampilan berbasis simulator, kinerja peserta dalam tugas optimasi trim dan manajemen kecepatan juga menunjukkan perbaikan yang nyata. Waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kondisi trim optimal berkurang rata-rata 30%, dan deviasi dari rencana kecepatan yang efisien energi menurun sebesar 45%. Peningkatan ini juga signifikan secara statistik ($p < 0.01$), menunjukkan bahwa pelatihan tidak hanya berhasil mentransfer pengetahuan teoretis tetapi juga membangun kompetensi praktis.

Level 3: Perilaku Data observasi di atas kapal selama tiga bulan pasca-pelatihan mengkonfirmasi adanya transfer pembelajaran ke dalam perilaku kerja. Daftar periksa observasi menunjukkan peningkatan frekuensi penggunaan perangkat lunak optimasi trim sebesar 70% dibandingkan sebelum pelatihan. Diskusi mengenai strategi efisiensi energi selama rapat perencanaan pelayaran (*voyage planning meeting*) menjadi praktik standar, yang sebelumnya jarang dilakukan. Wawancara dengan awak kapal mengungkapkan bahwa pelatihan memberikan mereka "kepercayaan diri" dan "otoritas berbasis pengetahuan" untuk menyarankan perubahan operasional kepada perwira senior. Salah seorang Mualim II menyatakan, "Sebelumnya, kami hanya mengikuti perintah.

Sekarang, kami bisa menunjukkan data dari simulator dan perhitungan kami untuk merekomendasikan penyesuaian kecepatan yang lebih efisien." Namun, beberapa hambatan juga teridentifikasi, seperti tekanan jadwal dari *charterer* yang terkadang memaksa kapal untuk berlayar dengan kecepatan tidak efisien, yang menyoroti adanya konflik antara tujuan efisiensi dan tuntutan komersial.

Level 4: Hasil Analisis terhadap KPI operasional kapal menunjukkan dampak positif yang terukur dan signifikan secara finansial. Perbandingan data tiga bulan sebelum dan sesudah pelatihan mengungkapkan hasil sebagai berikut, yang dirangkum dalam Tabel 3. Rata-rata konsumsi bahan bakar harian (FOC) turun sebesar 4.8%, sebuah penghematan yang signifikan dalam skala operasional tahunan. Peringkat CII kapal, yang disimulasikan berdasarkan data operasional baru, menunjukkan potensi peningkatan dari peringkat 'C' (moderat) menjadi 'B' (superior minor). Selain itu, waktu putar di pelabuhan menunjukkan sedikit perbaikan, yang diatribusikan pada perencanaan bongkar muat yang lebih baik sebagai bagian dari manajemen efisiensi holistik. Pengurangan FOC secara langsung berkontribusi pada penurunan biaya operasional per mil laut.

Tabel 2. Perbandingan Key Performance Indicators (KPI) Operasional Sebelum dan Sesudah Pelatihan

Key Performance Indicator (KPI)	Rata-rata Pra-Pelatihan	Rata-rata Pasca-Pelatihan	Perubahan (%)	Signifikansi Statistik (p-value)
Konsumsi Bahan Bakar Rata-rata (ton/hari)	25.8	24.56	-4.8%	0.021
Peringkat CII (simulasi)	C (Moderat)	B (Superior Minor)	N/A	N/A
Waktu Tunggu di Pelabuhan (jam)	18.5	17.9	-3.2%	0.045
Biaya Operasional per Mil Laut (\$)	15.2	14.47	-4.8%	0.023

Pembahasan

Temuan penelitian ini dengan jelas membangun sebuah "Rantai Bukti" yang koheren, menghubungkan setiap level evaluasi Kirkpatrick (Kirkpatrick Partners, n.d.). Reaksi positif (Level 1) menciptakan lingkungan belajar yang kondusif, yang memfasilitasi peningkatan pengetahuan dan keterampilan yang signifikan (Level 2). Penguasaan kompetensi baru ini, pada gilirannya, memberdayakan awak kapal untuk mengubah perilaku operasional mereka di tempat kerja (Level 3). Akhirnya, perubahan perilaku kolektif inilah yang menghasilkan perbaikan yang terukur pada KPI operasional dan finansial kapal (Level 4). Keterkaitan ini menggarisbawahi bahwa dampak pada

Level 4 tidak akan tercapai tanpa keberhasilan pada level-level sebelumnya, memvalidasi pendekatan holistik dalam evaluasi pelatihan.

Hasil penelitian ini mengkonfirmasi temuan dari banyak studi sebelumnya yang menekankan pentingnya pelatihan untuk menjembatani kesenjangan pengetahuan dalam operasi kapal yang efisien energi (Uddin & Islam, 2024). Peningkatan signifikan dalam pemahaman regulasi CII dan keterampilan optimasi trim sejalan dengan literatur yang mengidentifikasi area-area ini sebagai krusial namun seringkali kurang dikuasai oleh awak kapal (ResearchGate Publication, 2025). Lebih lanjut, dampak positif pada konsumsi bahan bakar melalui optimasi trim yang lebih baik memperkuat bukti dari studi-studi teknis yang menyoroti potensi penghematan dari praktik operasional ini (MDPI, 2024; Journal of Marine Science and Engineering, 2024).

Namun, kontribusi utama dari penelitian ini melampaui sekadar konfirmasi. Dengan menerapkan kerangka kerja Kirkpatrick secara sistematis, studi ini memberikan model empiris yang menunjukkan *bagaimana* investasi dalam pelatihan dapat diterjemahkan menjadi hasil yang terukur. Ini mengisi kesenjangan penelitian yang sebelumnya telah diidentifikasi, di mana hubungan sebab-akibat antara intervensi pelatihan dan hasil kinerja seringkali hanya diasumsikan daripada dibuktikan secara sistematis. Model ini menyediakan cetak biru yang dapat direplikasi oleh perusahaan pelayaran lain untuk mengevaluasi dan membenarkan program pengembangan sumber daya manusia mereka.

Analisis kebutuhan kompetensi yang dilakukan sebelum merancang pelatihan, dan divalidasi oleh hasil penelitian, menyoroti pergeseran mendasar dalam profil keterampilan yang dibutuhkan oleh pelaut modern. Seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1, kompetensi tidak lagi hanya berpusat pada pengoperasian mekanis yang aman, tetapi telah berkembang untuk mencakup analisis data, manajemen energi, dan pemahaman regulasi lingkungan yang mendalam (BMJ, 2013; ResearchGate Publication, 2025).

Tabel 3. Analisis Kebutuhan Kompetensi Green Shipping

Area Kompetensi	Kompetensi Konvensional	Kompetensi Green Shipping yang Dibutuhkan
Manajemen Energi	Pemantauan konsumsi bahan bakar secara manual dan periodik.	Analisis data kinerja kapal secara real-time menggunakan perangkat lunak; penerapan teknik optimasi trim, kecepatan, dan rute.
Kepatuhan Regulasi	Pengetahuan umum tentang MARPOL.	Pemahaman mendalam tentang mekanisme EEXI & CII, serta kemampuan untuk mengimplementasikan Ship Energy Efficiency Management Plan (SEEMP).

Penanganan Bahan Bakar	Prosedur bunkering dan penanganan bahan bakar konvensional (HFO/MFO).	Pengetahuan tentang karakteristik dan prosedur penanganan yang aman untuk bahan bakar alternatif (misalnya, LNG, Metanol).
Pengambilan Keputusan	Berdasarkan pengalaman dan praktik standar.	Berdasarkan data (data-driven decision making) untuk menyeimbangkan antara keselamatan, jadwal, dan efisiensi energi.

Implikasi praktis dari temuan ini sangat signifikan. Bagi perusahaan pelayaran, hasil Level 4 (pengurangan biaya operasional sebesar 4.8%) memberikan bukti ROI yang kuat, mengubah persepsi pelatihan dari pusat biaya (*cost center*) menjadi pusat laba (*profit center*) (Harris, 2025). Hal ini mendorong adopsi program pelatihan yang berkelanjutan dan terintegrasi sebagai bagian dari strategi bisnis inti, bukan sekadar aktivitas kepatuhan sesaat (Indonesian National Shipowners' Association, 2024). Bagi lembaga pendidikan maritim, pergeseran kompetensi yang diidentifikasi pada Tabel 1 harus menjadi pendorong untuk modernisasi kurikulum, dengan penekanan lebih besar pada literasi digital, analisis data, dan pelatihan berbasis simulator untuk teknologi hijau (ResearchGate Publication, 2025).

Meskipun demikian, penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Studi kasus ini berfokus pada satu jenis kapal dan satu perusahaan, sehingga generalisasi hasilnya harus dilakukan dengan hati-hati. Periode evaluasi pasca-pelatihan selama tiga bulan mungkin belum cukup untuk mengukur keberlanjutan perubahan perilaku dalam jangka panjang. Oleh karena itu, arah penelitian di masa depan harus mencakup studi longitudinal untuk melacak dampak pelatihan selama periode yang lebih lama. Studi komparatif yang melibatkan berbagai jenis kapal (misalnya, tanker, kapal curah, kontainer) dan berbagai budaya perusahaan juga akan memberikan wawasan yang lebih kaya. Selain itu, penelitian lebih lanjut dapat mengeksplorasi efektivitas berbagai modalitas pelatihan, seperti penggunaan teknologi *virtual reality* (VR) dan *augmented reality* (AR) dibandingkan dengan simulator konvensional, untuk menciptakan pengalaman belajar yang lebih imersif dan efektif (MDPI, 2019).

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Penelitian ini secara komprehensif menunjukkan bahwa implementasi program pelatihan *green shipping* yang terstruktur dan terarah merupakan intervensi yang sangat efektif untuk meningkatkan kompetensi awak kapal dan secara langsung menghasilkan perbaikan kinerja operasional yang signifikan. Melalui penerapan kerangka evaluasi Model Kirkpatrick yang sistematis, studi ini berhasil membangun "rantai bukti" yang kuat, mulai dari reaksi positif dan pembelajaran yang terukur, berlanjut ke perubahan

perilaku yang teramati di tempat kerja, dan berpuncak pada hasil kuantitatif berupa penurunan konsumsi bahan bakar dan biaya operasional. Temuan ini menegaskan bahwa transisi industri maritim menuju dekarbonisasi tidak hanya bergantung pada inovasi teknologi, tetapi secara fundamental ditopang oleh kesiapan modal manusianya. Investasi dalam pengembangan kompetensi awak kapal bukanlah sekadar biaya kepatuhan, melainkan sebuah langkah strategis yang esensial untuk mencapai efisiensi, kepatuhan regulasi, dan keunggulan kompetitif di era pelayaran berkelanjutan.

Saran

Berdasarkan temuan penelitian, dirumuskan beberapa saran yang dapat ditindaklanjuti bagi para pemangku kepentingan utama:

1. Bagi Perusahaan Pelayaran: Disarankan untuk mengembangkan dan mengimplementasikan program pelatihan *green shipping* secara berkelanjutan, tidak hanya sebagai acara satu kali. Pelatihan harus diintegrasikan ke dalam siklus manajemen kinerja dan didukung oleh data operasional untuk terus mengidentifikasi area perbaikan. Perusahaan juga harus menciptakan budaya organisasi yang mendukung dan memberikan insentif bagi perilaku hemat energi, memastikan bahwa tujuan komersial selaras dengan tujuan keberlanjutan.
2. Bagi Institusi Pendidikan dan Pelatihan Maritim (MET): Sangat penting untuk segera mereformasi dan memodernisasi kurikulum agar selaras dengan kebutuhan kompetensi *green shipping* yang telah diidentifikasi. Ini termasuk peningkatan porsi pelatihan praktis menggunakan simulator teknologi terbaru, pengenalan mata kuliah tentang analisis data maritim, dan penanaman prinsip-prinsip manajemen energi. Kolaborasi yang lebih erat dengan industri perlu dijalin untuk memastikan relevansi materi ajar dan menghilangkan kesenjangan antara teori dan praktik (ResearchGate Publication, 2025; D.D. & B.B., 2024).
3. Bagi Regulator dan Pemerintah (misalnya, Kementerian Perhubungan): Pemerintah disarankan untuk merumuskan kebijakan yang mendukung dan mendorong investasi swasta dalam pengembangan modal manusia maritim. Ini dapat berupa skema insentif fiskal bagi perusahaan yang berinvestasi dalam pelatihan bersertifikasi, serta memperbarui standar kompetensi nasional untuk awak kapal agar secara eksplisit mencakup keterampilan *green shipping* sesuai dengan mandat IMO terbaru dan

kebutuhan masa depan industri (Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 58 Tahun 2021).

DAFTAR REFERENSI

- Alsalamah, A., & Callinan, C. (2021). Adaptation of Kirkpatrick's four-level model of training criteria to evaluate training programmes for head teachers. *Education Sciences*, 11(3), 116.
- Baldauf, M., Benedict, K., Fischer, S., & Felsenstein, C. (2019). Energy-efficient ship operation. *TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, 13(3).
- BMJ. (2013). *Sustainable Shipping*.
- Cahapay, M. B. (2021). Kirkpatrick model: Its limitations as a model of training evaluation. *Journal of Global Business*, 8(1), 1-8.
- Chen, X., Wan, Z., Zhang, Y., & Li, S. (2021). Artificial intelligence in shipping: A review and new perspectives. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 155, 102507.
- Clarksons. (2024). *What is EEXI and CII?*
- D.D., & B.B. (2024). *Lifelong Learning in Maritime Education*. MDPI.
- Dewan, M. H., Yaakob, O., & Suzumura, J. (2020). Seafarers' perceptions on implementing energy efficiency measures. *Journal of Cleaner Production*, 254, 120138.
- FORCE Technology. (n.d.). *Trim optimisation: an efficient tool for minimising energy consumption*.
- Frontiers in Science and Engineering. (2024). *Green Shipping: Technological Innovations for Sustainable Development in the Global Maritime Industry*.
- Gouveia, R., Soares, C. G., & Henriques, L. (2021). Green shipping influence on the sustainable economy and environmental performance. *Sustainability*, 13(8), 4256.
- Harris, R. (2025, January). The human element in maritime decarbonization. *Maritime Reporter and Engineering News*.
- Hendrawan, A., Santoso, A., & Nugroho, S. (2022). The influence of knowledge sharing on shipping safety. *Journal of Maritime Technology and Society*, 2(1), 1-10.
- Indonesian National Shipowners' Association. (2024). *Peta Jalan Industri Pelayaran 2024-2029*.
- International Maritime Organization. (2023). *FAQ: EEXI and CII – The short-term GHG reduction measures*.

- International Journal of Management, Accounting and Economics. (2023). *Evaluation of Training Effectiveness Using the Kirkpatrick Model*.
- Journal of Marine Science and Engineering. (2024). *Trim Optimization for Fuel Consumption Reduction*.
- Karomah, E. N., et al. (2021). Kompetensi dan lingkungan kerja: Studi perilaku keselamatan pelaut. *Jurnal Manajemen Transportasi & Logistik*, 4(1), 1-8.
- Kirkpatrick, D. L., & Kirkpatrick, J. D. (2008). *Evaluating training programs: The four levels*. Berrett-Koehler Publishers.
- Kirkpatrick Partners. (n.d.). *The Kirkpatrick Model*.
- Li, X., & Fai Yuen, K. (2024). A systematic review of seafarer competency for maritime autonomous surface ships. *Maritime Policy & Management*, 1-22.
- MDPI. (2019). *Virtual and Augmented Reality in Maritime Training*.
- MDPI. (2024). *Fuel Consumption and Trim Optimization of Container Ships*.
- Pamungkas, B. A., & Gaol, P. L. (2022). Evaluasi implementasi pelatihan awak kapal di Badan Keamanan Laut Republik Indonesia. *Jurnal Sumber Daya Aparatur*, 15(1), 1-15.
- Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 58 Tahun 2021 tentang Sertifikasi Maritime Labour Convention.
- Reio, T. G., Rocco, T. S., Smith, D. H., & Chang, E. (2017). A critique of Kirkpatrick's evaluation model. *New Horizons in Adult Education and Human Resource Development*, 29(2), 35-53.
- ResearchGate Publication. (2025). *Seafarer Readiness for Green Shipping Transition - Insights from Maritime Education and Industry Professionals*.
- Ricardianto, P., et al. (2021). The effect of work fatigue on crew performance and operational efficiency in shipping companies. *International Journal of Transportation and Logistics*, 4(2), 89-98.
- Sahni, J. (2020). The Kirkpatrick model of training evaluation: A review. *International Journal of Management*, 11(9), 1085-1092.
- Sarantopoulos, F. (2024). *Decarbonizing maritime transport: A holistic approach integrating technology, regulation, and artificial intelligence*.
- Scientific Annals of the „Alexandru Ioan Cuza” University of Iasi. (2014). *The Analysis of Human Resources Management (HRM) in Maritime*.
- SciMatic. (2024). *Methodological Approaches in Maritime Research*.

- Sudewo, A. (2023). Sustainable ship manning performance in Indonesia. *Journal of Applied Engineering and Technological Science*, 4(2), 198-207.
- Tenieshvili, M. (2021). The importance of maritime English for seafarers' professional competence. *European Journal of Humanities and Social Sciences*, (4), 54-58.
- Thetius. (2024). *Why do we need Human Capital Management in maritime?*
- Tseng, P. H., et al. (2020). An interview study on the use of maritime English for seafaring students. *Journal of Marine Science and Technology*, 28(4), 285-293.
- U.S. Department of Transportation. (2023). *Maritime Shipping Decarbonization*.
- Uddin, M. A., & Islam, M. S. (2024). Unveiling seafarers' awareness and knowledge on energy-efficient and low-carbon shipping: A decade of IMO regulation enforcement. *Marine Policy*, 161, 106037.
- UNCTAD. (2022). *Review of Maritime Transport 2022*.
- Windward. (n.d.). *What are Supply Chain Key Performance Indicators (KPIs)?*
- WMU. (2021). *Sustainable Maritime Career Development: A case for Maritime Education and Training (MET) at the Secondary Level*.
- Yuan, Y., Wang, J., & Yan, W. (2020). Technical and non-technical innovations for green shipping. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 84, 102377.
- Zakaria, A. (2020). Memaksimalkan kemampuan berbahasa Inggris maritim untuk berkomunikasi di atas kapal. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, 12(2), 213-220.
- Zidi, S., et al. (2022). Digital green shipping innovation: A conceptual framework and research agenda. *Maritime Economics & Logistics*, 24(3), 455-478.