

Transformasi Teknologi Digital dan Ramah Lingkungan untuk Transportasi Masa Depan pada Industri Maritim

Haris Padilah¹, Tini Utami^{2*}, Devy Kusumaningrum³
^{1,2,3} Program Studi Manajemen Pelabuhan & Logistik Maritim
Jl. Pawayatan Luhur II/17, Bendanduwur, Semarang.
*email korespondensi : tiniutami@akpelni.ac.id

Abstract

The maritime world is entering a new era that demands a balance between digitalization and environmental sustainability. This sector is not only challenged by technological advancements, but also by ensuring that innovations remain environmentally friendly. This study aims to examine the transformation of digital and environmentally friendly technologies in the maritime transportation sector. This study uses a literature review method. It shows that organizational, technological, and environmental factors influence organizational digitalization in the maritime transportation sector. Digitalization encompasses collaboration between organizations and new partners to develop new digital solutions (including through participation in projects related to digitalization and/or digital transformation) and digitize internal and external business processes. Supported by the development of environmental technologies, it is crucial for a more sustainable approach. One such technology is the hybrid propeller system, which helps reduce greenhouse gas emissions from the ocean. Furthermore, energy storage systems, solar panels, and wind turbines are innovative ways to improve energy efficiency. However, these technologies also require significant infrastructure investment and high-quality power generation, and the greatest challenge in using alternative fuels is the limited infrastructure in ports worldwide.

Keywords: Maritime Industry, Environmentally Friendly, Digital Technology, Transportation

Abstrak

Dunia maritim saat ini tengah merambah masa terkini yang menuntut penyeimbang antara digitalisasi serta keberlanjutan lingkungan. Tidak cuma pertanyaan kenaikan teknologi, zona ini pula ditantang buat membenarkan kalau inovasi yang dicoba senantiasa ramah lingkungan. Penelitian ini bermaksud buat mangulas transformasi teknologi digital serta ramah lingkungan di zona pemindahan laut. Penelitian ini memakai tata cara studi kesusastraan. Riset ini membuktikan kalau aspek organisasi, teknologi, serta lingkungan mempengaruhi digitalisasi organisasi di zona transportasi laut. Digitalisasi melingkupi kegiatan serupa antara organisasi serta kawan kerja terkini buat meningkatkan pemecahan digital terkini(tercantum lewat kesertaan dalam cetak biru yang berhubungan dengan digitalisasi serta atau ataupun transformasi digital) serta cara bidang usaha dalam serta eksternal yang terdigitalisasi. Dibantu dengan pengembangan teknologi area amat berarti buat pendekatan yang lebih berkepanjangan. Salah satu teknologi itu merupakan sistem baling- baling hibrida, yang menolong kurangi emisi gas dari laut. Tidak hanya itu, sistem penyimpanan tenaga, panel surya, serta turbin angin ialah metode inovatif buat tingkatkan kemampuan tenaga. Tetapi, teknologi ini pula menginginkan pemodaln prasarana yang penting serta pembangkit listrik bermutu besar dan tantangan terbanyak dalam memakai materi bakar pengganti merupakan terbatasnya prasarana di pelabuhan- pelabuhan di semua bumi.

Kata kunci: Industri Maritim, Ramah Lingkungan, Teknologi Digital, Transportasi

PENDAHULUAN

Dunia maritim kini tengah memasuki era baru yang menuntut keseimbangan antara digitalisasi dan keberlanjutan lingkungan. Tak hanya soal peningkatan teknologi, sektor ini juga ditantang untuk memastikan bahwa inovasi yang dilakukan tetap ramah lingkungan. Semakin banyak praktisi dan akademisi yang mengeksplorasi kemungkinan yang ditawarkan oleh teknologi digital dan transformasi digital (Vujičić et al., 2020). Transformasi digital telah meningkatkan ekspektasi konsumen dan mendisrupsi pasar, sekaligus memberikan tekanan pada perusahaan dan model bisnis tradisional (Verhoef et al., 2021). Transformasi digital tidak hanya mengacu pada implementasi teknologi baru, tetapi juga pada pembentukan strategi dan budaya digital serta penciptaan model bisnis baru (Warner & Wäger, 2019).

Pengangkut, pelabuhan, dan pengirim barang yang terlibat dalam rantai transportasi laut semakin bergantung pada teknologi informasi dan komunikasi (Heering, 2020). Transformasi digital dapat berdampak positif pada rantai transportasi laut dalam hal penanganan kargo yang optimal, proses bisnis yang lebih baik, dan dampak lingkungan yang minimal (Babica et al., 2020). Sejumlah sektor transportasi laut seringkali menggunakan sistem informasi yang tidak kompatibel, biaya untuk membangun interoperabilitas informasi sangat tinggi, terdapat kurangnya kesadaran akan dampak positif teknologi digital, peraturan perundang-undangan seringkali hanya mengizinkan pertukaran data kertas, dan kerja sama antar pemangku kepentingan yang beroperasi di sektor transportasi laut masih belum memadai (Acciaro & Sys, 2020).

Selain kendala teknologi tersebut disisi lain, industri pelayaran menghadapi tuntutan untuk mengurangi dampak lingkungannya, dan munculnya konsep transportasi ramah lingkungan menggunakan teknologi transportasi ramah lingkungan sebagai solusinya. Mewujudkan transportasi laut yang berkelanjutan. Hal ini sejalan dengan yang disampaikan pada penelitian terdahulu, bahwa IMO membuat aturan yang bernama ISM Code. ISM Code merupakan Kode Manajemen Keselamatan Internasional untuk keselamatan operasi kapal dan pencegahan pencemaran lingkungan laut (Maulani et al., 2023).

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk membahas transformasi teknologi digital dan ramah lingkungan di sektor transportasi laut, yang akan membantu para pemangku kepentingan untuk lebih memahami fenomena transformasi digital dan membentuk strategi transformasi digital yang lebih sukses dengan konsep ramah lingkungan.

METODE

Penelitian ini memakai metode studi literatur buat mempelajari inovasi teknologi digital serta ramah area yang diaplikasikan pada pemindahan laut. Studi literatur membolehkan periset buat mengakulasi serta menganalisa informasi inferior dari bermacam pangkal objektif, seperti jurnal, artikel, laporan teknis, serta publikasi dari organisasi internasional yang relevan, serta lembaga maritim yang lain. Langkah analisis dicoba dengan meninjau serta menyamakan hasil dari bermacam studi, baik yang berpusat pada inovasi teknologi digital ataupun akibatnya kepada penurunan emisi serta keberlanjutan pemindahan laut. Analisa ini melingkupi penilaian daya guna teknologi dari bermacam studi, dan tantangan serta kesempatan yang diidentifikasi dalam literatur terpaut aplikasi teknologi itu. Pendekatan riset literatur ini membagikan uraian mendalam mengenai kemajuan teknologi digital dan ramah lingkungan di sektor maritim. Dengan begitu, riset ini berkontribusi dalam membagikan landasan teoritis buat pengembangan kebijaksanaan serta aplikasi teknologi digital serta ramah lingkungan di industri pelayaran di masa depan.

PEMBAHASAN

Transformasi Digital di Sektor Transportasi Maritim

Digitalisasi mengacu pada implementasi teknologi digital atau otomatisasi proses bisnis untuk meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan bisnis (Leonard Heilig et al., 2017). Teknologi digital hanyalah salah satu aspek dari transformasi digital. Digitalisasi mengacu pada implementasi teknologi digital untuk menginovasi model bisnis, yang keberhasilannya bergantung pada perombakan strategi bisnis secara aktif, keterampilan digital yang memadai, budaya digital, dll. (Warner & Wäger, 2019).

Fruth dan Teuteberg menetapkan bahwa otomatisasi dan digitalisasi dalam logistik maritim terus berkembang dan memengaruhi perubahan dalam model bisnis (Fruth & Teuteberg, 2017). Bălan mengakui dampak disruptif dari teknologi informasi dan komunikasi (TIK) canggih pada transportasi maritim dan rantai pasokan (Bălan, 2018). Pentingnya digitalisasi juga telah diakui oleh Uni Eropa, yang mendorong prosedur tanpa kertas terkait proses bea cukai, dokumen pengiriman, dan dokumen antara pemilik kargo dan operator kontrak (Brunila et al., 2021).

Heilig dkk. mengidentifikasi tiga generasi transformasi digital di pelabuhan, yaitu transformasi menuju prosedur tanpa kertas, transformasi menuju prosedur otomatis, dan transformasi menuju prosedur cerdas (Heilig et al., 2017). Heilig dkk. menganalisis perkembangan dan kondisi terkini transformasi digital di tingkat pelabuhan dan mengidentifikasi peluang serta hambatan terkini terkait transformasi digital (Leonard Heilig et al., 2017). El Hilali dkk. menganalisis transformasi digital dalam konteks keberlanjutan, menggunakan pendekatan PLS. Berdasarkan hasil penelitian, “pelanggan, data, dan inovasi”, sebagai pendorong yang harus digarap perusahaan selama transformasi digital, secara signifikan memengaruhi upaya perusahaan untuk mencapai keberlanjutan (El Hilali et al., 2020).

Berdasarkan penilaian indikator transformasi digital untuk keberlanjutan transportasi laut, beberapa faktor organisasi dinilai paling reliabel. Salah satu faktor organisasi yang penting adalah adanya kesadaran dalam organisasi tentang bagaimana transformasi digital dapat memengaruhi bisnis organisasi. Jika tidak ada kesadaran, kebutuhan investasi pada karyawan, teknologi digital baru, dll. tidak akan disadari, yang pada akhirnya akan memperlambat atau mencegah transformasi digital (Boneva, 2018). Oleh karena itu, faktor organisasi merupakan dasar atau langkah pertama menuju transformasi digital.

Faktor lainnya adalah "organisasi memiliki sumber daya manusia yang cukup untuk memperkenalkan teknologi digital baru". Untuk memastikan jumlah sumber daya manusia yang memadai, diperlukan kerja sama antara universitas dan sektor swasta (misalnya, dengan berinvestasi dalam pengetahuan), yang akan memfasilitasi pengembangan dan implementasi teknologi digital lebih lanjut di sektor transportasi laut (Tijan et al., 2021). Oleh karena itu, karyawan di sektor transportasi laut harus didorong oleh manajer untuk meningkatkan pengetahuan mereka melalui lokakarya magang atau eksternal, seminar, dll., yang akibatnya memengaruhi kelincihan organisasi. Namun, sama pentingnya bahwa pendidikan karyawan dilakukan secara teratur. Oleh karena itu, salah satu faktor yang pentingnya diakui oleh responden terkait dengan kesinambungan pelatihan: “Organisasi melakukan pelatihan berkelanjutan bagi karyawan di bidang digitalisasi dan transformasi digital (misalnya, pengembangan akademi internal dengan pelatihan daring dan modul pelatihan di masing-masing departemen)”.

Mengenai faktor teknologi, adalah “Organisasi secara teratur berinvestasi dalam teknologi modern untuk mengembangkan bisnis dan layanannya” dan “Teknologi yang ada dalam organisasi memungkinkan peningkatan teknologi digital modern”. Dalam hal ini, “modifikasi teknis yang diperlukan bergantung pada keadaan teknologi yang ada yang digunakan dalam suatu organisasi dan harus disesuaikan dengan kebutuhan organisasi” (Tijan

et al., 2021). Didukung dengan “Organisasi secara sistematis mengelola risiko penerapan teknologi digital baru”, yang terkait dengan risiko mengenai, misalnya, kualitas pelaksanaan proyek oleh kontraktor.

Adapun faktor lingkungan eksternal dapat memengaruhi aktivitas organisasi dan pertumbuhannya. Dalam hal faktor lingkungan, tiga di antaranya dinilai paling andal. Salah satunya adalah “Bisnis organisasi diatur secara ketat atau tunduk pada peraturan hukum khusus”, yang biasanya terkait dengan teknologi transportasi hijau atau teknologi yang diterapkan untuk operasi yang efisien dan aman (Zaman et al., 2017). Faktor lingkungan lainnya adalah “Ada kepatuhan organisasi terhadap standar (misalnya, standar ISO) dan konvensi”. Faktor lingkungan terakhir yang dinilai paling andal adalah “organisasi menjalankan bisnis yang bertanggung jawab secara sosial dengan bantuan digitalisasi dan transformasi digital”. Misalnya, dalam transportasi laut, Agenda 2030 Perserikatan Bangsa-Bangsa dan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan 17 merujuk pada pengembangan regulasi signifikan yang memicu difusi tanggung jawab sosial perusahaan (Fasoulis & Kurt, 2019).

Selain itu, perlunya menekankan pentingnya transformasi digital dalam bisnis berkelanjutan, terutama aspek ekologisnya. Dalam hal ini, telah banyak menggunakan sumber daya ramah lingkungan dan telah menerapkan berbagai solusi untuk mengurangi dampak buruk bisnis (seperti sistem pengukuran aliran bahan bakar untuk mengoptimalkan konsumsi bahan bakar). Kemudian pengembangan pusat penelitian yang berfokus secara eksklusif pada pengembangan teknologi dan solusi nol karbon (Jović et al., 2022).

Transportasi Maritim Ramah Lingkungan

Seiring dengan berkembangnya teknologi ramah lingkungan, terdapat upaya yang signifikan dalam industri maritim untuk beralih ke metode yang lebih berkelanjutan. Salah satu pendekatan utama yang diambil adalah penerapan teknologi ramah lingkungan pada transportasi laut, seperti elektrifikasi, bahan bakar alternatif, dan sistem pembersih gas buang. Beberapa teknologi ini harus memenuhi standar operasional kapal yang aman dan lebih efisien, tanpa mengurangi jangkauan atau performa operasional (Ar-rahman et al., 2025).

Teknologi Elektrifikasi yaitu seperti sistem propulsi hibrida dan listrik penuh, diadopsi untuk mengurangi emisi gas buangan dari kapal. Sistem listrik penuh pada kapal feri, misalnya, terbukti mampu mengurangi emisi CO₂ secara signifikan. Namun, implementasi teknologi ini menghadapi beberapa tantangan, salah satunya kebutuhan kapasitas baterai yang tinggi dan infrastruktur pengisian daya yang mahal. Ada juga teknologi seperti pelumasan udara, pemulihan panas limbah dan panel surya menjadi inovasi yang meningkatkan efisiensi energi pada kapal. Sistem pelumasan udara, menciptakan lapisan gelembung udara di sepanjang lambung kapal untuk mengurangi hambatan dan konsumsi bahan bakar (Viana et al., 2014).

Teknologi hibrida dan listrik penuh, meskipun memiliki tantangan dalam hal biaya infrastruktur, menawarkan pengurangan emisi yang substansial serta berpotensi mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dalam jangka panjang. Hal ini sangat sesuai dengan tren global menuju elektrifikasi di sektor transportasi, yang juga diterapkan pada sektor maritim. Selain teknologi propulsi, adopsi bahan bakar alternatif seperti Liquefied Natural Gas (LNG) dan hidrogen menandai arah baru bagi transportasi laut yang lebih bersih. LNG mampu mengurangi emisi SO_x hingga hampir 100%, sementara hidrogen dan amonia sebagai bahan bakar tanpa emisi karbon menghadirkan potensi yang meskipun menghadapi tantangan logistik terkait penyimpanan dan keamanannya (Ar-rahman et al., 2025).

Elektrifikasi di sektor maritim melalui sistem hibrida dan sistem listrik penuh telah menjadi perhatian utama dalam upaya mengurangi emisi gas rumah kaca. Menurut Zhang et al., (2024), kapal dengan sistem hibrida mampu mengurangi emisi CO₂ hingga 20% dibandingkan kapal dengan mesin konvensional, terutama karena propulsi listrik mengurangi kebutuhan bahan bakar pada saat operasi yang tidak membutuhkan daya penuh.

Pelumasan udara adalah salah satu inovasi yang telah terbukti efektif dalam mengurangi hambatan pada lambung kapal. Teknologi ini bekerja dengan menciptakan lapisan gelembung udara di sepanjang lambung kapal, sehingga mengurangi gesekan antara permukaan kapal dan air laut. Dengan menurunkan hambatan hidrodinamis, teknologi pelumasan udara dapat mengurangi konsumsi bahan bakar hingga 10% tergantung pada tipe dan ukuran kapal (S Gökçay et al., dalam Ar-rahman et al., 2025). Teknologi ini sangat bermanfaat dalam pengoperasian kapal besar yang cenderung menghadapi hambatan lebih besar di air, sehingga teknologi ini dapat memberikan penghematan bahan bakar yang signifikan. Sistem pelumasan udara untuk menghasilkan lapisan udara di bawah lunas kapal guna mengurangi gesekan antara kapal dan air sehingga mengurangi hambatan kapal (Giernalczyk & Kaminski, 2021).

Studi dalam *Ocean Engineering Journal* menunjukkan bahwa implementasi pelumasan udara pada kapal kargo menghasilkan penghematan energi yang signifikan tanpa mempengaruhi kinerja operasional. Penurunan hambatan hidrodinamis tidak hanya mengurangi kebutuhan daya pada mesin, tetapi juga memperpanjang umur peralatan dan mesin kapal karena operasi yang lebih efisien dan suhu yang lebih rendah (Ar-rahman et al., 2025).

SIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa faktor organisasi, teknologi, dan lingkungan memengaruhi digitalisasi organisasi di sektor transportasi laut. Digitalisasi mencakup kerja sama antara organisasi dan mitra baru untuk mengembangkan solusi digital baru (termasuk melalui partisipasi dalam proyek yang berkaitan dengan digitalisasi dan/atau transformasi digital) dan proses bisnis internal dan eksternal yang terdigitalisasi.

Didukung dengan pengembangan teknologi lingkungan sangat penting untuk pendekatan yang lebih berkelanjutan. Salah satu teknologi tersebut adalah sistem baling-baling hibrida, yang membantu mengurangi emisi gas dari laut. Selain itu, sistem penyimpanan energi, panel surya, dan turbin angin merupakan cara inovatif untuk meningkatkan efisiensi energi. Namun, teknologi ini juga membutuhkan investasi infrastruktur yang signifikan dan pembangkit listrik berkualitas tinggi serta tantangan terbesar dalam menggunakan bahan bakar alternatif adalah terbatasnya infrastruktur di pelabuhan-pelabuhan di seluruh dunia.

DAFTAR PUSTAKA

- Acciaro, M., & Sys, C. (2020). Innovation in the maritime sector: aligning strategy with outcomes. *Maritime Policy & Management*, 47(8), 1045–1063. <https://doi.org/10.1080/03088839.2020.1737335>
- Ar-rahman, S. C., Sabila, N. E., Putri, Q. S., Puteri, M., Izzaty, & Ma'ruf. (2025). Technology Analysis on Environmental Friends Ships: Promotion Sustainable Maritime Transportation in the Modern Era. *Jurnal Pendidikan Perikanan Kelautan*, 5(1), 54–65.
- Babica, V., Sceulovs, D., & Rustenova, E. (2020). Digitalization in Maritime Industry: Prospects and Pitfalls. In *ICTE ToL 2019* (pp. 20–27). https://doi.org/10.1007/978-3-030-39688-6_4
- Bălan, C. (2018). The disruptive impact of future advanced ICTs on maritime transport: a systematic review. *Supply Chain Management: An International Journal*, 25(2), 157–175. <https://doi.org/10.1108/SCM-03-2018-0133>
- Boneva, M. (2018). Challenges related to the digital transformation of business companies. *Proceedings of the 6th International Conference Innovation Management, Entrepreneurship and Sustainability (IMES 2018)*, 101–114.
- Brunila, O.-P., Kunnaala-Hyrkki, V., & Inkinen, T. (2021). Hindrances in port digitalization?

- Identifying problems in adoption and implementation. *European Transport Research Review*, 13(1), 62. <https://doi.org/10.1186/s12544-021-00523-0>
- El Hilali, W., El Manouar, A., & Janati Idrissi, M. A. (2020). Reaching sustainability during a digital transformation: a PLS approach. *International Journal of Innovation Science*, 12(1), 52–79. <https://doi.org/10.1108/IJIS-08-2019-0083>
- Fasoulis, I., & Kurt, R. E. (2019). Determinants to the implementation of corporate social responsibility in the maritime industry: a quantitative study. *Journal of International Maritime Safety, Environmental Affairs, and Shipping*, 3(1–2), 10–20. <https://doi.org/10.1080/25725084.2018.1563320>
- Fruth, M., & Teuteberg, F. (2017). Digitization in maritime logistics—What is there and what is missing? *Cogent Business & Management*, 4(1), 1411066. <https://doi.org/10.1080/23311975.2017.1411066>
- Giernalczyk, M., & Kaminski, P. (2021). Assessment of the Propulsion System Operation of the Ships Equipped with the Air Lubrication System. *Sensors*, 21(4), 1357. <https://doi.org/10.3390/s21041357>
- Heering, D. (2020). Ensuring Cybersecurity in Shipping: Reference to Estonian Shipowners. *TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, 14(2), 271–278. <https://doi.org/10.12716/1001.14.02.01>
- Heilig, L., Schwarze, S., & Voss, S. (2017). An Analysis of Digital Transformation in the History and Future of Modern Ports. *Proceedings of the 50th Hawaii International Conference on System Sciences*. <http://hdl.handle.net/10125/41313>
- Heilig, Leonard, Lalla-Ruiz, E., & Voß, S. (2017). Digital transformation in maritime ports: analysis and a game theoretic framework. *NETNOMICS: Economic Research and Electronic Networking*, 18(2–3), 227–254. <https://doi.org/10.1007/s11066-017-9122-x>
- Jović, M., Tijan, E., Vidmar, D., & Pucihar, A. (2022). Factors of Digital Transformation in the Maritime Transport Sector. *Sustainability*, 14(15), 9776. <https://doi.org/10.3390/su14159776>
- Maulani, S. F., Arrafi, M. A., Fikodias Gilang Prabowo, Lamanda Putri, Nurul Haqi Abdurroqib, & Zharfany Putri Mila Julianto. (2023). Penerapan International Safety Management (ISM CODE) Pada PT AKR Sea Transport. *Jurnal Sains Teknologi Transportasi Maritim*, 5(2), 77–89. <https://doi.org/10.51578/j.sitektransmar.v5i2.69>
- Tijan, E., Jović, M., Aksentijević, S., & Pucihar, A. (2021). Digital transformation in the maritime transport sector. *Technological Forecasting and Social Change*, 170, 120879. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.120879>
- Verhoef, P. C., Broekhuizen, T., Bart, Y., Bhattacharya, A., Qi Dong, J., Fabian, N., & Haenlein, M. (2021). Digital transformation: A multidisciplinary reflection and research agenda. *Journal of Business Research*, 122, 889–901. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.09.022>
- Viana, M., Hammingh, P., Colette, A., Querol, X., Degraeuwe, B., Vlieger, I. de, & van Aardenne, J. (2014). Impact of maritime transport emissions on coastal air quality in Europe. *Atmospheric Environment*, 90, 96–105. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2014.03.046>
- Vujičić, S., Hasanspahić, N., Car, M., & Čampara, L. (2020). Distributed Ledger Technology as a Tool for Environmental Sustainability in the Shipping Industry. *Journal of Marine Science and Engineering*, 8(5), 366. <https://doi.org/10.3390/jmse8050366>
- Warner, K. S. R., & Wäger, M. (2019). Building dynamic capabilities for digital transformation: An ongoing process of strategic renewal. *Long Range Planning*, 52(3), 326–349. <https://doi.org/10.1016/j.lrp.2018.12.001>
- Zaman, I., Pazouki, K., Norman, R., Younessi, S., & Coleman, S. (2017). Challenges and Opportunities of Big Data Analytics for Upcoming Regulations and Future

Transformation of the Shipping Industry. *Procedia Engineering*, 194, 537–544.
<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.08.182>

Zhang, Z., Song, C., Zhang, J., Chen, Z., Liu, M., Aziz, F., Kurniawan, T. A., & Yap, P.-S. (2024). Digitalization and innovation in green ports: A review of current issues, contributions and the way forward in promoting sustainable ports and maritime logistics. *Science of The Total Environment*, 912, 169075.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.169075>