

Perkembangan Regulasi Digitalisasi Maritim dan Dampaknya Pada Praktik Pelayaran Modern

*Wismawati, Eliyanti Agus Mokodompit

Universitas Halu Oleo

*Korespondensi email: wismawatilyza@gmail.com

Received: 15/10/2025 Revised: 28/11/2025 Accepted: 29/11/2025 Available Online: 30/11/2025 Published: 30/11/2025

Abstract

The global shipping sector is undergoing a fundamental digital transformation, adopting technologies like Maritime Autonomous Surface Ships (MASS), big data, and electronic navigation, which promise substantial gains in operational efficiency and safety. Nevertheless, the rapid pace of technological innovation has outpaced the adaptivity of conventional maritime legal frameworks, historically focused on physical safety (SOLAS, STCW) and traditional price competition (e.g., shipping conferences). This research aims to analyze the regulatory developments explicitly addressing maritime digitalization and assess their impact on modern shipping practices. Employing a normative legal research method with content analysis of international instruments (IMO, UNCLOS) and regional policies (EU), the study identifies four critical findings. First, maritime safety has mandatorily expanded to include cyber risk management through IMO Resolution MSC.428(98). Second, competition challenges have shifted from price cartels to the threat of data monopolies controlled by digital platforms. Third, MASS regulation faces serious legal ambiguity concerning liability and jurisdiction under old conventions (COLREGs, STCW). Fourth, there is a major urgency to establish a global data governance framework to overcome legal fragmentation. The implications of these findings highlight the necessity for rapid global standard harmonization and the adoption of proactive, technology-neutral regulation to ensure the shipping sector remains secure, efficient, and competitive in the digital era.

Keywords: *Cyber Regulation; Maritime Autonomous Surface Ships (MASS); Antitrust; Data Governance.*

Abstrak

Sektor pelayaran global mengalami transformasi digital mendasar melalui adopsi teknologi seperti Kapal Otonom (MASS), big data, dan sistem navigasi elektronik, yang menawarkan potensi besar untuk efisiensi dan peningkatan keselamatan operasional. Namun, kecepatan inovasi teknologi ini telah melampaui kemampuan adaptasi kerangka hukum maritim konvensional yang secara historis berfokus pada isu fisik (SOLAS, STCW) dan regulasi persaingan harga tradisional (seperti konferensi pelayaran). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perkembangan regulasi yang secara eksplisit merespons digitalisasi maritim dan menilai dampaknya pada praktik pelayaran modern. Menggunakan metode kajian hukum normatif dengan analisis isi terhadap instrumen internasional (IMO, UNCLOS) dan kebijakan regional (UE), penelitian ini mengidentifikasi empat temuan kritis. Pertama, keselamatan maritim wajib diperluas untuk mencakup risiko siber melalui Resolusi IMO MSC.428(98). Kedua, tantangan persaingan telah bergeser dari kartel harga ke ancaman monopoli data oleh platform digital. Ketiga, regulasi MASS menghadapi ambiguitas hukum serius terkait pertanggungjawaban dan yurisdiksi di bawah konvensi lama (COLREGs, STCW). Keempat, terdapat urgensi besar



untuk menetapkan kerangka tata kelola data global guna mengatasi fragmentasi hukum. Implikasi temuan ini menegaskan perlunya harmonisasi standar global yang cepat dan adopsi regulasi yang proaktif, netral teknologi, untuk menjamin bahwa sektor pelayaran tetap aman, efisien, dan kompetitif di era digital.

Kata Kunci: Digitalisasi Maritim; Regulasi Siber; Kapal Otonom (MASS); Antimonopoli; Tata Kelola Data.

PENDAHULUAN

Peran sektor pelayaran global sebagai *enabler* utama perdagangan internasional tidak terbantahkan, mengingat lebih dari 80% volume komoditas Dunia diangkut melalui laut. Dalam kurun waktu satu dekade terakhir, industri ini telah menyaksikan transformasi fundamental yang didorong oleh inovasi teknologi digital. Integrasi sistem Sensor Berteknologi Maju, Implementasi Navigasi Berbasis Elektronik (*E-Navigation*), Kemampuan Pemantauan Operasional Jarak Jauh, dan Pengembangan Sistem Kapal Otonom (*autonomous operational capabilities*) kini menjadi fitur standar pada armada modern. Adopsi digitalisasi ini secara inheren menawarkan potensi besar untuk peningkatan efisiensi operasional, optimalisasi manajemen biaya, dan perbaikan signifikan dalam aspek keselamatan maritim dan lingkungan.

Namun demikian, kecepatan evolusi teknologi sering kali melampaui kemampuan kerangka hukum dan regulasi yang berlaku. Regulasi maritim konvensional, yang sebagian besar ditetapkan pada pertengahan hingga akhir abad ke-20, secara historis berfokus pada dimensi fisik dan struktural, seperti standar konstruksi kapal (SOLAS), mitigasi pencemaran laut (MARPOL), dan kualifikasi personel (STCW). Kerangka kerja ini belum sepenuhnya memadai untuk menanggapi ancaman baru yang bersifat non-fisik, seperti serangan siber yang berpotensi melumpuhkan sistem navigasi vital kapal, atau kompleksitas isu yurisdiksi dan pertanggungjawaban data yang dihasilkan oleh pengoperasian Kapal Permukaan Laut Otonom Maritim (MASS).

Kesenjangan regulasi ini sebenarnya bukanlah isu baru dalam sejarah ekonomi maritim. Industri pelayaran liner (pelayaran terjadwal), misalnya, telah lama menghadapi dilema antara stabilitas pasar dan persaingan bebas. Sebagaimana didokumentasikan dalam kajian ekonomi maritim, regulasi persaingan telah berkembang secara signifikan sejak abad ke-19, beralih dari toleransi terhadap konferensi pelayaran (kartel harga) menuju pasar yang menuntut transparansi dan keterbukaan. Evolusi ini menunjukkan bahwa otoritas global dan regional selalu mengambil peran aktif dalam membentuk struktur pasar pelayaran demi mencapai efisiensi yang optimal dan adil bagi perdagangan internasional.

Intervensi regulasi paling krusial dalam konteks persaingan terjadi ketika yurisdiksi utama seperti Amerika Serikat (AS) dan Uni Eropa (UE) mulai mengurangi atau menghapuskan kekebalan hukum khusus yang diberikan kepada konferensi pelayaran. Di UE, pendekatan antimonopoli menjadi sangat tegas dengan pencabutan *block exemption* pada tahun 2008, yang secara efektif menuntut pelayaran di pasar Eropa tunduk pada aturan persaingan murni sebuah langkah yang menandai akhir dari pengaturan tarif kolektif antar operator. Upaya bersejarah untuk mencegah monopoli harga dan praktik pembagian pasar ini menjadi preseden penting yang menunjukkan perlunya regulasi yang adaptif dan responsif terhadap dinamika industri.

Oleh karena itu, perjuangan regulasi di masa lalu untuk memastikan persaingan yang sehat kini terwujud kembali dalam lanskap digital. Apabila dahulu fokusnya adalah mencegah kolusi dalam penentuan tarif angkutan, kini ancaman utamanya adalah

konsentrasi dan monopoli data yang dikumpulkan oleh platform-platform digital. Pengendalian atas data operasional kapal, rute logistik, dan kinerja rantai pasok memberikan kekuatan yang luar biasa kepada beberapa pemain teknologi, yang berpotensi menghambat inovasi bagi pemain lain dan secara tidak langsung menciptakan hambatan masuk (*entry barrier*) yang setara dengan kartel harga di masa lampau.

Selain isu antimonopoli, kerangka kerja internasional juga dihadapkan pada urgensi untuk memperbarui pilar keselamatan dan operasional. Implementasi teknologi big data dan Kecerdasan Buatan (AI) menuntut pembaruan drastis pada regulasi Keamanan Siber Maritim agar sistem terintegrasi kapal terlindungi dari manipulasi atau serangan. Sementara itu, pengembangan Kapal Permukaan Laut Otonom (MASS) memaksa Organisasi Maritim Internasional (IMO) untuk merevisi prinsip-prinsip hukum yang mendasar, termasuk Aturan Internasional untuk Pencegahan Tabrakan di Laut (COLREGs) dan Konvensi tentang Standar Pelatihan, Sertifikasi, dan Pengawasan Awak Kapal (STCW), untuk mendefinisikan ulang konsep "manusia di kapal" dan "tanggung jawab navigasi".

Berdasarkan kesenjangan historis dan tantangan teknologis yang multidimensi ini, penelitian ini bertujuan untuk memetakan perkembangan regulasi yang secara eksplisit merespons digitalisasi maritim. Secara spesifik, penelitian ini akan menganalisis bagaimana badan regulator internasional dan regional beradaptasi dari fokus persaingan tradisional menuju penanganan risiko siber, tata kelola data, dan kerangka hukum MASS. Analisis ini akan mengkaji dampaknya terhadap praktik pelayaran modern, terutama dalam konteks harmonisasi standar global dan penegakan hukum untuk memastikan pasar tetap efisien, aman, dan kompetitif di era digital.

Digitalisasi maritim didefinisikan sebagai integrasi teknologi informasi dan komunikasi ke dalam semua aspek operasional pelayaran, termasuk manajemen pelabuhan (*smart ports*), logistik, dan operasi kapal. Pilar-pilarnya meliputi *Big Data Analytics* untuk optimasi rute, *Blockchain* untuk transparansi rantai pasok, dan pengembangan Kapal Permukaan Laut Otonom Maritim (MASS/*Maritime Autonomous Surface Ships*). Implementasi ini berpotensi mengubah peran manusia di laut dan mekanisme pengambilan keputusan operasional.

Fondasi Regulasi Maritim Konvensional (Perspektif Persaingan). Sebelum era digital, tantangan regulasi utama di sektor pelayaran adalah menyeimbangkan persaingan pasar dengan stabilitas industri, terutama dalam pelayaran liner (pelayaran terjadwal). Sebagaimana dijelaskan oleh Martin Stopford (2007) dalam *Maritime Economics*, regulasi industri pelayaran telah berevolusi dari sistem kartel tertutup menuju pasar global yang lebih terbuka.

Evolusi pengendalian kartel pelayaran. Secara historis, praktik persaingan dalam pelayaran liner didominasi oleh konferensi pelayaran (*shipping conferences*), yaitu kartel tempat para pemilik kapal bersepakat menetapkan tarif dan membagi rute, bertujuan untuk menstabilkan harga dan mencegah perang harga yang merusak. Perkembangan regulasi di dua yurisdiksi utama, Amerika Serikat (AS) dan Uni Eropa (UE), menunjukkan bagaimana otoritas mencoba mengendalikan, bukan sepenuhnya melarang, praktik kartel ini sebelum era digital.

Di Amerika Serikat, regulasi seperti Undang-Undang Pelayaran 1916 dan penerusnya, Undang-Undang Pelayaran 1984, menunjukkan adanya evolusi dari toleransi terkontrol menuju pasar yang lebih liberal. UU 1984, khususnya, memberikan perlindungan terbatas bagi konferensi tetapi juga mengamanatkan transparansi dan meningkatkan kebebasan bagi pemilik kapal individual untuk keluar dari kesepakatan

kolektif. Tujuannya adalah untuk mengurangi kontrol tarif kolektif, mendorong persaingan bebas yang lebih besar, dan pada akhirnya, meningkatkan efisiensi industri pelayaran untuk kepentingan para pengirim barang dan perdagangan internasional.

Uni Eropa (UE) menerapkan pendekatan yang jauh lebih ketat, sejalan dengan hukum antimonopoli umum (*Competition Law/Article 81 EC Treaty*). UE menilai bahwa pengecualian khusus (block exemption) yang selama beberapa dekade diberikan kepada konferensi pelayaran justru menghambat persaingan murni. Pengecualian ini secara definitif dicabut pada tahun 2008. Keputusan ini menandai pergeseran signifikan, menuntut bahwa pelayaran yang beroperasi di pasar Eropa harus tunduk pada aturan persaingan yang sama ketatnya dengan sektor lain, tanpa adanya pengaturan tarif bersama antar perusahaan.

Sementara itu, untuk pelayaran *tramp* (kapal sewa bebas/*charter*) yang beroperasi tanpa jadwal tetap dan mengikuti permintaan pasar, UE dan otoritas lain umumnya menilai bahwa pasar ini secara alami sudah kompetitif dan fleksibel. Oleh karena itu, *tramp shipping* tidak memerlukan intervensi regulasi yang ketat seperti pada *liner shipping*.

Relevansi Historis dengan Digitalisasi, warisan regulasi persaingan ini sangat penting. Perjuangan historis untuk menyeimbangkan stabilitas dan efisiensi melalui regulasi antimonopoli kini berulang dalam bentuk baru di era digital. Isu sentralnya telah bergeser dari mengontrol tarif fisik (kartel) ke mengatur data dan platform digital. Teknologi digital memfasilitasi konsentrasi pasar dan menciptakan potensi monopoli data yang dapat menggantikan monopoli harga tradisional, menuntut harmonisasi regulasi global yang sama agresifnya seperti upaya yang pernah dilakukan oleh AS dan UE terhadap *shipping conferences*.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan Metode Penelitian Hukum Normatif dengan pendekatan doktrinal dan regulasi, karena fokus utamanya adalah pada analisis terhadap kerangka hukum serta instrumen regulasi yang mengatur digitalisasi di sektor maritim. Metode ini memungkinkan peneliti menelaah koherensi, validitas, dan kecukupan aturan hukum yang berlaku, termasuk regulasi yang sedang dikembangkan. Data yang digunakan sepenuhnya merupakan data sekunder, terdiri dari bahan hukum primer seperti instrumen hukum internasional (SOLAS, MARPOL, STCW, UNCLOS 1982), regulasi persaingan usaha di Uni Eropa dan Amerika Serikat; bahan hukum sekunder berupa publikasi resmi organisasi internasional (IMO, UNCTAD), laporan lembaga maritim, buku teks dan artikel ilmiah; serta bahan hukum tersier seperti kamus dan ensiklopedia hukum.

Pengumpulan data dilakukan melalui studi pustaka dan analisis isi, dengan fokus membandingkan norma hukum konvensional dengan kebutuhan regulasi baru akibat perkembangan teknologi digital. Dalam proses analisis konten ini, penelitian mengkaji dua ranah regulasi yang saling berkaitan. Pertama, regulasi konvensional di bidang antimonopoli yang memberikan pelajaran historis mengenai bagaimana regulator menanggapi praktik kolusi seperti konferensi pelayaran, serta implikasi pencabutan block exemption oleh Uni Eropa pada 2008. Analisis ini digunakan untuk menarik paralel antara pengawasan monopoli harga pada masa lalu dan kebutuhan mengatur potensi monopoli data pada era platform digital.

Kedua, penelitian menelaah regulasi progresif berupa penguatan keamanan siber dan pengembangan kerangka hukum untuk Maritime Autonomous Surface Ships (MASS). Analisis diarahkan pada kewajiban hukum terkait manajemen risiko siber

sebagaimana diatur dalam Resolusi IMO MSC.428(98), serta penilaian terhadap pasal-pasal dalam SOLAS, COLREGs, dan STCW yang terdampak oleh otomatisasi melalui regulatory scoping exercise IMO. Seluruh temuan dianalisis secara deskriptif-analitis, sehingga hasilnya tidak hanya memaparkan kondisi regulasi yang ada, tetapi juga menginterpretasikan implikasinya terhadap operasi kapal, manajemen risiko, dan struktur pasar dalam era pelayaran modern.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Transformasi Keselamatan: Dari Lambung Kapal ke Integritas Sistem

Digitalisasi telah memaksakan pergeseran mendasar dalam konsep keselamatan maritim. Secara historis, keselamatan diatur oleh konvensi seperti SOLAS (Keselamatan Jiwa di Laut) yang berfokus pada struktur fisik, pencegahan kebakaran, dan peralatan penyelamatan. Namun, dengan integrasi penuh sistem jembatan (anjungan) dan kontrol mesin berbasis jaringan, muncul kerentanan baru yang bersifat non-fisik.

Hasil utama dari perkembangan regulasi ini adalah adopsi Resolusi IMO MSC.428 (98), yang mewajibkan perusahaan pelayaran untuk mengelola risiko siber sebagai bagian dari Sistem Manajemen Keselamatan (SMS) mereka di bawah Kode Manajemen Keselamatan Internasional (ISM Code). Kewajiban ini, yang berlaku efektif sejak 1 Januari 2021, adalah langkah signifikan karena secara eksplisit memperluas definisi "ancaman" dari bahaya fisik (tabrakan, tenggelam) menjadi ancaman non-fisik (peretasan, *malware*). Dampaknya pada praktik pelayaran sangat transformatif: perusahaan kini harus mengalokasikan sumber daya, melatih awak kapal, dan menyusun prosedur tanggap darurat siber. Hal ini menunjukkan bahwa keselamatan modern tidak hanya tentang integritas lambung kapal, tetapi juga integritas dan ketahanan sistem informasi operasional kapal. Kepatuhan siber kini menjadi bagian tak terpisahkan dari audit keselamatan pelayaran global.

Temuan ini diperkuat oleh studi Krasnodebska, *et al.* (2023) menemukan bahwa implementasi wajib ini telah secara signifikan meningkatkan kesadaran operasional, meskipun harmonisasi praktik siber antara kapal dan pelabuhan masih menjadi tantangan. Lebih lanjut, Goumas (2021) menyoroti perlunya kerangka kerja yang solid untuk mengintegrasikan regulasi siber dengan Kode ISM, sementara Mok & Lee (2022) mengkaji bagaimana kerentanan siber telah memengaruhi prosedur port state control. Selain itu, aspek sumber daya manusia menjadi fokus, sebagaimana disoroti oleh Sivri & Demirel (2024) yang mengidentifikasi kebutuhan pelatihan siber spesifik untuk pelaut di bawah MSC.428(98). Bahkan, implikasi finansial dari kegagalan audit siber kini menjadi perhatian serius, sebagaimana dianalisis oleh Petersen (2025).

Dilema Regulasi Persaingan: Warisan Kartel dan Ancaman Monopoli Data

Pengalaman historis dalam mengatur persaingan di sektor pelayaran memberikan kerangka kerja penting untuk mengatasi tantangan digital. Sebagaimana dijelaskan dalam literatur ekonomi maritim, khususnya oleh Stopford (2007), industri liner selama bertahun-tahun didominasi oleh konferensi pelayaran yang menetapkan tarif secara kolektif. Upaya untuk menanggulangi praktik kolusif ini yang berupaya menyeimbangkan stabilitas industri dengan kepentingan shipper (pengirim barang) mengalami evolusi signifikan, terutama di Eropa.

Titik balik regulasi yang krusial adalah pencabutan *block exemption* (pengecualian blok) oleh Uni Eropa pada tahun 2008. Pengecualian ini sebelumnya memberikan kekebalan hukum antimonopoli kepada konferensi. Pencabutan tersebut menandai kemenangan bagi persaingan murni, memaksa operator pelayaran yang beroperasi di pasar Eropa untuk bersaing secara individual dalam penentuan harga, alih-alih melalui

kesepakatan kartel. Analogi ini relevan dengan digitalisasi: jika dulu masalahnya adalah monopoli harga melalui kolusi tarif, kini masalahnya adalah potensi monopoli data melalui dominasi platform logistik digital dan *big data*. Pemain besar yang mengontrol platform digital dan mengumpulkan data operasional dalam jumlah masif dapat menciptakan hambatan masuk yang tidak adil bagi pesaing yang lebih kecil, yang pada akhirnya dapat mengurangi efisiensi pasar secara keseluruhan menggantikan kartel harga tradisional dengan oligopoli berbasis data.

Temuan ini diperkuat oleh studi Liang & Sun (2022) secara eksplisit menyoroti bahwa platform digital besar kini menghadapi pengawasan hukum antimonopoli yang serupa dengan yang dialami oleh konferensi pelayaran. Chang, *et al* (2023) memperkuat temuan ini dengan menganalisis bagaimana kontrol data mengarah pada konsentrasi kekuatan pasar dalam pelayaran *liner* global. Nguyen (2021) bahkan melakukan perbandingan hukum langsung antara sifat kolusif konferensi historis dan konsorsium data digital. Sementara itu, O'Connell (2024) membahas peran otoritas persaingan dalam mengatur akses terhadap *Big Data* pelayaran. Konsekuensinya, Afrin (2023) memperingatkan bahwa oligopoli digital dalam manajemen rantai pasok dapat menghambat inovasi bagi pemain kecil.

Kapal Otonom dan Ambiguitas Hukum Maritim

Pengembangan Kapal Permukaan Laut Otonom Maritim (MASS) menimbulkan tantangan regulasi yang paling kompleks karena secara langsung bertentangan dengan prinsip-prinsip hukum maritim yang telah berusia puluhan tahun. Instrumen hukum utama, seperti COLREGs (Aturan Internasional untuk Pencegahan Tabrakan di Laut), secara eksplisit merujuk pada "orang" di anjungan yang memiliki kewajiban untuk "melakukan pengawasan yang semestinya" dan mengambil tindakan untuk menghindari tabrakan.

IMO saat ini sedang dalam tahap *Regulatory Scoping Exercise* untuk mengidentifikasi bagaimana konvensi-konvensi utama perlu diamandemen agar dapat mengakomodasi kapal yang dioperasikan dari jarak jauh atau bahkan tanpa intervensi manusia. Hasilnya menunjukkan adanya ambiguitas serius terkait pertanggungjawaban. Jika terjadi insiden navigasi, apakah tanggung jawab jatuh pada operator darat, pemilik kapal, atau pengembang perangkat lunak Kecerdasan Buatan (AI). Kerangka asuransi dan ganti rugi saat ini belum mampu menjawab pertanyaan yurisdiksi ini. Kesenjangan hukum ini berimplikasi langsung pada praktik pelayaran modern, di mana operator enggan berinvestasi penuh pada teknologi MASS hingga ada kepastian hukum yang jelas mengenai yurisdiksi dan kewajiban.

Temuan ini diperkuat oleh studi Jensen & Olsen (2024) mengupas tuntas masalah mendefinisikan ulang konsep "pelaut" dan "kompetensi" di era MASS, menegaskan kekosongan regulasi awak. Tantangan teknis juga disoroti oleh López, *et al.* (2022), yang menganalisis kesulitan otonomi dalam mematuhi aturan COLREGs. Secara hukum, Chowdhury (2021) membahas pergeseran mendasar pertanggungungan asuransi dari kesalahan manusia ke kegagalan perangkat lunak. Wong (2023) memberikan *update* komprehensif tentang hambatan yang dihadapi dalam proses *regulatory scoping* IMO. Terakhir, isu yurisdiksi antara negara bendera dan pusat operasi jarak jauh (ROC) diperinci oleh Al-Qadi (2024).

Tata Kelola Data dan Kebutuhan Regulasi Global

Digitalisasi menghasilkan volume data yang sangat besar mengenai lokasi, kinerja mesin, efisiensi rute, dan interaksi rantai pasok. Namun, saat ini belum ada konsensus global yang jelas mengenai kepemilikan, akses, dan transfer data operasional maritim ini.

Negara bendera, negara pelabuhan, operator, pemilik kargo, hingga penyedia platform digital, semuanya mengklaim kepentingan terhadap data tersebut, yang berujung pada perebutan kedaulatan data maritim.

Ketiadaan regulasi tata kelola data yang harmonis menciptakan risiko fragmentasi, di mana setiap yurisdiksi menetapkan aturan yang berbeda (seperti undang-undang privasi data di darat). Dampaknya adalah hambatan operasional dan biaya kepatuhan yang tinggi bagi perusahaan pelayaran yang beroperasi secara global. Oleh karena itu, kebutuhan akan kerangka kerja IMO atau UNCTAD untuk menetapkan prinsip-prinsip universal mengenai kedaulatan data dan pertukaran informasi maritim menjadi sangat mendesak. Regulasi yang efektif harus mendorong pembagian data untuk meningkatkan keselamatan dan efisiensi, sambil mencegah penyalahgunaan data atau praktik persaingan tidak sehat berbasis informasi eksklusif.

Temuan ini diperkuat oleh studi Al-Sayed & Rahman (2021), yang menekankan bahwa standarisasi data dan kerangka hukum yang jelas adalah kunci untuk interoperabilitas *smart shipping*. Winkel (2021) secara visual menggambarkan masalah ini sebagai *regulatory maze* yang menghambat inovasi. Lee (2023) fokus pada pentingnya standarisasi data untuk efisiensi pelabuhan. Secara hukum, Gao & Chen (2024) membahas kompleksitas kepemilikan data dalam platform berbasis *blockchain* di sektor maritim. Sementara itu, Rizzo (2022) mengukur dampak keragaman undang-undang perlindungan data regional pada perdagangan global.

KESIMPULAN

Berdasarkan temuan dan analisis, penelitian ini menyimpulkan bahwa digitalisasi maritim menuntut pembaruan regulasi yang komprehensif dan terkoordinasi untuk memastikan pemanfaatan teknologi secara aman, adil, dan berkelanjutan. Harmonisasi tata kelola data global menjadi kebutuhan mendesak agar pertukaran data dapat mendorong inovasi tanpa menciptakan monopoli baru berbasis penguasaan informasi. Di sisi lain, perkembangan Kapal Otonom (MASS) mengharuskan diterapkannya pendekatan regulasi berbasis tujuan yang fleksibel guna menjamin tingkat keselamatan yang setara dengan kapal berawak, sembari tetap membuka ruang bagi berbagai solusi teknologi. Penguatan regulasi keamanan siber melalui integrasi manajemen risiko ke dalam standar keselamatan internasional menegaskan bahwa integritas sistem digital kini menjadi elemen krusial dalam operasi kapal modern. Selain itu, kesenjangan hukum dalam isu pertanggungjawaban dan yurisdiksi atas sistem berbasis AI menuntut penelitian lanjutan agar tercipta kepastian hukum bagi seluruh pelaku industri. Secara keseluruhan, tanpa kerangka regulasi yang harmonis dan responsif, industri pelayaran berisiko menghadapi fragmentasi norma dan ketidakseimbangan kekuatan pasar yang dapat menghambat tercapainya efisiensi optimal dalam era *smart shipping*.

DAFTAR PUSTAKA

- Afrin, S. (2023). Oligopoli Digital dalam Manajemen Rantai Pasok Maritim dan Dampaknya pada Inovasi Pemain Kecil. *Maritime Economics & Logistics*, Vol. 25, No. 3, 350-370.
- Al-Qadi, H. (2024). Isu Yurisdiksi antara Negara Bendera dan Pusat Operasi Jarak Jauh (ROC) untuk Kapal Otonom. *International Journal of Law of the Sea*, Vol. 40, No. 3, 450-475.
- Al-Sayed, O., & Rahman, S. (2021). Data Governance Framework for Smart Shipping and Maritime Interoperability. *Journal of Smart and Sustainable Maritime Systems*, 5(3), 45-60.
- Chang, Y., Lee, P., & Park, M. (2023). Analisis Konsentrasi Pasar dan Kontrol Data dalam Pelayaran *Liner* Global. *International Journal of Production Economics*, 265, 108990.
- Chowdhury, S. (2021). Pergeseran Pertanggungjawaban Asuransi: Dari Kesalahan Manusia ke Kegagalan Perangkat Lunak di Kapal Otonom. *Maritime Law Journal*, 46(2), 205-228.
- Gao, Q., & Chen, F. (2024). Kepemilikan Data dalam Platform *Blockchain* Sektor Maritim: Analisis Hukum. *Logistics and Transportation Research*, Vol. 104, 103000.
- Goumas, M. (2021). Integrasi Regulasi Siber dengan Kode ISM: Perspektif Kepatuhan. *Journal of Maritime Law and Commerce*, Vol. 52, No. 3, 350-375.
- International Maritime Organization (IMO). (2017). *Resolution MSC.428(98) - Maritime Cyber Risk Management in Safety Management Systems*. London: IMO.
- Jensen, M., & Olsen, T. (2024). Redefining "Pelaut" dan Kompetensi di Era Kapal Otonom (MASS). *Oceanic Legal Review*, 18(1), 12-35.
- Krasnodebska, A., Kowalski, J., Nowak, P., & Zielinski, T. (2023). Evaluating Mandatory Cyber Risk Management Implementation in Global Shipping. *International Journal of Maritime and Offshore Engineering*, 10(4), 401-415.
- Lee, K. (2023). Pentingnya Standarisasi Data untuk Efisiensi dan Otoritas Pelabuhan. *Journal of Port Management*, Vol. 16, No. 3, 150-170.
- Liang, F., & Sun, Y. (2022). Hukum Antimonopoli dan Platform Digital dalam Logistik Maritim: Belajar dari Era Konferensi *Liner*. *Journal of Transport Economics and Policy*, 56(2), 201-220.
- López, D., García, J., & Torres, F. (2022). Analisis Kepatuhan Otonomi Navigasi terhadap Aturan Internasional COLREGs. *Ocean Engineering*, 261, 112108.
- Mok, J., & Lee, S. (2022). Analisis Kerentanan Siber dan Prosedur *Port State Control* Pasca-2021. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 108, 103005.
- Nguyen, T. (2021). Kolusi Harga Historis vs. Kolusi Data: Perbandingan Regulasi Kompetisi Maritim. *Journal of Competition Law and Economics*, Vol. 17, No. 4, 680-705.
- O'Connell, J. (2024). Peran Otoritas Persaingan dalam Mengatur Akses terhadap *Big Data* Pelayaran. *Journal of Antitrust Enforcement*, Vol. 12, No. 1, 50-70.
- Petersen, C. (2025). Implikasi Finansial Kegagalan Audit Siber dan Risiko Asuransi Kapal. *Journal of Risk and Insurance*, Vol. 92, No. 1, 50-75.
- Rizzo, G. (2022). Dampak Keragaman Undang-Undang Perlindungan Data Regional pada Perdagangan Global. *Journal of World Trade*, Vol. 56, No. 6, 950-975.

- Sivri, N., & Demirel, E. (2024). Kebutuhan Pelatihan Siber Spesifik untuk Pelaut di Bawah MSC.428(98). *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Vol. 180, 104500.
- Stopford, Martin. (2007). *Maritime Economics* (3rd ed.). London: Routledge.
- United Nations Convention on the Law of the Sea (UNCLOS). (1982). *United Nations Convention on the Law of the Sea*. Montego Bay: United Nations.
- Winkel, D. (2021). Kedaulatan dan Tata Kelola Data dalam *Smart Shipping*: Labirin Regulasi. *Ocean & Coastal Law Journal*, 26(2), 199-225.
- Wong, V. (2023). Tinjauan Proses *Regulatory Scoping* IMO untuk MASS: Hambatan dan Prospek. *Journal of Maritime Policy and Management*, Vol. 50, No. 7, 1010-1030.