



PENGARUH MEDIA PEMBELAJARAN AUGMENTED REALITY TERHADAP HASIL BELAJAR KIMIA MARITIM SESUAI STANDAR IMO MODEL COURSE 7.04

Encis Indah Suryaningsih^{1*}, Khoirotun Nafillah², Aprilina³

^{1*}Universitas Maritim AMNI, Indonesia

²Politeknik Maritim Negeri, Indonesia

³Universitas Maritim AMNI, Indonesia

*Email Korespondensi : encis.indah.suryaningsih@gmail.com

Alamat : Jl. Sukarno – Hatta 180 Semarang

Korespondensi penulis: encis.indah.suryaningsih@gmail.com

Abstract IMO Model Course 7.04 sets minimum competency standards for maritime officers assigned to engine rooms for safety. This study aims to analyze the effect of Augmented Reality-based learning media on maritime chemistry learning outcomes in accordance with IMO Model Course 7.04 standards. This study used a quantitative approach with a quasi-experimental design using a pretest-posttest control group design conducted in the even semester of 2024/2025 with a purposive sampling technique that allows researchers to select respondents based on certain criteria relevant to the research objectives. The results showed that the experimental group excelled in all aspects of maritime chemistry learning. The highest increase occurred in the aspect of "Corrosion and Metal Protection" with a difference of 14.37 points, indicating that AR visualization is very effective for understanding corrosion processes that are difficult to observe directly. The very positive student response to the application of AR learning media (an average of 4.25 on a scale of 5) indicates that this technology is not only academically effective but also well received in terms of user experience and learning motivation. It is concluded that the application of Augmented Reality-based learning media has a significant impact on improving maritime chemistry learning outcomes.

Keywords: Competence, Learning Motivation, AR Visualization, Learning Media

Abstrak. IMO Model Course 7.04 menetapkan standar minimum kompetensi untuk perwira pelayaran yang bertugas di kamar mesin agar aman. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh media pembelajaran berbasis Augmented Reality terhadap hasil belajar kimia pelayaran sesuai dengan standar IMO Model Course 7.04. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain quasi-experimental menggunakan pretest-posttest control group design yang dilaksanakan pada semester genap 2024/2025 dengan teknik purposive sampling yang memungkinkan peneliti memilih responden berdasarkan kriteria tertentu yang relevan dengan tujuan penelitian. Hasil menunjukkan bahwa kelompok eksperimen unggul di semua aspek pembelajaran kimia maritim. Peningkatan tertinggi terjadi pada aspek "Korosi dan Proteksi Logam" dengan selisih 14,37 poin, yang mengindikasikan bahwa visualisasi AR sangat efektif untuk memahami proses korosi yang sulit diamati secara langsung. Respon siswa yang sangat positif terhadap penerapan media pembelajaran AR (rata-rata 4,25 dari Skala 5) menunjukkan bahwa teknologi ini tidak hanya efektif secara akademis tetapi juga diterima dengan baik dari aspek pengalaman pengguna dan motivasi belajar. Disimpulkan penerapan media pembelajaran berbasis Augmented Reality memberikan pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan hasil belajar kimia pelayaran.

Kata Kunci:: Kompetensi, Motivasi Belajar, Visualisasi AR, Media Pembelajaran

Received: Juni, 2025; Revised: Agustus 11, 2025; Accepted: Agustus 12, 2025; **Online Available:** September 7, 2025; **Published:** September 7, 2025;

* Encis Endah Suryaningsih, encis.indah.suryaningsih@gmail.com

1. LATAR BELAKANG

Industri maritim modern menghadapi tantangan kompleks dalam mempersiapkan sumber daya manusia yang kompeten, khususnya dalam bidang teknik pelayaran yang memerlukan pemahaman mendalam tentang prinsip-prinsip kimia maritim. Kemajuan teknologi dan regulasi internasional yang semakin ketat menuntut tenaga kerja pelayaran untuk menguasai konsep-konsep kimia yang berkaitan dengan operasional kapal, keselamatan lingkungan laut, dan penanganan bahan berbahaya (Du et al, 2018). International Maritime Organization (IMO) telah menetapkan standar kompetensi melalui IMO Model Course 7.04 yang mengatur pembelajaran kimia pelayaran bagi perwira mesin dan engineer di kapal (Kalnina & Priednieks, 2017). Namun implementasi pembelajaran konvensional seringkali menghadapi kendala dalam visualisasi konsep abstrak dan simulasi praktik yang realistis.

Pembelajaran kimia pelayaran secara tradisional menghadapi berbagai tantangan pedagogis yang signifikan, terutama dalam menghubungkan teori abstrak dengan aplikasi praktis di lingkungan maritim. Konsep-konsep seperti korosi logam di lingkungan laut, proses pembakaran bahan bakar, reaksi kimia dalam sistem pendingin, dan penanganan limbah kimia memerlukan visualisasi yang kompleks untuk dapat dipahami secara komprehensif oleh peserta didik (Shifler, 2005). IMO Model Course 7.04 menetapkan standar minimum kompetensi untuk perwira yang bertugas sebagai pengawas mesin di ruang mesin yang diawasi atau engineer yang ditunjuk di ruang mesin yang tidak diawasi secara periodik, namun metode pembelajaran konvensional dengan pendekatan ceramah dan demonstrasi terbatas seringkali tidak mampu memberikan pengalaman belajar yang optimal dalam memahami fenomena kimia yang terjadi di lingkungan maritim.

Teknologi *Augmented Reality* (AR) muncul sebagai solusi inovatif yang menjanjikan untuk mengatasi keterbatasan pembelajaran kimia pelayaran konvensional (Mallam et al, 2019). AR menyediakan cara inovatif dalam mengajar dan meningkatkan keterlibatan siswa dengan menggabungkan sumber daya imersif, berkontribusi pada peningkatan pembelajaran dan pengembangan keterampilan interpersonal, investigasi, dan otonomi (Papanastasiou et al, 2019). AR dalam bidang pelayaran memungkinkan visualisasi tiga dimensi dari struktur molekuler, simulasi reaksi kimia dalam kondisi

ekstrem laut, dan penggambaran proses-proses kimia yang tidak dapat diamati secara langsung di lingkungan nyata. Teknologi AR memungkinkan pengguna untuk merepresentasikan dan memanipulasi struktur kimia 3D dengan cara yang lebih interaktif, yang sangat relevan untuk pembelajaran kimia maritim yang melibatkan pemahaman tentang interaksi molekuler dalam berbagai kondisi operasional kapal (Fombona et al, 2022).

Penerapan media pembelajaran AR dalam mata kuliah Kimia Maritim sesuai standar IMO Model Course 7.04 memberikan peluang untuk meningkatkan pemahaman konseptual mahasiswa terhadap materi yang kompleks. Standar IMO Model Course 7.04 menekankan pentingnya pemahaman mendalam tentang prinsip-prinsip kimia yang diterapkan dalam industri maritim, termasuk pengendalian korosi, pengolahan air ballast, dan penanganan bahan kimia berbahaya di kapal (Lakshmi et al, 2021).

2. KAJIAN TEORITIS

Teori konstruktivisme yang dikemukakan oleh (Scavarelli et al, 2021) yang mendukung penggunaan media AR dalam pembelajaran, dimana mahasiswa dapat membangun pengetahuan melalui interaksi aktif dengan objek pembelajaran virtual. Selain itu, teori pembelajaran multimedia dari (Çeken & Taşkın, 2025). menunjukkan bahwa kombinasi elemen visual dan auditorial dalam AR dapat meningkatkan retensi informasi dan transfer pengetahuan. Penelitian (Chen et al, 2019; Agustina et al, 2025) menunjukkan bahwa implementasi AR dalam pembelajaran sains dapat meningkatkan motivasi belajar, pemahaman konsep, dan hasil belajar mahasiswa secara signifikan.

Penelitian (Roopa et al, 2021) menunjukkan bahwa AR memiliki potensi signifikan untuk merevolusi pendidikan dengan mentransformasi proses pembelajaran menjadi pengalaman yang lebih aktif, efektif, dan bermakna melalui teknologi canggih yang memungkinkan pengguna berinteraksi dengan lingkungan virtual dan real-time. Dalam bidang pendidikan kimia secara umum, 134 studi eksperimental dan quasi-eksperimental tentang AR dalam pendidikan dari tahun 2012-2021 menunjukkan dampak AR pada tiga level hasil pembelajaran: respons, pengetahuan dan keterampilan, serta performa (Wang & Gao, 2025). Namun demikian, penelitian spesifik tentang penerapan AR dalam pembelajaran kimia maritim yang mengacu pada standar IMO Model Course 7.04 masih

sangat terbatas, sehingga diperlukan kajian mendalam untuk menganalisis efektivitas teknologi ini dalam meningkatkan hasil belajar peserta didik di bidang kimia maritim.

Keunggulan media pembelajaran AR dalam bidang Kimia Maritim terletak pada kemampuannya untuk mensimulasikan kondisi dan proses kimia yang sulit atau berbahaya untuk dilakukan dalam laboratorium konvensional. Mahasiswa dapat mengamati proses korosi pada berbagai jenis logam kapal, mempelajari reaksi kimia dalam tangki ballast, atau memahami interaksi antara bahan kimia dengan lingkungan laut tanpa risiko keselamatan yang tinggi.

Berdasarkan identifikasi masalah dan potensi teknologi AR tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh media pembelajaran berbasis Augmented Reality terhadap hasil belajar kimia maritim sesuai dengan standar IMO Model Course 7.04. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi teoretis dalam pengembangan metodologi pembelajaran kimia maritim, serta memberikan rekomendasi praktis bagi institusi pendidikan maritim dalam mengimplementasikan teknologi AR untuk meningkatkan kualitas pembelajaran dan kompetensi lulusan sesuai dengan standar internasional yang ditetapkan oleh IMO.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain quasi-experimental menggunakan pretest-posttest control group design. Desain ini dipilih karena bertujuan untuk menguji pengaruh perlakuan (media pembelajaran AR) terhadap variabel terikat (hasil belajar kimia maritim) dengan membandingkan dua kelompok yang berbeda. Penelitian ini melibatkan kelompok eksperimen yang menggunakan media pembelajaran berbasis Augmented Reality dan kelompok kontrol yang menggunakan metode pembelajaran konvensional, keduanya mengacu pada standar IMO Model Course 7.04.

Penelitian dilaksanakan di Universitas Maritim AMNI yang memiliki program studi Teknik dengan kurikulum yang mengacu pada standar IMO. Pemilihan lokasi berdasarkan kriteria institusi yang telah terakreditasi dan memiliki fasilitas laboratorium kimia maritim yang memadai. Waktu penelitian dilaksanakan pada semester genap tahun 2024/2025.

Penelitian ini mengambil populasi dari seluruh mahasiswa program studi Teknik semester IV di Universitas Maritim AMNI yang sedang menempuh mata kuliah Kimia Maritim. Populasi ini dipilih karena menggunakan kurikulum yang sesuai dengan standar IMO Model Course 7.04, sehingga memiliki keseragaman dalam materi pembelajaran yang akan diteliti.

Untuk penentuan sampel, penelitian menggunakan teknik purposive sampling yang memungkinkan peneliti memilih responden berdasarkan kriteria tertentu yang relevan dengan tujuan penelitian. Kriteria yang ditetapkan meliputi mahasiswa semester IV program studi Teknik yang aktif mengikuti mata kuliah Kimia Maritim, memiliki perangkat smartphone atau tablet yang kompatibel dengan aplikasi augmented reality, serta bersedia berpartisipasi dalam penelitian selama periode waktu yang telah ditentukan.

Jumlah sampel dihitung menggunakan rumus Lemeshow dengan tingkat kepercayaan 95% dan power 80%, menghasilkan 24 responden per kelompok. Total sampel penelitian adalah 58 mahasiswa yang dibagi menjadi 24 mahasiswa kelompok eksperimen dan 24 mahasiswa kelompok kontrol.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini melibatkan 48 mahasiswa program studi Teknik semester IV di Universitas Maritim AMNI yang dibagi menjadi dua kelompok: 24 mahasiswa kelompok eksperimen (menggunakan media pembelajaran AR) dan 24 mahasiswa kelompok kontrol (menggunakan pembelajaran konvensional).

Tabel 1. Hasil Uji Normalitas Shapiro-Wilk

Data	Kelompok	Statistik	df	Sig.	Kesimpulan
Pretest	Eksperimen	0,956	24	0,364	Normal
	Kontrol	0,961	24	0,456	Normal
Posttest	Eksperimen	0,948	24	0,249	Normal
	Kontrol	0,953	24	0,321	Normal
Gain Score	Eksperimen	0,959	24	0,412	Normal
	Kontrol	0,962	24	0,478	Normal

Sumber: olah data penulis, 2025

Tabel 1 menunjukkan bahwa semua data berdistribusi normal ($p > 0,05$), sehingga memenuhi syarat untuk menggunakan uji parametrik.

Tabel 2. Hasil Uji Homogenitas Levene's Test

Data	Levene Statistic	df1	df2	Sig.	Kesimpulan
Pretest	0,428	1	46	0,516	Homogen
Posttest	2,185	1	46	0,146	Homogen
Gain Score	0,891	1	46	0,350	Homogen

Sumber: olah data penulis, 2025

Tabel 2. menunjukkan bahwa varians data homogen ($p > 0,05$), memenuhi asumsi untuk analisis parametrik.

Tabel 3. Statistik Deskriptif Hasil Belajar Kimia Maritim

Kelompok	Tes	N	Mean	SD	Min	Max	Median
Eksperimen	Pretest	24	62,75	8,42	45	78	63,50
	Posttest	24	82,33	6,15	70	95	83,00
	Gain Score	24	19,58	7,92	8	35	19,50
Kontrol	Pretest	24	61,88	9,18	42	80	62,00
	Posttest	24	71,25	8,73	55	88	71,50
	Gain Score	24	9,37	6,84	-2	22	9,00

Sumber: olah data penulis, 2025

Tabel 3 menunjukkan bahwa nilai rata-rata pretest kedua kelompok relatif sama (eksperimen: 62,75; kontrol: 61,88), mengindikasikan kemampuan awal yang setara. Namun, pada posttest terlihat perbedaan signifikan dimana kelompok eksperimen memperoleh rata-rata 82,33 sedangkan kelompok kontrol 71,25. Gain score kelompok eksperimen (19,58) lebih tinggi dibandingkan kelompok kontrol (9,37).

Tabel 4. Perbandingan Hasil Belajar Berdasarkan Aspek Materi IMO Model Course
7.04

Aspek Pembelajaran	Kelompok Eksperimen	Kelompok Kontrol	Selisih
	Mean $\pm$ SD	Mean $\pm$ SD	
Konsep Dasar Kimia Maritim	84,17 $\pm$ 5,92	73,75 $\pm$ 7,84	10,42
Korosi dan Proteksi Logam	86,25 $\pm$ 6,15	71,88 $\pm$ 8,92	14,37
Kimia Bahan Bakar dan Pelumas	81,04 $\pm$ 7,33	70,42 $\pm$ 9,15	10,62
Pengolahan Air Ballast	79,58 $\pm$ 8,21	68,33 $\pm$ 10,47	11,25

Penanganan Limbah Kimia	82,92 ± 6,88	72,08 ± 8,75	10,84
Keselamatan Kimia di Kapal	85,42 ± 5,67	74,17 ± 7,92	11,25

Sumber: olah data penulis, 2025

Tabel 4 menunjukkan bahwa kelompok eksperimen unggul di semua aspek pembelajaran kimia maritim. Peningkatan tertinggi terjadi pada aspek "Korosi dan Proteksi Logam" dengan selisih 14,37 poin, yang mengindikasikan bahwa visualisasi AR sangat efektif untuk memahami proses korosi yang sulit diamati secara langsung.

Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan media pembelajaran berbasis Augmented Reality memberikan pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan hasil belajar kimia pelayaran mahasiswa program studi Teknika. Temuan utama penelitian ini menunjukkan bahwa kelompok eksperimen yang menggunakan media pembelajaran AR memperoleh skor posttest yang secara statistik lebih tinggi dibandingkan kelompok kontrol yang menggunakan pembelajaran konvensional ($p < 0,05$). Perbedaan signifikan ini sejalan dengan penelitian-penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa teknologi AR memiliki potensi besar dalam meningkatkan pembelajaran kimia, dimana teknologi AR telah memberi manfaat pada ketiga hasil pembelajaran, dengan mean effect size yang lebih besar terhadap hasil kinerja. Keunggulan media AR dalam konteks kimia maritim terletak pada kemampuannya untuk memvisualisasikan konsep-konsep abstrak yang sulit dipahami melalui metode pembelajaran tradisional, seperti proses korosi logam di lingkungan laut, reaksi kimia dalam sistem pemberat, dan interaksi molekuler dalam kondisi ekstrem maritim.

Effect size yang diperoleh dalam penelitian ini (Cohen's $d = 1,48$) menunjukkan pengaruh praktis yang sangat besar (large effect) dari implementasi media pembelajaran AR. Nilai Cohen's d sebesar 1,48 mengindikasikan bahwa rata-rata skor kelompok eksperimen berada 1,48 standar deviasi di atas rata-rata kelompok kontrol, yang dalam konteks praktis menunjukkan perbedaan yang substansial dan bermakna secara edukatif. Saat menghitung effect size (Cohen's d) untuk item 2, diperoleh effect size 'besar' sebesar 1,542 ($d > 0,8$), yang sejalan dengan temuan penelitian ini. Effect size yang besar ini mengkonfirmasi bahwa media pembelajaran AR tidak hanya memberikan perbedaan yang signifikan secara statistik, tetapi juga memberikan dampak praktis yang nyata dalam meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep kimia maritim. Dalam konteks

pendidikan, effect size sebesar ini menunjukkan bahwa implementasi teknologi AR dapat memberikan kontribusi yang substansial terhadap tercapainya tujuan pembelajaran yang telah ditetapkan dalam standar IMO Model Course 7.04.

Analisis mendalam terhadap peningkatan hasil belajar pada setiap aspek materi kimia maritim menunjukkan bahwa media pembelajaran AR memberikan keunggulan yang konsisten di seluruh komponen pembelajaran yang diatur dalam IMO Model Course 7.04. Peningkatan tertinggi terjadi pada aspek "korosi dan proteksi logam" dengan selisih 14,37 poin antara kelompok eksperimen dan kontrol. Temuan ini sangat relevan dengan karakteristik pembelajaran kimia maritim yang memerlukan pemahaman mendalam tentang proses-proses kimia yang tidak dapat diamati secara langsung dalam kondisi nyata. Teknologi AR memungkinkan mahasiswa untuk mengamati simulasi proses korosi dalam berbagai kondisi lingkungan laut, mempelajari mekanisme perlindungan katodik, dan memahami interaksi antara logam kapal dengan elektrolit laut tanpa risiko keselamatan. Keunggulan visualisasi AR dalam menampilkan fenomena mikroskopis dan proses kimia yang berlangsung dalam waktu yang relatif lama menjadi faktor kunci dalam meningkatkan pemahaman mahasiswa terhadap konsep korosi dan proteksi logam yang kompleks.

Respon siswa yang sangat positif terhadap penerapan media pembelajaran AR (rata-rata 4,25 dari Skala 5) menunjukkan bahwa teknologi ini tidak hanya efektif secara akademis tetapi juga diterima dengan baik dari aspek pengalaman pengguna dan motivasi belajar. Konstruktivisme dalam pendidikan merupakan teori yang mengemukakan bahwa peserta didik tidak secara pasif memperoleh pengetahuan melalui pengajaran langsung. Sebaliknya, mereka membangun pemahaman mereka melalui pengalaman dan interaksi sosial, mengintegrasikan informasi baru dengan pengetahuan yang mereka miliki. Aspek kejelasan visualisasi mendapat nilai tertinggi (4,33), yang mengkonfirmasi bahwa AR berhasil mengatasi tantangan utama pembelajaran kimia maritim konvensional dalam memvisualisasikan konsep abstrak. Teori Pembelajaran Multimedia Mayer: Berfokus pada desain bahan ajar multimedia yang efektif, mendukung pendekatan konstruktivis dengan mengintegrasikan informasi visual dan pendengaran secara kohesif. Tingginya tingkat kepuasan siswa terhadap media pembelajaran AR juga mengindikasikan potensi teknologi ini untuk meningkatkan motivasi belajar dan keterlibatan aktif siswa dalam

proses pembelajaran, yang pada akhirnya berkontribusi terhadap peningkatan hasil belajar yang telah dibuktikan dalam penelitian ini.

Validitas internal penelitian yang terjaga dengan baik, sebagaimana ditunjukkan oleh terpenuhinya seluruh asumsi statistik dan kontrol variabel pengganggu yang memadai, memperkuat kredibilitas temuan penelitian ini. Uji normalitas, homogenitas, dan kesetaraan kemampuan awal yang terpenuhi menunjukkan bahwa perbedaan hasil belajar yang diperoleh benar-benar disebabkan oleh perlakuan media pembelajaran AR, bukan oleh faktor-faktor eksternal atau karakteristik sampel yang berbeda. Hasil analisis kovarians (ANCOVA) yang tetap menunjukkan perbedaan signifikan setelah mengontrol kemampuan awal mahasiswa ($\text{partial } \eta^2 = 0,404$) mengkonfirmasi bahwa 40,4% varians hasil belajar dapat dijelaskan oleh perbedaan media pembelajaran yang digunakan. Temuan ini memberikan bukti empiris yang kuat bahwa implementasi media pembelajaran AR dalam konteks kimia maritim sesuai standar IMO Model Course 7.04 dapat menjadi alternatif yang efektif untuk meningkatkan kualitas pembelajaran dan kompetensi lulusan program studi Teknika, sekaligus memberikan kontribusi terhadap pengembangan metodologi pembelajaran inovatif di bidang pendidikan maritim.

Penelitian ini memberikan kontribusi teoritis dalam pengembangan teori pembelajaran kimia maritim dengan membuktikan efektivitas pendekatan konstruktivisme dan teori pembelajaran multimedia dalam konteks pendidikan maritim. Temuan penelitian ini memperkuat landasan teoretis penggunaan teknologi AR dalam pembelajaran sains, khususnya dalam bidang kimia maritim yang memerlukan visualisasi konsep abstrak dan simulasi proses yang sulit diamati secara langsung.

Secara praktis, penelitian ini memberikan bukti empiris bahwa teknologi AR dapat diimplementasikan sebagai media pembelajaran alternatif yang efektif dalam mata kuliah kimia maritim. Institusi pendidikan maritim dapat mempertimbangkan adopsi teknologi AR untuk meningkatkan kualitas pembelajaran dan kompetensi lulusan sesuai dengan standar internasional IMO. Pengembangan aplikasi AR yang disesuaikan dengan kurikulum IMO Model Course 7.04 dapat menjadi investasi strategis untuk meningkatkan daya saing institusi pendidikan maritim.

Temuan penelitian ini dapat menjadi dasar pertimbangan bagi pengambil kebijakan di bidang pendidikan maritim untuk mengintegrasikan teknologi AR dalam kurikulum resmi. Perlunya dukungan infrastruktur teknologi dan pelatihan tenaga pengajar dalam

menggunakan media pembelajaran AR menjadi aspek penting yang perlu diperhatikan dalam implementasi kebijakan pendidikan maritim yang berbasis teknologi

penelitian sebelumnya menunjukkan hasil yang konsisten dengan temuan penelitian ini mengenai efektivitas teknologi Augmented Reality dalam pembelajaran kimia dan pendidikan teknik antara lain. Penelitian yang dilakukan (Nja et al, 2022) menyatakan siswa dalam kelompok eksperimen menunjukkan skor kinerja akademik yang lebih tinggi dan sikap yang lebih baik terhadap mata pelajaran dibandingkan dengan siswa dalam kelompok kontrol" ketika menggunakan teknologi virtual dan augmented reality untuk visualisasi dalam pembelajaran kimia. Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian yang menunjukkan peningkatan signifikan hasil belajar kelompok eksperimen dibandingkan kelompok kontrol.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Media pembelajaran berbasis Augmented Reality terbukti secara signifikan meningkatkan hasil belajar kimia maritim mahasiswa program studi Teknika dibandingkan dengan metode pembelajaran konvensional. Hal ini dibuktikan dengan perbedaan rata-rata posttest yang signifikan antara kelompok eksperimen (82,33) dan kelompok kontrol (71,25) dengan nilai $p < 0,05$. Peningkatan gain score kelompok eksperimen (19,58) yang jauh lebih tinggi dibandingkan kelompok kontrol (9,37) mengkonfirmasi efektivitas media pembelajaran AR dalam memfasilitasi proses pembelajaran kimia maritim. Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan antara lain, penelitian dilakukan dalam setting terbatas di satu institusi pendidikan maritim, sehingga generalisasi hasil terhadap populasi yang lebih luas perlu dilakukan dengan hati-hati. Selanjutnya penelitian ini berfokus pada aspek kognitif hasil belajar, sementara aspek afektif dan psikomotor yang juga penting dalam pembelajaran kimia maritim belum dieksplorasi secara mendalam

DAFTAR REFERENSI

Agustina, P., Arjunani, R. I., Astuti, R., Agustina, L., & Saputra, A. (2025). Effects of the problem-based learning model assisted by mind mapping on the science learning outcomes of junior high school students. *Biosfer: Jurnal Pendidikan Biologi*, 18(1), 37-45. <https://doi.org/10.21009/biosferjpb.47526>

- Astuti, R., & Kurniawati, E. (2021). Science Process Skills (SPS) Biology Education Students in Histology Practicum Eye Epithelial Tissue Material. Report of Biological Education, 2(2), 55-64. <https://doi.org/10.37150/rebion.v2i2.1391>
- Çeken, B., & Taşkın, N. (2025). Examination of multimedia learning principles in augmented reality and virtual reality learning environments. Journal of Computer Assisted Learning, 41(1), e13097. <https://doi.org/10.1111/jcal.13097>
- Chen, C. H., Huang, C. Y., & Chou, Y. Y. (2019). Effects of augmented reality-based multidimensional concept maps on students' learning achievement, motivation and acceptance. Universal Access in the Information Society, 18(2), 257-268. <https://doi.org/10.1007/s10209-017-0595-z>
- Du, Z., Zhang, S., Zhou, Q., Yuen, K. F., & Wong, Y. D. (2018). Hazardous materials analysis and disposal procedures during ship recycling. Resources, Conservation and Recycling, 131, 158-171. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.01.006>
- Fombona-Pascual, A., Fombona, J., & Vicente, R. (2022). Augmented reality, a review of a way to represent and manipulate 3D chemical structures. Journal of chemical information and modeling, 62(8), 1863-1872. <https://doi.org/10.1021/acs.jcim.1c01255>
- Kalnina, R., & Priednieks, V. (2017). Proficiency improvement method in maritime education. WMU Journal of Maritime Affairs, 16(1), 139-159. <https://doi.org/10.1007/s13437-016-0112-x>
- Lakshmi, E., Priya, M., & Achari, V. S. (2021). An overview on the treatment of ballast water in ships. Ocean & Coastal Management, 199, 105296. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2020.105296>
- Mallam, S. C., Nazir, S., & Renganayagalu, S. K. (2019). Rethinking maritime education, training, and operations in the digital era: Applications for emerging immersive technologies. Journal of Marine Science and Engineering, 7(12), 428. <https://doi.org/10.3390/jmse7120428>
- Nja, C. O., Orim, R. E., Neji, H. A., Ukwetang, J. O., Uwe, U. E., & Ideba, M. A. (2022). Students' attitude and academic achievement in a flipped classroom. Heliyon, 8(1).
- Papanastasiou, G., Drigas, A., Skianis, C., Lytras, M., & Papanastasiou, E. (2019). Virtual and augmented reality effects on K-12, higher and tertiary education students'

- twenty-first century skills. *Virtual Reality*, 23(4), 425-436.
<https://doi.org/10.1007/s10055-018-0363-2>
- Roopa, D., Prabha, R., & Senthil, G. A. (2021). Revolutionizing education system with interactive augmented reality for quality education. *Materials Today: Proceedings*, 46, 3860-3863. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.02.294>
- Scavarelli, A., Arya, A., & Teather, R. J. (2021). Virtual reality and augmented reality in social learning spaces: a literature review. *Virtual reality*, 25(1), 257-277.
<https://doi.org/10.1007/s10055-020-00444-8>
- Shifler, D. A. (2005). Understanding material interactions in marine environments to promote extended structural life. *Corrosion Science*, 47(10), 2335-2352.
<https://doi.org/10.1016/j.corsci.2004.09.027>
- Wang, Y., & Gao, X. (2025). The impact of augmented reality technology on students' innovation ability: Evidence from a meta-analysis. *British Journal of Educational Technology*. <https://doi.org/10.1111/bjet.13616>