Transformasi *Engine Room Simulator* Berbasis *Immersive Learning* untuk Peningkatan Kompetensi Teknis dan Non-Teknis Taruna

Transformation of an Immersive Learning-Based Engine Room Simulator to Enhance Cadets' Technical and Non-Technical Competencies

Afdolludin Afta Tazani
Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang, Jawa Tengah – Indonesia

Article Info

Article history:

Received Nov 12, 2025
Revised Nov 21, 2025
Accepted Nov 30, 2025

Kata Kunci*:*

Engine Room Simulator, *Immersive Learning*, Kompetensi Teknis, Kompetensi Non-Teknis, Taruna.

Keywords:

Engine Room Simulator, Immersive Learning, Technical Competence, Non-Technical Competence, Cadets.

ABSTRAK

Transformasi digital dalam pendidikan dan pelatihan kepelautan mendorong perubahan paradigma dari pembelajaran berbasis instruksi menuju pembelajaran yang lebih kontekstual, interaktif, aman, dan berorientasi pada pengalaman. *Engine Room Simulator* (ERS) selama ini telah digunakan sebagai sarana untuk melatih kemampuan taruna dalam mengoperasikan mesin dan sistem pendukung kapal tanpa menghadapkan peserta didik pada risiko operasional di kapal sebenarnya. Namun demikian, penggunaan simulator konvensional yang didominasi antarmuka dua dimensi atau *desktop* masih memiliki keterbatasan dalam menghadirkan persepsi ruang, kehadiran, interaksi fisik, tekanan situasional, dan kompleksitas lingkungan kerja ruang mesin. Artikel ini bertujuan menganalisis transformasi ERS melalui pendekatan *immersive learning* serta merumuskan model pembelajaran yang mampu mengembangkan kompetensi teknis dan non-teknis taruna secara terpadu. Penelitian menggunakan pendekatan studi literatur integratif dengan menelaah publikasi ilmiah dalam rentang 2017–2026 mengenai *engine room simulator*, *virtual reality*, *immersive learning*, *simulation-based learning*, *maritime education and training*, kompetensi teknis, kompetensi non-teknis, serta standar kompetensi pelaut. Hasil kajian menunjukkan bahwa transformasi ERS berbasis *immersive learning* berpotensi meningkatkan penguasaan prosedur pengoperasian mesin, diagnosis gangguan, pengambilan keputusan, kesadaran situasional, komunikasi, kerja sama tim, kepemimpinan, dan pengelolaan stres. Transformasi tersebut tidak cukup dilakukan dengan mengganti monitor simulator menjadi *head-mounted display*, tetapi membutuhkan rekayasa pedagogis yang mencakup *pre-briefing*, skenario adaptif, interaksi multisensori, *scenario-based training*, kolaborasi antartaruna, *real-time feedback*, *debriefing*, dan asesmen berbasis kompetensi. Artikel ini menghasilkan model konseptual Transformasi *ERS–Immersive Learning* yang mengintegrasikan empat komponen utama, yaitu *immersive environment*, *authentic scenario*, *competency-based assessment*, dan *reflective debriefing*. Model tersebut dapat menjadi dasar pengembangan pembelajaran simulator di lembaga pendidikan dan pelatihan kepelautan untuk menghasilkan lulusan yang tidak hanya kompeten secara teknis, tetapi juga memiliki kemampuan non-teknis yang diperlukan untuk menghadapi situasi operasional, abnormal, dan darurat di kapal.

ABSTRACT

Digital transformation in maritime education and training is driving a paradigm shift from instruction-based learning toward learning that is more contextual, interactive, safe, and experience-oriented. Engine Room Simulators (ERS) have long been used to train cadets in operating ship machinery and support systems without exposing them to the operational risks associated with actual vessels. However, conventional simulators—dominated by two-dimensional or desktop interfaces—still have limitations in conveying spatial perception, a sense of presence, physical interaction, situational pressure, and the complexity of the engine room work environment. This article aims to analyze the transformation of ERS through an immersive learning approach and to formulate a learning model capable of developing cadets' technical and non-technical competencies in an integrated manner. The study employs an integrative literature review approach, examining scientific publications from 2017 to 2026 regarding engine room simulators, virtual reality, immersive learning, simulation-based learning, maritime education and training, technical and non-technical competencies, and seafarer competency standards. The findings indicate that an immersive learning-based ERS transformation has the potential to enhance proficiency in machinery operation procedures, fault diagnosis, decision-making, situational awareness, communication, teamwork, leadership, and stress management. This transformation requires more than simply replacing simulator monitors with head-mounted displays; it necessitates pedagogical engineering that encompasses pre-briefing, adaptive scenarios, multisensory interaction, scenario-based training, cadet collaboration, real-time feedback, debriefing, and competency-based assessment. The article proposes a conceptual model for ERS–Immersive Learning Transformation that integrates four key components: immersive environment, authentic scenario, competency-based assessment, and reflective debriefing. The model can serve as a basis for developing simulator-based training at maritime education and training institutions to produce graduates who are not only technically competent but also possess the non-technical skills required to handle operational, abnormal, and emergency situations on board.

This is an open access article under the CC BY-SA license.

Corresponding Author*:

Name: Afdolludin Afta Tazani
Institution: Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang, Jl. Singosari Raya No.2A, Wonodri, Kec. Semarang Sel., Kota Semarang, Jawa Tengah 50242 – Indonesia
Email: aa.zani@pip-semarang.ac.id

1. PENDAHULUAN

Perkembangan industri pelayaran berlangsung dalam lingkungan yang semakin kompleks. Kapal modern tidak hanya mengalami peningkatan ukuran dan kapasitas, tetapi juga mengalami transformasi teknologi melalui otomatisasi, integrasi sistem kendali, digitalisasi informasi, sistem monitoring terkomputerisasi, serta penggunaan teknologi yang semakin kompleks pada sistem propulsi dan mesin bantu. Perubahan tersebut membawa

konsekuensi terhadap kompetensi sumber daya manusia yang bekerja di atas kapal. Seorang perwira mesin tidak cukup hanya memiliki kemampuan mengoperasikan mesin berdasarkan prosedur standar, tetapi juga harus mampu menganalisis kondisi sistem, mengidentifikasi gangguan, mengambil keputusan secara tepat, berkomunikasi dengan anggota tim, bekerja dalam tekanan, dan mempertahankan keselamatan operasi.

International Maritime Organization (IMO) melalui kerangka *Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers* (STCW) menempatkan kompetensi sebagai dasar pendidikan, pelatihan, dan sertifikasi pelaut. Dengan demikian, pendidikan kepelautan tidak dapat hanya berorientasi pada transfer pengetahuan, tetapi harus menghasilkan kemampuan yang dapat ditunjukkan melalui performa nyata.

Dalam konteks pendidikan vokasi pelayaran, kesenjangan antara teori dan praktik merupakan salah satu persoalan yang harus terus mendapatkan perhatian. Taruna dapat memahami prinsip kerja mesin diesel, sistem bahan bakar, sistem pelumasan, sistem pendinginan, sistem udara tekan, sistem kelistrikan, serta sistem kontrol secara teoritis. Namun, pemahaman konseptual tersebut belum tentu secara otomatis menghasilkan kemampuan operasional ketika taruna dihadapkan pada situasi nyata yang melibatkan banyak variabel secara simultan.

Engine Room Simulator (ERS) dikembangkan sebagai salah satu solusi untuk menjembatani kesenjangan tersebut. Simulator memungkinkan taruna berinteraksi dengan representasi sistem mesin kapal, melakukan prosedur pengoperasian, melakukan watchkeeping, menangani kondisi abnormal, dan merespons keadaan darurat dalam lingkungan yang relatif aman. Namun, ERS konvensional memiliki keterbatasan. Antarmuka berbasis layar komputer, panel kontrol, atau representasi dua dimensi dapat membuat pengalaman belajar masih berjarak dari kondisi ruang mesin kapal sebenarnya.

Perkembangan *Virtual Reality* (VR) memberikan peluang untuk mengatasi sebagian keterbatasan tersebut. Teknologi VR memungkinkan peserta didik masuk ke dalam lingkungan digital tiga dimensi dan berinteraksi dengan objek secara lebih natural. Dalam konteks pendidikan teknik kelautan, VR dapat membantu peserta didik memahami prinsip kerja sistem teknik kelautan dan meningkatkan kemampuan operasi praktis.

Perkembangan tersebut menunjukkan bahwa transformasi ERS tidak lagi sekadar persoalan meningkatkan kualitas visual simulator. Transformasi yang lebih mendasar adalah perubahan paradigma pembelajaran dari *simulation technology* menuju *immersive learning*. Dalam *immersive learning*, teknologi bukan menjadi tujuan utama, melainkan lingkungan yang memungkinkan peserta didik mengalami, melakukan, mengambil keputusan, menerima konsekuensi, melakukan refleksi, dan mengulangi pengalaman belajar.

Selain kompetensi teknis, aspek non-teknis menjadi semakin penting dalam pendidikan kepelautan. Kecelakaan kapal tidak selalu disebabkan oleh kegagalan teknis. Kesalahan manusia, komunikasi yang tidak efektif, pengambilan keputusan yang buruk, kurangnya koordinasi, lemahnya kepemimpinan, dan kegagalan mempertahankan kesadaran situasional dapat memperbesar risiko kecelakaan.

Oleh karena itu, ERS seharusnya tidak hanya digunakan untuk melatih *starting and stopping main engine*, *fuel oil transfer*, *cooling water management*, *lubricating oil system*, atau

electrical power management. ERS juga harus mampu menjadi lingkungan untuk melatih kemampuan mengenali masalah, menentukan prioritas, mengomunikasikan informasi, membagi tugas, memimpin tim, mengelola beban kerja, serta mempertahankan *situational awareness*.

Tujuan penelitian ini adalah menganalisis perkembangan penggunaan ERS dalam pendidikan kepelautan, menganalisis potensi *immersive learning* dalam meningkatkan kompetensi teknis dan non-teknis taruna, mengidentifikasi komponen pedagogis yang diperlukan, serta merumuskan model konseptual transformasi ERS berbasis *immersive learning*.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan *integrative literature review* dengan analisis deskriptif-kualitatif. Pendekatan tersebut dipilih karena tujuan penelitian bukan menguji efektivitas suatu simulator tertentu secara eksperimental, melainkan mengintegrasikan temuan penelitian terdahulu untuk menghasilkan model konseptual transformasi ERS berbasis *immersive learning*.

Kajian difokuskan pada publikasi dalam periode 2017–2026. Penelusuran literatur menggunakan kombinasi kata kunci *engine room simulator*, *virtual reality engine room simulator*, *immersive learning maritime education*, *virtual reality maritime training*, *simulation-based learning maritime*, *marine engineering education*, *technical competence seafarer*, *non-technical skills maritime*, *maritime simulator training*, dan *competency-based maritime education*.

Literatur dimasukkan apabila dipublikasikan antara 2017–2026, membahas pendidikan, pelatihan, simulasi, VR, atau kompetensi, memiliki relevansi dengan pendidikan vokasi, pendidikan teknik, atau pendidikan maritim, serta berasal dari jurnal, prosiding, atau sumber kelembagaan yang dapat diverifikasi. Literatur dikeluarkan apabila tidak memiliki hubungan dengan pendidikan atau pelatihan, hanya membahas VR untuk hiburan, tidak relevan dengan kompetensi, atau merupakan opini tanpa basis akademik.

Analisis dilakukan melalui empat tahap, yaitu identifikasi, seleksi, kategorisasi, dan sintesis. Kategorisasi mencakup teknologi simulator, *immersive learning*, kompetensi teknis, kompetensi non-teknis, desain pembelajaran, asesmen, pengalaman pengguna, dan kendala implementasi.

Kompetensi teknis dianalisis melalui pemahaman sistem mesin, pengoperasian mesin utama dan bantu, pemantauan parameter, diagnosis gangguan, penerapan prosedur operasi, penanganan kondisi abnormal, dan respons keadaan darurat. Kompetensi non-teknis mencakup *situational awareness*, *decision making*, *communication*, *teamwork*, *leadership*, *workload management*, *problem solving*, dan *stress management*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil kajian menunjukkan bahwa perkembangan ERS dapat dipahami melalui tiga tahap utama. Tahap pertama adalah *computer-based simulation* yang berfokus pada representasi digital sistem mesin dan pengoperasian melalui layar komputer. Tahap kedua adalah *high-fidelity simulator* yang meningkatkan realisme sistem, kontrol, alarm, indikator, dan perilaku sistem. Tahap ketiga adalah *immersive ERS* yang memanfaatkan VR, HMD, interaksi tiga dimensi, *motion tracking*, *spatial audio*, dan lingkungan virtual responsif.

Transformasi tersebut dapat dirumuskan sebagai: ERS konvensional → *High-Fidelity ERS* → VR-ERS → *Adaptive Immersive ERS*. Tahap terakhir merupakan

arah pengembangan strategis karena sistem tidak hanya memberikan lingkungan imersif, tetapi juga dapat menyesuaikan skenario berdasarkan performa peserta didik.

Immersive learning memberikan keuntungan pada *spatial awareness*. Ruang mesin kapal merupakan lingkungan kompleks yang memiliki berbagai komponen, jalur pipa, *valve*, pompa, generator, mesin utama, sistem pendinginan, sistem bahan bakar, dan peralatan lainnya. Lingkungan VR memungkinkan taruna berpindah lokasi, melihat posisi peralatan, mengidentifikasi komponen, melakukan inspeksi, mencari lokasi *valve*, mengikuti jalur sistem, dan melakukan pemeriksaan visual.

Immersive ERS juga dapat mengubah *procedural knowledge* menjadi pengalaman. Taruna tidak hanya membaca urutan pemeriksaan sistem pelumasan, pendinginan, udara *start*, bahan bakar, *turning gear*, tekanan, dan prosedur *start*, tetapi melakukan setiap langkah secara interaktif. Apabila langkah tertentu dilewati, simulator dapat memberikan konsekuensi. Dengan demikian, pembelajaran berubah dari mengetahui prosedur menjadi mampu melaksanakan prosedur.

Kompetensi diagnosis dan *problem solving* dapat dilatih melalui skenario gangguan bertingkat. Level pertama berupa *simple fault*, level kedua *multiple symptoms*, level ketiga *cascading failure*, dan level keempat *emergency*. Pendekatan tersebut mengembangkan *diagnostic reasoning* karena taruna harus menghubungkan berbagai parameter untuk menentukan penyebab gangguan.

Immersive ERS juga memiliki potensi besar untuk mengembangkan *situational awareness*. Taruna perlu memahami apa yang sedang terjadi, mengapa hal tersebut terjadi, dan apa yang mungkin terjadi selanjutnya. Skenario dapat dimulai dari operasi normal, diikuti penurunan tekanan atau peningkatan temperatur, kemudian muncul alarm dan konsekuensi sistem. Dengan demikian, *situational awareness* dilatih sebagai kemampuan perseptual dan kognitif, bukan hanya pengetahuan teoretis.

Kompetensi non-teknis dapat dikembangkan melalui skenario kolaboratif. Taruna dapat diberi peran sebagai *duty engineer*, *assistant engineer*, *oiler*, atau *electrical officer*. Ketika terjadi gangguan, mereka harus menyampaikan informasi, memberikan instruksi, melakukan konfirmasi, melaporkan hasil, dan berkoordinasi. Hal tersebut memungkinkan *communication*, *teamwork*, dan *leadership* dinilai secara langsung.

Decision making juga dapat dilatih melalui skenario *time-critical*. Misalnya ketika terjadi *blackout*, taruna harus menentukan prioritas antara menghidupkan generator, mencari penyebab, memastikan sistem keselamatan, meminta bantuan, atau mengaktifkan prosedur *emergency*. Simulator dapat memberikan konsekuensi berbeda terhadap keputusan yang diambil.

Stress management dapat dilatih secara bertahap melalui alarm, suara mesin, lampu peringatan, keterbatasan waktu, beberapa masalah simultan, komunikasi dari anjungan, dan perubahan kondisi operasi. Tujuannya bukan menimbulkan ketakutan, tetapi melatih kemampuan mempertahankan performa dalam tekanan.

Berdasarkan sintesis literatur, artikel ini mengusulkan *ERS-IL Competency Transformation Model* yang terdiri atas lima komponen: *immersive environment*, *authentic scenario*, *competency integration*, *real-time assessment*, dan *reflective debriefing*. *Immersive environment* mencakup HMD, *controller*, *3D engine room*, *spatial audio*, *interactive equipment*, dan visual alarm. *Authentic scenario* mencakup

normal operation, *watchkeeping*, *abnormal operation*, *emergency*, *maintenance*, dan *troubleshooting*. *Competency integration* menggabungkan *technical competence* dan *non-technical competence*. *Real-time assessment* mencatat waktu *respons*, kesalahan prosedur, urutan tindakan, parameter, keputusan, komunikasi, dan koordinasi. *Reflective debriefing* mengubah pengalaman menjadi pembelajaran melalui siklus *Experience → Feedback → Reflection → Correction → Repetition → Mastery*.

Transformasi *immersive ERS* juga mengubah peran instruktur dari *instructor-demonstrator* menjadi *facilitator*, *scenario designer*, *assessor*, dan *coach*. Instruktur perlu mampu merancang skenario, menetapkan *learning objectives*, mengatur tingkat kesulitan, mengamati performa, memberikan umpan balik, melakukan *debriefing*, dan menilai kompetensi.

Debriefing menjadi inti pembelajaran karena pengalaman simulasi tidak otomatis menjadi pembelajaran. Taruna perlu memahami apa yang dilakukan, apa yang salah, mengapa salah, apa konsekuensinya, bagaimana seharusnya, dan apa yang akan dilakukan pada situasi berikutnya. Rekaman tindakan, waktu respons, perubahan parameter, komunikasi, dan keputusan dapat digunakan sebagai bahan refleksi.

Tahap lebih lanjut adalah *adaptive immersive learning*. Sistem dapat mengidentifikasi kesalahan yang sering dilakukan, waktu penyelesaian, jenis gangguan yang sulit, keputusan yang salah, dan prosedur yang belum dikuasai. Selanjutnya simulator dapat memberikan latihan tambahan yang lebih personal.

Integrasi *artificial intelligence* juga dapat dikembangkan sebagai *intelligent tutoring system*, *virtual instructor*, *virtual crew*, generator skenario, analisis performa, sistem rekomendasi latihan, dan *automated feedback*. Namun AI harus ditempatkan sebagai pendukung instruktur, bukan pengganti instruktur.

Implementasi *immersive ERS* memiliki keterbatasan berupa *motion sickness*, *cognitive overload*, *technology acceptance*, biaya, dan *fidelity gap*. *Virtual reality* tidak sepenuhnya menggantikan pengalaman di kapal. Oleh karena itu, *immersive ERS* harus ditempatkan sebagai jembatan menuju pengalaman kapal dan diintegrasikan dengan praktik laboratorium, simulator konvensional, dan praktik laut.

Model pembelajaran ideal dapat dirancang melalui tahapan *classroom → desktop ERS → immersive ERS → collaborative ERS → emergency scenario → debriefing → assessment → shipboard training*. Model tersebut memberikan kesinambungan antara teori, simulasi, dan praktik.

Keberhasilan implementasi dapat diukur melalui *Technical Competence Index*, *Non-Technical Competence Index*, *Learning Experience Index*, dan *Transfer Index*. Indikator teknis mencakup prosedur, akurasi, diagnosis, *troubleshooting*, dan *emergency response*. Indikator non-teknis mencakup komunikasi, *teamwork*, *leadership*, situational *awareness*, dan *decision making*.

Tabel 1. Matriks Kompetensi ERS Berbasis *Immersive Learning*

Dimensi	Kompetensi	Aktivitas Simulator	Indikator
Teknis	Operasi mesin utama	*Start/Stop*	Prosedur benar
Teknis	*Monitoring*	*Monitoring parameter*	Deteksi abnormal

Teknis	*Troubleshooting*	*Fault scenario*	Diagnosis tepat
Teknis	*Emergency*	*Blackout*	Respons sesuai SOP
Teknis	*Safety*	*Emergency shutdown*	Tindakan aman
Non-teknis	*Communication*	*Team scenario*	Informasi jelas
Non-teknis	*Teamwork*	*Multi-user simulation*	Koordinasi
Non-teknis	*Leadership*	*Emergency command*	Instruksi efektif
Non-teknis	*Decision making*	*Time-critical scenario*	Keputusan tepat
Non-teknis	*Situational awareness*	*Multi-event scenario*	Identifikasi kondisi
Non-teknis	*Stress management*	*Emergency scenario*	Stabilitas performa
Non-teknis	*Problem solving*	*Fault diagnosis*	Solusi sistematis

4. KESIMPULAN

Transformasi *Engine Room Simulator* berbasis *immersive learning* merupakan perkembangan penting dalam pendidikan dan pelatihan kepelautan. Perubahan tersebut tidak sekadar mengganti simulator berbasis monitor menjadi simulator berbasis *Virtual Reality*, tetapi merupakan transformasi paradigma dari pembelajaran berbasis representasi menuju pembelajaran berbasis pengalaman.

Hasil kajian menunjukkan bahwa *immersive ERS* memiliki potensi kuat dalam meningkatkan kompetensi teknis taruna, terutama dalam pengenalan sistem mesin, pengoperasian mesin utama dan mesin bantu, pemantauan parameter, diagnosis gangguan, *troubleshooting*, penanganan kondisi abnormal, dan respons keadaan darurat. Lingkungan tiga dimensi memungkinkan taruna memperoleh pemahaman spasial yang lebih baik serta melakukan prosedur secara berulang dalam kondisi aman.

Di sisi lain, *immersive ERS* memiliki potensi yang sama pentingnya dalam pengembangan kompetensi non-teknis. Skenario berbasis tim dapat digunakan untuk mengembangkan komunikasi, *teamwork*, *leadership*, *decision making*, *situational awareness*, *problem solving*, dan kemampuan mengelola tekanan. Dengan demikian, simulator dapat bergerak dari sekadar sarana latihan teknis menjadi lingkungan pembelajaran sosio-teknis.

Kajian menunjukkan bahwa efektivitas *immersive learning* tidak ditentukan oleh tingkat imersi semata. Kualitas desain pedagogis, skenario, asesmen, umpan balik, dan *debriefing* tetap menjadi faktor utama. Oleh karena itu, artikel ini mengusulkan *ERS-IL Competency Transformation Model* yang mengintegrasikan *immersive environment*, *authentic scenario*, *competency integration*, *real-time assessment*, dan *reflective debriefing*.

Immersive ERS tidak dapat dipandang sebagai pengganti pengalaman praktik di kapal. Teknologi ini seharusnya ditempatkan sebagai jembatan antara teori dan praktik, sekaligus sebagai lingkungan aman untuk mempersiapkan taruna menghadapi kondisi normal, abnormal, dan darurat sebelum memasuki lingkungan kapal sebenarnya.

Penelitian lanjutan direkomendasikan menggunakan desain *quasi-experimental* atau *mixed-method* dengan membandingkan kelompok yang menggunakan ERS konvensional dan *immersive ERS*. Variabel

yang dapat diukur mencakup kompetensi teknis, kompetensi non-teknis, *situational awareness*, *decision making*, retensi pembelajaran, transfer kompetensi, *usability*, *cognitive load*, dan kesiapan praktik laut.

DAFTAR PUSTAKA

Ala, A., Hamidi, N., Yoniessa, S., Masito, F., & Muis, M. A. (2024). Simulation-Based Learning in Maritime Training: Enhancing Competency and Preparedness. Meteor STIP Marunda, 17(1), 95–102.

Apor, M. D. (2025). The Role of Engine Room Simulators in Strengthening Applied Maritime Education. International Journal of Applied Mathematics, 38(4S).

Coban, M., Bolat, Y. I., & Goksu, I. (2022). The Potential of Immersive Virtual Reality to Enhance Learning: A Meta-Analysis. Educational Research Review, 36, 100452.

Conrad, M., Kablitz, D., & Schumann, S. (2024). Learning Effectiveness of Immersive Virtual Reality in Education and Training: A Systematic Review of Findings. Computers & Education: X Reality, 100053.

D'Augusta, V., Gazzaneo, L., Longo, F., Manfredi, K. A., Nicoletti, L., Padovano, A., Solina, V., & Talarico, S. (2025). Advancing Maritime Training Through A VR-Enhanced Ship Bridge Simulator: A Preliminary Usability Analysis. Technology and Science for the Ships of the Future.

Hamilton, D., McKechnie, J., Edgerton, E., & Wilson, C. (2021). Immersive Virtual Reality as A Pedagogical Tool in Education: A Systematic Literature Review of Quantitative Learning Outcomes and Experimental Design. Journal of Computers in Education, 8, 1–32.

Hartati, D. V., Yusrizal, Y., & Bahrun, B. (2021). English Learning Management of Maritim Taruna in Seamanship Education and Training Center of Malahayati Aceh. Jurnal Pendidikan Progresif, 11(3), 580–586. DOI: http://dx.doi.org/10.23960/jpp.v11.i3.2021009

Rachman, A., & Simanjuntak, M. (2020). Analyze Education and Training Using Marine Engine Simulator at STIP Jakarta Indonesia. Proceedings of ICMASES.

Shen, H. (2019). Development of An Educational Virtual Reality Training System for Marine Engineers. Computer Applications in Engineering Education, 27(3), 580–602.

Siregar, M. (2022). Principal Managerial Competency in Learning Quality Improvement. Jurnal Curere, 6(1), 104–112. http://dx.doi.org/10.36764/jc.v6i1.718

Siregar, M. S. (2022). Kompetensi Manajerial Kepala Sekolah dalam Peningkatan Mutu Pembelajaran. Curere, 6(1), 104–112. http://dx.doi.org/10.36764/jc.v6i1.718

Siregar, M. S., & Hartati, D. V. (2023). Pengoperasian Dynamic Positioning System di Kapal PSV. WM Sulawesi saat Snatching pada Drillship GSF Explorer. Airman: Jurnal Teknik Dan Keselamatan Transportasi, 6(2), 189–198. https://doi.org/10.46509/ajtk.v6i2.413

Sutanto, H., & Sutrisno, I. (2025). Development of Virtual Reality-Based Engine Room Simulator for Marine Engineering Training. International Journal of Marine Engineering Innovation and Research, 10(4), 1294–1297.

Wiig, A. C., Sellberg, C., & Solberg, M. (2023). Reviewing Simulator-Based Training and Assessment in Maritime Education: A Topic Modelling

Approach for Tracing Conceptual Developments. WMU Journal of Maritime Affairs, 22, 143–164.

Won, M., Kencana Ungu, D. A., Matovu, H., Treagust, D. F., Tsai, C.-C., Park, J., Mocerino, M., & Tasker, R. (2023). Diverse Approaches to Learning with Immersive Virtual Reality Identified From A Systematic Review. Computers & Education, 195, 104701.

Wu, B., Yu, X., & Gu, X. (2020). Effectiveness of Immersive Virtual Reality using Head-Mounted Displays on Learning Performance: A Meta-Analysis. British Journal of Educational Technology.

Yu, Z., & Xu, W. (2022). A Meta-Analysis and Systematic Review of The Effect of Virtual Reality Technology on Users' Learning Outcomes. Computer Applications in Engineering Education, 30(5), 1470–1484.

Zaini, Z. R. H. (2020). The Effectiveness of Engine Room Simulator (ERS) as A Learning Tool in Maritime Education and Training (MET). Master's dissertation, World Maritime University.

Zaini, Z. R. H. (2025). Engine-Room Simulator (ERS) as Assessment Tool in Higher Education: Case Study of A Maritime Education & Training Institution In Malaysia. ALAM Journal of Maritime Studies, 4(1), 48–64.