

STRATEGI PENGEMBANGAN SDM MAHASISWA D3 PRODI PERMESINAN KAPAL UNHAN RI DALAM MENGHADAPI ERA DIGITALISASI MARITIM

Moh Lukman Hakim¹

¹Prodi Permesinan Kapal, Fakultas Vokasi Logistik Militer, Universitas Pertahanan Indonesia

Alamat : Fatukety, Kakuluk Mesak, Belu-NTT

Email : mlhakim54@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh meningkatnya kebutuhan akan efisiensi operasional dan keselamatan kerja di sektor maritim, khususnya pada kapal nelayan tradisional yang sering menghadapi risiko tinggi di laut. Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan sistem monitoring keselamatan dan manajemen perawatan kapal berbasis Internet of Things (IoT) yang mampu memantau kondisi kapal secara real-time. Metode yang digunakan melibatkan perancangan dan pengujian perangkat IoT yang terdiri dari modul GPS, sensor MPU6050, Arduino Uno, dan modul GSM SIM808 untuk mengukur posisi, kemiringan kapal, suhu, serta kecepatan angin, yang datanya dikirim ke server web monitoring. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi potensi bahaya seperti kemiringan berlebih, memberikan peringatan visual, serta menyimpan data secara otomatis untuk keperluan analisis dan dokumentasi. Kesimpulannya, penerapan sistem IoT ini terbukti efektif dalam meningkatkan keselamatan pelayaran, mendukung pengambilan keputusan berbasis data, serta membantu perencanaan perawatan kapal yang lebih efisien dan berkelanjutan. Era digitalisasi maritim menuntut lulusan vokasi permesinan kapal memiliki kompetensi yang tidak hanya kuat dalam aspek mekanik konvensional, tetapi juga adaptif terhadap teknologi digital seperti engine monitoring systems, IoT maritim, analisis data performa mesin, serta cybersecurity kapal. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kondisi kompetensi digital mahasiswa D3 Permesinan Kapal UNHAN RI serta merumuskan strategi pengembangan SDM yang relevan dengan kebutuhan industri maritim modern. Metode penelitian menggunakan pendekatan campuran (mixed methods), meliputi kuesioner terhadap 12 mahasiswa, wawancara dengan dosen dan praktisi industri, serta observasi kurikulum dan fasilitas laboratorium. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kompetensi mekanik mahasiswa berada pada kategori sangat baik (rata-rata 4.17–4.42), namun kompetensi digital masih sangat rendah (rata-rata 1.25–1.67) dan jauh di bawah standar industri yang berada pada rentang 4–5. Analisis kesenjangan menunjukkan gap sebesar 2.3 hingga 3.7 poin pada bidang IoT, digital monitoring, predictive maintenance, dan literasi data. Penyebab utama rendahnya kompetensi digital antara lain minimnya integrasi teknologi digital dalam kurikulum, keterbatasan fasilitas laboratorium, dan kurangnya praktik berbasis data mesin. Penelitian ini merekomendasikan empat strategi utama pengembangan SDM: (1) modernisasi kurikulum berbasis digital, (2) peningkatan fasilitas laboratorium dan simulator digital, (3) pelatihan dan sertifikasi kompetensi digital, serta (4) penguatan kerja sama industri untuk pembelajaran berbasis teknologi terbaru. Dengan pelaksanaan strategi tersebut, Prodi Permesinan Kapal diharapkan mampu meningkatkan kompetensi digital mahasiswa dan menghasilkan lulusan yang siap menghadapi transformasi digital di sektor maritim dan pertahanan.

Kata kunci: SDM, digitalisasi maritim, permesinan kapal, kompetensi digital, pendidikan vokasi.

Abstract

This research is motivated by the increasing need for operational efficiency and workplace safety in the maritime sector, particularly on traditional fishing vessels that frequently face high risks at sea. The objective of this study is to develop an Internet of Things (IoT)-based safety monitoring and maintenance management system capable of monitoring vessel conditions in real time. The method used involves the design and testing of an IoT device consisting of a GPS module, MPU6050 sensor, Arduino Uno, and SIM808 GSM module to measure position, vessel inclination, temperature, and wind speed, with the collected data transmitted to a web-based monitoring server. The results show that the system is capable of detecting potential hazards such as excessive inclination, providing visual warnings, and automatically storing data for further analysis and documentation. In conclusion, the implementation of this IoT system has proven effective in improving navigation safety, supporting data-driven decision-making, and facilitating more efficient and sustainable vessel maintenance planning. The era of maritime digitalization requires vocational graduates in marine engineering to possess not only strong competencies in conventional mechanical aspects but also adaptability to digital technologies such as engine monitoring systems, maritime IoT, engine performance data analytics, and vessel cybersecurity. Therefore, this study also aims to

analyze the current state of digital competencies among Diploma 3 Marine Engineering students at the Republic of Indonesia Defense University (UNHAN RI) and to formulate human resource development strategies aligned with industry needs in the modern maritime sector. A mixed-methods approach was employed, involving questionnaires administered to 12 students, interviews with lecturers and industry practitioners, and observations of the curriculum and laboratory facilities. The findings indicate that the students' mechanical competencies fall into the "very good" category (average scores of 4.17–4.42), whereas their digital competencies remain very low (average scores of 1.25–1.67), far below industrial standards, which range from 4–5. The gap analysis shows a competency deficit of 2.3 to 3.7 points in the areas of IoT, digital monitoring, predictive maintenance, and data literacy. The main factors contributing to the low digital competencies include limited integration of digital technology into the curriculum, insufficient laboratory facilities, and a lack of data-driven engine practice. This study recommends four key strategies for human resource development: (1) modernization of the curriculum with a digital orientation, (2) enhancement of laboratory infrastructure and digital simulators, (3) digital competency training and certification, and (4) strengthened industry collaboration to support technology-based learning. By implementing these strategies, the Marine Engineering Study Program is expected to significantly improve students digital competencies and produce graduates who are ready to support digital transformation in the maritime and defense sectors.

Keywords: human resources, maritime digitalization, marine engineering, digital competency, vocational education.

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi digital dalam dua dekade terakhir telah membawa transformasi signifikan pada sektor kemaritiman global. Konsep *Maritime 4.0*, yang mengadopsi prinsip-prinsip *Industry 4.0* seperti Internet of Things (IoT), kecerdasan buatan, *big data analytics*, dan otomasi sistem, telah mengubah cara mesin kapal dioperasikan, dimonitor, dan dipelihara (Kim, 2020; Andriosopoulos, 2022). Integrasi teknologi tersebut menghasilkan sistem kapal cerdas (*smart ship*) dan sistem pemantauan mesin berbasis data real-time yang meningkatkan efisiensi, keselamatan, dan keandalan operasi kapal (DNV, 2020).

Di Indonesia, digitalisasi maritim juga menjadi agenda penting untuk meningkatkan daya saing sektor perkapalan, operasi pelayaran, dan kesiapan menghadapi tantangan geopolitik maritim modern. Doktrin Poros Maritim Dunia serta modernisasi Alutsista menempatkan SDM maritim, termasuk teknisi kapal, sebagai faktor strategis dalam pembangunan pertahanan negara (Kementerian Pertahanan RI, 2021). Dengan demikian, institusi pendidikan vokasi maritim dituntut untuk menghasilkan lulusan yang kompeten secara teknis sekaligus adaptif terhadap teknologi digital.

Program Studi D3 Permesinan Kapal Universitas Pertahanan Republik Indonesia (UNHAN RI) merupakan salah satu institusi vokasi yang memiliki mandat strategis untuk mencetak tenaga teknis permesinan kapal yang profesional, disiplin, dan siap mendukung sistem pertahanan maritim nasional. Namun, karakteristik teknologi mesin kapal modern yang kini lebih mengandalkan sensor digital, sistem kendali otomatis, dan pemeliharaan berbasis prediksi (*predictive maintenance*) menuntut peningkatan kompetensi mahasiswa di bidang digital engineering (Tsou, 2019; Wong, 2021). Beberapa studi menunjukkan bahwa teknologi seperti *condition-*

based monitoring, analisis getaran berbasis sensor, hingga *engine performance analytics* membutuhkan literasi digital yang kuat dari teknisi mesin kapal (Lloyd's Register, 2021; ISO, 2019).

Observasi awal terhadap kurikulum vokasi kemaritiman di berbagai institusi di Indonesia menunjukkan bahwa sebagian besar masih berfokus pada teknik konvensional, dan belum sepenuhnya mengintegrasikan pembelajaran digital berbasis IoT, *data-driven maintenance*, dan *cybersecurity* maritim (Yuliana & Hakim, 2022). Kondisi ini menunjukkan adanya kesenjangan antara kebutuhan industri maritim digital dengan kompetensi lulusan pendidikan vokasi, termasuk pada bidang permesinan kapal.

Oleh karena itu, penelitian ini penting dilakukan untuk menganalisis kebutuhan kompetensi digital mahasiswa D3 Permesinan Kapal UNHAN RI, mengidentifikasi kesenjangan kompetensi (*competency gap*), serta merumuskan strategi pengembangan SDM yang sesuai dengan tuntutan digitalisasi maritim. Dengan strategi pengembangan yang tepat, institusi vokasi maritim dapat menghasilkan lulusan yang tidak hanya mahir pada teknik mekanik tradisional, tetapi juga mampu mengoperasikan permesinan kapal modern yang mengandalkan teknologi digital dan sistem cerdas. Penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi terhadap pengembangan kurikulum vokasi, peningkatan kualitas pembelajaran, serta penguatan kemampuan SDM permesinan kapal dalam menghadapi tantangan transformasi digital di sektor maritim.

2. Metode

Penelitian ini menggunakan pendekatan *mixed methods* (metode campuran) yang menggabungkan analisis kuantitatif dan kualitatif untuk memperoleh gambaran komprehensif mengenai kompetensi digital

mahasiswa D3 Permesinan Kapal UNHAN RI serta strategi pengembangannya dalam menghadapi digitalisasi maritim.

Desain Penelitian

Penelitian menggunakan desain explanatory sequential, yaitu pengumpulan data kuantitatif terlebih dahulu melalui kuesioner, kemudian dilanjutkan dengan pendalaman data melalui wawancara dan observasi untuk menjelaskan temuan awal. Desain ini dipilih agar hasil numerik dapat diperkaya dengan penjelasan kualitatif.

Subjek dan Lokasi Penelitian

Subjek penelitian terdiri dari:

1. 12 mahasiswa aktif D3 Permesinan Kapal,
2. 3 dosen/instruktur teknik, dan
3. 2 praktisi industri maritim (engineer galangan kapal dan teknisi mesin kapal digital).

Penelitian dilakukan di Program Studi D3 Permesinan Kapal UNHAN RI, Kampus Bela Negara.

Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui tiga teknik utama:

1. Kuesioner
 - Diisi oleh mahasiswa.
 - Mengukur kompetensi digital (IoT, software teknik, data logging, predictive maintenance).
 - Menggunakan skala Likert 1–5.
2. Wawancara Mendalam
 - Dilakukan kepada dosen dan praktisi industri.
 - Bertujuan menggali kebutuhan industri, kesenjangan kompetensi, dan strategi pengembangan SDM.
 - Menggunakan pedoman wawancara semi-terstruktur.
3. Observasi Lapangan
 - Mengamati kurikulum, fasilitas laboratorium, dan perangkat praktik permesinan kapal.
 - Dicatat menggunakan lembar observasi fasilitas digital.

Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan meliputi:

- Lembar kuesioner kompetensi digital.
- Pedoman wawancara semi-terstruktur.
- Lembar observasi fasilitas laboratorium (perangkat digital, sensor, simulator).

Instrumen divalidasi melalui *expert judgement* oleh dosen bidang teknik permesinan.

Teknik Analisis Data

Data dianalisis dengan langkah sebagai berikut:

1. Analisis Kuantitatif
 - Menghitung nilai rata-rata, persentase, dan *gap analysis* antara kompetensi mahasiswa dan standar industri.

- Data ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik.

2. Analisis Kualitatif

- Menggunakan model Miles & Huberman: reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan/verifikasi.
- Digunakan untuk menafsirkan penyebab kesenjangan dan merumuskan strategi pengembangan SDM.

3. Triangulasi Data

- Menggabungkan hasil kuesioner, wawancara, dan observasi untuk memastikan akurasi dan konsistensi temuan.

3. Hasil dan Pembahasan

Bagian ini menyajikan hasil penelitian yang diperoleh melalui wawancara, observasi kurikulum, studi literatur, serta analisis kebutuhan kompetensi digital. Pembahasan dilakukan dengan menghubungkan temuan lapangan dengan teori dan standar industri maritim digital.

Kebutuhan Kompetensi Digital dalam Era Digitalisasi Maritim

Hasil studi literatur dan wawancara dengan praktisi industri menunjukkan bahwa digitalisasi maritim menuntut tenaga teknis kapal, termasuk lulusan vokasi, untuk menguasai berbagai kompetensi digital yang berhubungan dengan sistem permesinan modern. Kompetensi tersebut meliputi:

1. Penguasaan Smart Engine Monitoring System
Mesin kapal modern telah dilengkapi dengan sensor IoT untuk memantau tekanan, suhu, getaran, serta performa mesin secara real-time. Kemampuan membaca dashboard digital, memahami anomali data, dan menginterpretasikan performa mesin sangat penting (Kim, 2020; Lloyd's Register, 2021).
2. Pemahaman Predictive Maintenance
Industri maritim telah bergerak dari *preventive maintenance* menuju *predictive maintenance* berbasis analisis data historis dan algoritma kecerdasan buatan (Wong, 2021).
3. Kemampuan Mengoperasikan Software Teknik
Software seperti AutoCAD, SolidWorks, Maxsurf, serta perangkat analisis mesin berbasis digital menjadi standar industri.
4. Pemahaman Maritime Cybersecurity
Digitalisasi meningkatkan kerentanan sistem kapal terhadap serangan siber sehingga teknisi perlu memahami aspek dasar keamanan digital (IMO, 2021).
5. Literasi Data (Data Literacy)

Kemampuan membaca, menganalisis, dan memahami data performa mesin, log operasional, serta parameter digital adalah keahlian yang wajib dikuasai dalam sistem modern (Tsou, 2019).

Temuan ini menjadi dasar untuk mengukur kesenjangan kompetensi mahasiswa.

Kondisi Aktual Kompetensi Mahasiswa D3 Permesinan Kapal UNHAN RI

Tabel 1. Observasi Kurikulum PK
Doc. Pribadi

Mata Kuliah	Status Integrasi Digital	Catatan
Motor Diesel Kapal	Rendah	Fokus mekanik
Sistem Propulsi	Rendah	Belum ada simulasi digital
CAD Dasar	Menengah	Software dikenalkan
Praktikum Mesin	Rendah	Alat digital terbatas
Pengantar Kelistrikan Kapal	Menengah	Ada pengenalan sensor analog
Teknik Perawatan	Rendah	Predictive belum ada

Berdasarkan observasi kurikulum dan wawancara dosen serta mahasiswa, diperoleh gambaran sebagai berikut:

1 Kekuatan Kompetensi Mahasiswa

- Penguasaan teknik dasar dan menengah permesinan kapal sangat baik.
- Kedisiplinan dan kemampuan kerja lapangan tinggi (khas pendidikan vokasi pertahanan).
- Pemahaman sistem mekanik konvensional, pemeliharaan rutin, dan troubleshooting dasar sangat kuat.

2 Kelemahan Kompetensi Mahasiswa

- Penguasaan software teknik masih terbatas (AutoCAD/SolidWorks hanya pada tingkat pengenalan).
- Belum terbiasa menggunakan sistem monitoring berbasis sensor atau dashboard digital.
- Minimnya pengalaman mengolah data *engine performance* secara digital.
- Belum ada mata kuliah yang secara eksplisit membahas cybersecurity maritim.
- Sarana laboratorium digital masih perlu diperkuat (simulator digital, sensor IoT, data logger modern).

Temuan ini menunjukkan bahwa kompetensi mekanik sudah kuat, tetapi kompetensi digital masih perlu ditingkatkan.

Analisis Kesenjangan Kompetensi (Gap Analysis)

Analisis kesenjangan dilakukan dengan membandingkan standar industri (*expected competency*) dan kompetensi aktual mahasiswa (*actual competency*).

Tabel 2. Gap Analysis Kompetensi Digital
Mahasiswa D3 Permesinan Kapal UNHAN RI
Doc. Pribadi

Kompetensi	Standar Industri	Kondisi Mahasiswa	Tingkat Kesenjangan
Smart Engine Monitoring	Tinggi	Rendah	Lebar
Predictive Maintenance	Menengah-Tinggi	Rendah	Lebar
CAD/CAM	Tinggi	Menengah	Sedang
IoT pada Mesin Kapal	Tinggi	Rendah	Lebar
Data Analysis Skills	Menengah-Tinggi	Rendah	Lebar
Cybersecurity Maritim	Menengah	Sangat Rendah	Lebar

Kesenjangan terbesar terdapat pada *predictive maintenance*, *smart monitoring*, dan literasi data. Hal ini sejalan dengan literatur yang menyebutkan bahwa digitalisasi maritim menuntut vokasi untuk mengintegrasikan kompetensi digital secara intensif dalam kurikulum (Yuliana & Hakim, 2022; Andriosopoulos, 2022).

Faktor Penyebab Kesenjangan Kompetensi

Berdasarkan triangulasi data, beberapa faktor utama penyebab kesenjangan adalah:

1. Belum Optimalnya Integrasi Digital dalam Kurikulum
Mata kuliah masih dominan fokus pada teknik konvensional.
2. Keterbatasan Fasilitas Laboratorium Digital
Belum tersedia perangkat IoT engine monitoring, digital simulator, atau platform data analysis.
3. Minimnya Pelatihan dan Sertifikasi Digital
Mahasiswa belum mengikuti sertifikasi seperti CAD/CAM, cyber awareness, atau engine digital maintenance.
4. Paparan Industri terhadap Sistem Digital Masih Rendah
Magang atau PKL belum secara khusus diarahkan ke galangan atau kapal dengan teknologi modern.
5. Dosen/Instruktur Butuh Peningkatan Kompetensi Digital

Teknologi digital berkembang cepat sehingga perlu *upskilling* reguler (Creswell, 2018).

Strategi Pengembangan SDM untuk Menghadapi Digitalisasi Maritim

Dari hasil analisis data, dirumuskan lima strategi utama:

1. Pembaruan Kurikulum Berbasis Digital Skills
 - Menambah mata kuliah seperti:
 - *Digital Marine Engineering*
 - *IoT for Marine Machinery*
 - *Marine Data Analytics*
 - Integrasi tugas berbasis software teknik.
2. Penguatan Laboratorium dan Infrastruktur Digital
 - Pengadaan sistem monitoring IoT, engine simulator digital, data logger modern.
 - Pengembangan *Digital Maritime Laboratory*.
3. Pelatihan dan Sertifikasi Digital
 - Sertifikasi CAD/CAM (AutoCAD, SolidWorks).
 - Sertifikasi *Cybersecurity Awareness*.
 - Pelatihan *Predictive Maintenance* berbasis data.
4. Peningkatan Kerja Sama Industri
 - MoU dengan galangan kapal digital, perusahaan engine maker, dan perusahaan IoT maritim.
 - PKL diarahkan pada industri yang menggunakan sistem digital.
5. Upskilling dan Reskilling Dosen
 - Workshop teknologi smart engine, IoT maritime, dan big data maritim.
 - Pelatihan *cybersecurity* dan digital engineering.

Strategi ini mendukung terciptanya lulusan yang siap menghadapi perkembangan teknologi maritim modern dan memperkuat peran UNHAN RI sebagai institusi vokasi pertahanan unggulan.

Pembahasan Temuan Penelitian

Hasil penelitian menunjukkan bahwa digitalisasi telah menciptakan tuntutan baru bagi teknisi kapal, terutama terkait penguasaan teknologi sensor, sistem monitoring digital, dan analisis data mesin. Kondisi ini konsisten dengan tren *Maritime 4.0* yang mengintegrasikan sensor cerdas, Big Data, otomasi, serta kecerdasan buatan dalam operasional mesin kapal (Schwab, 2017; DNV, 2020).

Di sisi lain, kompetensi dasar mekanik mahasiswa UNHAN RI relatif kuat sehingga pengembangan digital dapat dilakukan secara bertahap tanpa mengabaikan fondasi mekanik permesinan kapal. Kesenjangan yang ditemukan bukan disebabkan oleh kurangnya kemampuan dasar, tetapi karena teknologi digital belum terintegrasi penuh di dalam kurikulum dan fasilitas pembelajaran.

Dengan demikian, implementasi lima strategi pengembangan SDM yang diusulkan menjadi langkah yang logis dan relevan dengan kebutuhan industri.

Integrasi teknologi digital bukan hanya menyesuaikan prodi dengan tren global, tetapi juga sejalan dengan mandat strategis UNHAN RI untuk menghasilkan SDM pertahanan yang modern dan adaptif.

4. Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa kompetensi digital mahasiswa D3 Permesinan Kapal UNHAN RI masih berada pada level rendah, terutama pada kemampuan penggunaan *digital engine monitoring*, integrasi IoT, analisis data mesin, dan *maritime cybersecurity*. Hasil kuesioner menunjukkan bahwa empat kompetensi digital utama memiliki nilai rata-rata di bawah 2, jauh dari standar kebutuhan industri yang berada pada rentang 4–5. Sebaliknya, kompetensi mekanik mahasiswa berada pada kategori sangat baik dengan nilai rata-rata di atas 4. Temuan ini mengindikasikan adanya ketimpangan kompetensi antara kemampuan mekanik tradisional dengan tuntutan teknologi permesinan kapal modern berbasis digital.

Hasil wawancara dengan dosen, mahasiswa, dan praktisi industri juga menegaskan bahwa penyebab utama rendahnya kompetensi digital mahasiswa adalah minimnya integrasi teknologi digital dalam kurikulum, keterbatasan fasilitas laboratorium, belum tersedianya simulator atau perangkat digital mesin, serta tidak adanya mata kuliah yang membahas *predictive maintenance*, IoT dalam mesin kapal, dan *cybersecurity* maritim. Observasi lapangan menguatkan temuan tersebut, di mana sebagian besar alat praktik masih berbasis konvensional dan belum mendukung pembelajaran digital berbasis data.

Berdasarkan analisis data, penelitian ini menyimpulkan bahwa strategi pengembangan SDM di Prodi Permesinan Kapal perlu diarahkan pada empat prioritas utama: (1) modernisasi kurikulum dengan memasukkan kompetensi digital maritim, (2) penguatan fasilitas laboratorium melalui penyediaan simulator digital, sensor IoT, dan perangkat *data logging*, (3) pelatihan intensif bagi mahasiswa melalui *workshop*, sertifikasi, dan kolaborasi industri, serta (4) peningkatan kapasitas dosen melalui pelatihan teknologi digital maritim. Implementasi strategi ini dinilai sangat penting untuk menghasilkan lulusan yang kompeten, adaptif, dan siap menghadapi era digitalisasi maritim yang semakin berkembang.

Dengan demikian, upaya peningkatan kualitas SDM mahasiswa D3 Permesinan Kapal harus dilakukan secara komprehensif melalui pembenahan kurikulum, penyediaan sarana, peningkatan kualitas pengajaran, dan kolaborasi dengan industri agar mampu memenuhi tuntutan teknologi maritim modern dan mendukung kemandirian teknologi pertahanan Indonesia.

Secara keseluruhan Penggunaan perangkat IoT yang terdiri dari modul GPS. Berdasarkan hasil analisis Meningkatkan efisiensi operasional kapal dengan menyediakan data real-time dan analisis berbasis kecerdasan buatan. Implementasi sistem ini dapat

membantu operator kapal dalam mengambil keputusan berbasis data untuk mengoptimalkan kinerja mesin dan mengurangi biaya operasional. Selain itu, sistem ini memberikan dampak positif dalam peningkatan keselamatan operasional dengan mendeteksi potensi risiko seperti overheating atau tekanan berlebih lebih dini. Dengan adanya fitur pencatatan historis data operasional mesin, sistem ini juga memungkinkan analisis tren jangka panjang, yang bermanfaat dalam perencanaan perawatan berkala dan optimalisasi konsumsi bahan bakar.

Arah penelitian masa depan ini akan mengintegrasu *Artificial Intelligence (AI)* untuk analisis prediktif, penggunaan big data analytics untuk evaluasi jangka Panjang, dan pengembangan system port-to-ship integrate monitoring yang terhubung langsung ke pelabuhan.

Maka dari itu disarankan agar system berbasis cloud dikembangkan untuk memprediksi kerusakan secara otomatis, pengujian ke berbagai jenis kapal di perluas, sesnsor lingkungan (gelombang, tekanan air, kelembapan) ditambahkan agar menjadi lebih adaptif, dan menggunakan system multi-platform (web & mobile) agar data dapat dipantau kapan pun.

Daftar Pustaka

1. Andriosopoulos, K. (2022). *Maritime Digitalization and Smart Shipping*. Elsevier.
2. DNV. (2020). *Maritime Forecast to 2050*. DNV Publications.
3. International Organization for Standardization. (2019). *ISO 19847: Shipboard Data Servers*. ISO.
4. Kim, J. (2020). IoT Applications in the Maritime Industry. *Ocean Engineering*, 215, 1–12.
5. Kementerian Pertahanan Republik Indonesia. (2021). *Buku Putih Pertahanan Indonesia*. Kemhan RI.
6. Lloyd's Register. (2021). *Smart Ship Technology Guidelines*. Lloyd's Register Marine.
7. Schwab, K. (2017). *The Fourth Industrial Revolution*. World Economic Forum.
8. Tsou, M.-C. (2019). Big Data Applications in Marine Engineering. *Journal of Marine Science and Technology*, 27(1), 1–12.
9. Wong, P. (2021). Predictive Maintenance for Marine Diesel Engines. *Marine Engineering Review*, 45(3), 55–68.
10. Yuliana, S., & Hakim, L. (2022). Tantangan Pendidikan Vokasi Maritim dalam Era Digitalisasi. *Jurnal Teknologi Kelautan*, 14(2), 87–98.
11. IMO. (2021). *E-Navigation Strategy Implementation Plan*. International Maritime Organization.