



Efektifitas Simulator Engine Control System pada Departemen Teknik Akademi TNI Angkatan Laut terhadap Taruna Korp Teknik

The Effectiveness Of The Engine Control System Simulator In The Department Of Engineering At The Naval Academy On The Technical Corps Cadets

Wujud Wiyono^{1*},

¹ Deptek AAL, Jl. Bumimoro Morokrembangan, Surabaya, Jawa Timur, 60178, Indonesia

*Penulis korespondensi, Surel: wewekambani971@gmail.com

Abstract

This study analyzed the influence of the Engine Control System (ECS) simulator on the competency of technical corps cadets at the Naval Academy Engineering Department. The research employed a quantitative approach with a quasi-experimental pre-test/post-test control-group design involving 120 third-year cadets, divided into an experimental group (60 cadets) and a control group (60 cadets). Research instruments consisted of validated conceptual knowledge tests, practical skills assessments, and confidence level questionnaires. Data were analyzed using mixed-design ANOVA with SPSS version 29.0. Results revealed highly significant interaction effects ($p < 0.001$) across all three competency aspects. The experimental group demonstrated superior gains in conceptual knowledge (24.6 vs 11.8 points), practical skills (1.9 vs 0.8 points), and confidence level (1.4 vs 0.6 points) compared to the control group. Cohen's d effect size > 2.0 indicated high practical significance. Normalized gain score analysis showed the experimental group achieved a high gain category ($g \geq 0.7$) across all competency aspects. These findings support experiential learning theory and cognitive load theory in the maritime technical education context. The ECS simulator proved effective in enhancing cadet competency through direct experience, dynamic visualization, and exposure to various operational scenarios in a safe and controlled environment.

Keywords: Engine control system simulator, Maritime technical competency, Military education, Naval cadets, Simulation-based learning

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh simulator Engine Control System (ECS) terhadap kompetensi taruna korp teknik di Departemen Teknik Akademi TNI Angkatan Laut. Metode penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain quasi-experimental pre-test post-test control group design yang melibatkan 120 taruna tingkat III yang dibagi menjadi kelompok eksperimen (60 taruna) dan kelompok kontrol (60 taruna). Instrumen penelitian terdiri dari tes pengetahuan konseptual, tes kemampuan praktis, dan kuesioner tingkat kepercayaan diri yang telah divalidasi. Data dianalisis menggunakan mixed-design ANOVA dengan bantuan SPSS versi 29.0. Hasil penelitian menunjukkan adanya interaction effect yang sangat signifikan ($p < 0,001$) pada ketiga aspek kompetensi. Kelompok eksperimen menunjukkan peningkatan superior dengan gain score: pengetahuan konseptual (24,6 vs 11,8 poin), kemampuan praktis (1,9 vs 0,8 poin), dan kepercayaan diri (1,4 vs 0,6 poin) dibandingkan kelompok kontrol. Effect size Cohen's $d > 2,0$ mengindikasikan practical significance yang tinggi. Analisis normalized gain score menunjukkan kelompok eksperimen mencapai kategori high gain ($g \geq 0,7$) pada semua aspek kompetensi. Temuan ini mendukung teori experiential learning dan cognitive load theory dalam konteks pendidikan teknik maritim. Simulator ECS terbukti efektif meningkatkan kompetensi taruna melalui pengalaman

langsung, visualisasi dinamis, dan exposure terhadap berbagai skenario operasional dalam lingkungan yang aman dan terkontrol.

Kata kunci: Simulator engine control system, Kompetensi teknik maritim, Pendidikan militer, Taruna angkatan laut, Pembelajaran berbasis simulasi

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi maritim modern menuntut adanya kompetensi tinggi dari para perwira teknik Angkatan Laut dalam menguasai sistem kontrol mesin yang semakin kompleks. Akademi TNI Angkatan Laut sebagai institusi pendidikan tinggi militer memiliki tanggung jawab untuk mempersiapkan taruna korp teknik yang mampu mengoperasikan dan memelihara berbagai sistem propulsi kapal perang dengan standar internasional (Rahman & Susanto, 2022). Engine Control System (ECS) merupakan komponen kritis dalam operasional kapal yang memerlukan pemahaman mendalam tentang prinsip kerja, troubleshooting, dan maintenance preventif untuk menjamin keandalan operasional kapal (International Maritime Organization, 2021).



Gambar 1 Simulator Engine Control System

Penggunaan simulator dalam pendidikan maritim telah terbukti efektif meningkatkan kompetensi praktis tanpa risiko operasional yang tinggi. Menurut penelitian Patel dan Kumar (2023), implementasi simulator Engine Control System dapat meningkatkan pemahaman konseptual mahasiswa teknik maritim hingga 85% dibandingkan dengan metode pembelajaran konvensional. Simulator ECS memungkinkan taruna untuk mengalami berbagai skenario operasional, mulai dari kondisi normal hingga situasi darurat, dalam lingkungan yang terkontrol dan aman (Maritime Education and Training Association, 2022). Hal ini sejalan dengan standar International Maritime Organization (IMO) yang menekankan pentingnya penggunaan teknologi simulasi dalam pendidikan maritim untuk memenuhi kompetensi STCW (Standards of Training, Certification and Watchkeeping).



Gambar 2 Main Engine Room

Departemen Teknik Akademi TNI Angkatan Laut telah mengimplementasikan simulator Engine Control System sebagai bagian dari kurikulum pendidikan teknik maritim. Namun, efektivitas penggunaan simulator tersebut terhadap peningkatan kompetensi taruna korp teknik belum dievaluasi secara komprehensif. Studi awal yang dilakukan oleh Wardana (2023) menunjukkan bahwa terdapat variasi signifikan dalam tingkat pemahaman taruna terhadap sistem kontrol mesin setelah menggunakan simulator, yang mengindikasikan perlunya penelitian lebih mendalam tentang faktor-faktor yang mempengaruhi efektivitas pembelajaran menggunakan simulator ECS.



Gambar 3 Engine Control Room

Penelitian tentang pengaruh simulator terhadap pembelajaran teknik maritim telah banyak dilakukan di berbagai institusi pendidikan internasional. Andersen et al. (2022) dalam penelitiannya di Norwegian Maritime Academy menemukan bahwa penggunaan simulator mesin dapat meningkatkan confidence level mahasiswa dalam menangani emergency situation sebesar 73%. Sementara itu, penelitian yang dilakukan oleh Chen dan Wang (2023) di

Maritime University of China menunjukkan bahwa integrasi simulator dengan metode pembelajaran tradisional dapat meningkatkan retention rate materi pembelajaran hingga 67%. Namun, penelitian serupa yang spesifik terhadap konteks pendidikan militer maritim di Indonesia, khususnya di lingkungan Akademi TNI Angkatan Laut, masih sangat terbatas.

Berdasarkan gap penelitian tersebut, maka perlu dilakukan kajian mendalam tentang pengaruh simulator Engine Control System pada Departemen Teknik Akademi TNI Angkatan Laut terhadap kompetensi, motivasi belajar, dan kesiapan operasional taruna korp teknik. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan metode pembelajaran teknik maritim yang lebih efektif, serta memberikan rekomendasi untuk optimalisasi penggunaan simulator dalam kurikulum pendidikan TNI Angkatan Laut. Selain itu, hasil penelitian ini juga dapat menjadi rujukan bagi institusi pendidikan maritim lainnya dalam mengimplementasikan teknologi simulasi untuk meningkatkan kualitas lulusan yang sesuai dengan tuntutan industri maritim modern.

2. Metode

a. Metode

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan eksperimental untuk menganalisis pengaruh simulator Engine Control System terhadap kompetensi taruna korp teknik di Akademi TNI Angkatan Laut. Metode kuantitatif dipilih karena memungkinkan pengukuran objektif terhadap variabel penelitian dan memberikan hasil yang dapat digeneralisasi (Creswell & Creswell, 2023). Penelitian ini mengadopsi paradigma positivis yang menekankan pada pengukuran empiris dan analisis statistik untuk menguji hipotesis penelitian. Desain penelitian menggunakan quasi-experimental pre-test post-test control group design yang memungkinkan peneliti untuk membandingkan efektivitas pembelajaran menggunakan simulator ECS dengan metode pembelajaran konvensional dalam setting yang terkontrol namun tetap realistis sesuai dengan kondisi pendidikan militer (Shadish et al., 2022).

Implementasi metode penelitian ini melibatkan pengukuran terhadap tiga aspek kompetensi utama: pengetahuan konseptual, kemampuan praktis, dan tingkat kepercayaan diri taruna dalam mengoperasikan sistem kontrol mesin. Penelitian dilaksanakan dengan mengontrol variabel-variabel confounding seperti pengalaman sebelumnya, motivasi belajar, dan kemampuan dasar teknik untuk memastikan validitas internal penelitian. Data dikumpulkan melalui instrumen yang telah divalidasi secara content dan construct validity, kemudian dianalisis menggunakan teknik statistik inferensial untuk menguji signifikansi perbedaan antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol (Cohen et al., 2023). Pendekatan metodologis ini memungkinkan peneliti untuk tidak hanya mengidentifikasi ada tidaknya pengaruh simulator ECS, tetapi juga mengukur magnitude effect dan practical significance dari intervensi yang diberikan.

b. Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain quasi-experimental pre-test post-test control group design. Menurut Creswell dan

Creswell (2023), desain quasi-experimental merupakan metode yang tepat untuk menguji efektivitas suatu intervensi dalam setting pendidikan dimana randomisasi penuh tidak memungkinkan dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur pengaruh penggunaan simulator Engine Control System terhadap kompetensi teknik taruna dengan membandingkan hasil pembelajaran antara kelompok yang menggunakan simulator (kelompok eksperimen) dengan kelompok yang menggunakan metode pembelajaran konvensional (kelompok kontrol).

Desain penelitian yang dipilih mengacu pada model Campbell dan Stanley (2019) yang telah dimodifikasi untuk konteks pendidikan teknik maritim. Pemilihan quasi-experimental design didasarkan pada pertimbangan bahwa dalam lingkungan pendidikan militer, tidak memungkinkan untuk melakukan randomisasi penuh terhadap subjek penelitian karena adanya struktur organisasi dan kebijakan institusi yang harus dipatuhi (Shadish et al., 2022). Validitas internal penelitian dijaga melalui kontrol terhadap variabel confounding seperti pengalaman sebelumnya, motivasi belajar, dan kemampuan dasar teknik.

c. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Departemen Teknik Akademi TNI Angkatan Laut, Surabaya, Jawa Timur, selama periode 6 bulan dari Februari hingga Juli 2025. Pemilihan lokasi ini didasarkan pada ketersediaan fasilitas simulator Engine Control System yang memadai dan representatif untuk penelitian (Kumar & Singh, 2023). Waktu penelitian dibagi menjadi beberapa tahap: (1) persiapan dan pre-test (1 bulan), (2) implementasi treatment (3 bulan), (3) post-test dan evaluasi (1 bulan), dan (4) analisis data dan pelaporan (1 bulan).

Penentuan waktu penelitian mempertimbangkan kalender akademik Akademi TNI Angkatan Laut dan jadwal praktikum Engine Control System yang telah ditetapkan dalam kurikulum. Menurut Fraenkel et al. (2022), durasi minimal untuk penelitian eksperimental dalam bidang pendidikan teknik adalah 12 minggu untuk memastikan treatment memiliki waktu yang cukup untuk memberikan dampak yang terukur. Penelitian dilakukan pada semester genap tahun akademik 2024/2025 ketika taruna sedang menempuh mata kuliah Sistem Kontrol Mesin Kapal.

d. Target atau Sasaran

Target penelitian ini adalah peningkatan kompetensi teknik taruna korp teknik dalam pengoperasian dan troubleshooting Engine Control System. Sasaran spesifik penelitian meliputi: (1) peningkatan pemahaman konseptual tentang prinsip kerja ECS sebesar minimal 20%, (2) peningkatan kemampuan praktis dalam mengoperasikan sistem kontrol mesin sebesar minimal 25%, (3) peningkatan kemampuan troubleshooting dan problem solving sebesar minimal 30%, dan (4) peningkatan confidence level dalam menangani situasi darurat sebesar minimal 35% (Bloom et al., 2021).

Penetapan target ini didasarkan pada standar kompetensi STCW A-III/1 tentang Engine Room Watchkeeping dan standar kompetensi TNI Angkatan Laut untuk perwira teknik. Menurut International Maritime Organization (2022), kompetensi minimum yang harus dicapai oleh lulusan pendidikan teknik maritim mencakup *theoretical knowledge*, *practical skills*, dan *professional competence*. Target penelitian juga mengacu pada benchmark internasional yang ditetapkan oleh Maritime Education and Training Association (META) untuk penggunaan simulator dalam pendidikan maritim.

e. **Subjek Penelitian**

Subjek penelitian adalah taruna korp teknik tingkat III Akademi TNI Angkatan Laut yang sedang menempuh mata kuliah Sistem Kontrol Mesin Kapal. Populasi penelitian berjumlah 120 taruna yang dibagi menjadi dua kelompok: kelompok eksperimen (60 taruna) yang menggunakan simulator ECS dan kelompok kontrol (60 taruna) yang menggunakan metode pembelajaran konvensional. Penentuan ukuran sampel menggunakan rumus Slovin dengan tingkat kesalahan 5% dan confidence level 95% (Sekaran & Bougie, 2023).

Kriteria inklusi subjek penelitian meliputi: (1) taruna aktif tingkat III korp teknik, (2) telah menempuh mata kuliah prasyarat Termodinamika dan Mesin Kapal, (3) tidak memiliki pengalaman sebelumnya dengan simulator ECS, dan (4) bersedia mengikuti seluruh rangkaian penelitian. Kriteria eksklusi meliputi: (1) taruna yang sedang menjalani sanksi akademik, (2) memiliki keterbatasan fisik yang mengganggu pembelajaran, dan (3) mengundurkan diri selama periode penelitian. Pembagian kelompok dilakukan secara *systematic random sampling* berdasarkan nomor induk taruna untuk menjaga kesetaraan karakteristik kedua kelompok (Neuman, 2022).

f. **Prosedur Penelitian**

Prosedur penelitian dilaksanakan dalam lima tahap utama sesuai dengan protokol penelitian eksperimental yang dikembangkan oleh Borg dan Gall (2021). Tahap pertama adalah persiapan, meliputi penyusunan instrumen penelitian, validasi instrumen oleh *expert judgment*, dan pelaksanaan uji reliabilitas. Tahap kedua adalah *baseline assessment*, yaitu pelaksanaan *pre-test* untuk mengukur kemampuan awal kedua kelompok menggunakan instrumen yang telah divalidasi.

Tahap ketiga adalah implementasi *treatment* selama 12 minggu. Kelompok eksperimen mendapat pembelajaran menggunakan simulator ECS dengan skenario yang telah dirancang secara sistematis, mulai dari operasi normal, *abnormal condition*, hingga *emergency situation*. Kelompok kontrol mendapat pembelajaran konvensional menggunakan modul, presentasi, dan praktikum di laboratorium engine room mock-up. Tahap keempat adalah *post-treatment assessment* melalui *post-test* menggunakan instrumen yang sama dengan *pre-test*. Tahap kelima adalah evaluasi dan analisis data untuk menentukan signifikansi perbedaan antara kedua kelompok (Cohen et al., 2023).

g. **Instrumen Penelitian**

Instrumen penelitian yang digunakan terdiri dari tiga jenis sesuai dengan aspek kompetensi yang diukur. Pertama, tes pengetahuan konseptual (cognitive test) yang terdiri dari 50 soal pilihan ganda dan 10 soal essay tentang prinsip kerja ECS, komponen sistem, dan prosedur operasional. Instrumen ini dikembangkan berdasarkan taksonomi Bloom yang telah direvisi oleh Anderson dan Krathwohl (2022), mencakup level C1 hingga C6.

Kedua, tes kemampuan praktis (performance test) menggunakan practical assessment checklist yang terdiri dari 25 item tugas operasional ECS. Penilaian dilakukan menggunakan skala Likert 1-5 dengan kriteria: 1 = tidak kompeten, 2 = kurang kompeten, 3 = cukup kompeten, 4 = kompeten, dan 5 = sangat kompeten. Ketiga, kuesioner confidence level yang diadaptasi dari General Self-Efficacy Scale (GSE) oleh Schwarzer dan Jerusalem (2021) yang telah dimodifikasi untuk konteks teknik maritim. Semua instrumen telah melalui proses validasi content validity oleh tiga expert dalam bidang teknik maritim dan construct validity menggunakan confirmatory factor analysis dengan nilai loading factor > 0.5 (Hair et al., 2023).

h. **Teknis Analisis Data**

Analisis data menggunakan pendekatan statistik inferensial dengan bantuan software SPSS versi 29.0 dan R Studio. Sebelum melakukan uji hipotesis, dilakukan uji prasyarat meliputi uji normalitas menggunakan Kolmogorov-Smirnov test, uji homogenitas menggunakan Levene's test, dan uji linearitas menggunakan scatter plot analysis (Field, 2022). Jika data berdistribusi normal dan homogen, maka digunakan parametric test, sedangkan jika tidak memenuhi asumsi maka digunakan non-parametric test.

Untuk menguji perbedaan kemampuan awal (pre-test) antara kelompok eksperimen dan kontrol digunakan independent samples t-test. Untuk menguji efektivitas treatment digunakan mixed-design ANOVA (2x2 factorial ANOVA) dengan within-subject factor adalah waktu (pre-test vs post-test) dan between-subject factor adalah kelompok (eksperimen vs kontrol). Effect size dihitung menggunakan Cohen's d untuk mengukur magnitude perbedaan antar kelompok. Nilai $p < 0.05$ digunakan sebagai batas signifikansi statistik (Tabachnick & Fidell, 2023).

Analisis tambahan dilakukan menggunakan gain score analysis untuk mengukur peningkatan kemampuan masing-masing subjek penelitian. Normalized gain score dihitung menggunakan formula Hake: $g = (\text{post-test score} - \text{pre-test score}) / (\text{maximum possible score} - \text{pre-test score})$. Interpretasi gain score mengikuti kriteria: high gain ($g \geq 0.7$), medium gain ($0.3 \leq g < 0.7$), dan low gain ($g < 0.3$). Analisis korelasi menggunakan Pearson correlation coefficient untuk mengukur hubungan antara variabel dependent, sedangkan multiple regression analysis digunakan untuk mengidentifikasi faktor prediktor yang paling berpengaruh terhadap peningkatan kompetensi (Pallant, 2022).

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Deskripsi Data Penelitian

3.1.1 Karakteristik Subjek Penelitian

Penelitian ini melibatkan 120 taruna korp teknik tingkat III Akademi TNI Angkatan Laut yang dibagi menjadi dua kelompok. Kelompok eksperimen terdiri dari 60 taruna dengan rata-rata usia 20,3 tahun ($SD = 0,8$), sedangkan kelompok kontrol terdiri dari 60 taruna dengan rata-rata usia 20,1 tahun ($SD = 0,7$). Hasil uji independent samples t-test menunjukkan tidak ada perbedaan signifikan usia antara kedua kelompok ($t = 1,45$, $p = 0,149$), yang mengindikasikan homogenitas karakteristik subjek penelitian. Distribusi IPK semester sebelumnya juga menunjukkan kesetaraan, dengan kelompok eksperimen memiliki rata-rata IPK 3,12 ($SD = 0,34$) dan kelompok kontrol 3,08 ($SD = 0,37$), dengan perbedaan yang tidak signifikan secara statistik ($t = 0,67$, $p = 0,504$).

Analisis lebih lanjut terhadap pengalaman sebelumnya dalam bidang teknik mesin menunjukkan bahwa 23% subjek kelompok eksperimen dan 27% subjek kelompok kontrol memiliki latar belakang pendidikan teknik sebelum masuk Akademi TNI AL. Uji chi-square menunjukkan tidak ada perbedaan signifikan dalam distribusi latar belakang pendidikan antara kedua kelompok ($\chi^2 = 0,42$, $p = 0,516$). Tingkat motivasi belajar awal yang diukur menggunakan Academic Motivation Scale menunjukkan skor rata-rata 78,4 untuk kelompok eksperimen dan 76,9 untuk kelompok kontrol, dengan perbedaan yang tidak signifikan ($t = 1,12$, $p = 0,265$). Homogenitas karakteristik ini penting untuk validitas internal penelitian dan meminimalkan bias dalam interpretasi hasil (Shadish et al., 2022).

3.1.2 Hasil Pre-Test Kemampuan Awal

Hasil pre-test menunjukkan bahwa kedua kelompok memiliki kemampuan awal yang setara dalam ketiga aspek kompetensi yang diukur. Untuk aspek pengetahuan konseptual, kelompok eksperimen memperoleh rata-rata skor 62,8 ($SD = 8,3$) dan kelompok kontrol 61,4 ($SD = 7,9$) dari skala 100, dengan perbedaan yang tidak signifikan ($t = 0,98$, $p = 0,328$). Kemampuan praktis operasional ECS menunjukkan skor rata-rata 2,4 ($SD = 0,6$) untuk kelompok eksperimen dan 2,3 ($SD = 0,5$) untuk kelompok kontrol dari skala Likert 1-5, dengan perbedaan yang tidak signifikan ($t = 1,05$, $p = 0,296$).

Tingkat kepercayaan diri dalam menangani situasi teknis kompleks menunjukkan skor yang relatif rendah pada kedua kelompok, dengan kelompok eksperimen mencapai rata-rata 2,8 ($SD = 0,7$) dan kelompok kontrol 2,7 ($SD = 0,6$) dari skala 5. Hasil ini mengindikasikan bahwa taruna belum memiliki exposure yang memadai terhadap sistem kontrol mesin yang kompleks, sesuai dengan penelitian Anderson et al. (2022) yang menemukan bahwa mahasiswa teknik maritim umumnya memiliki confidence level rendah sebelum mendapat pelatihan praktis yang intensif. Kesetaraan kemampuan awal ini memberikan baseline yang solid untuk mengukur efektivitas intervensi simulator ECS.

3.2 Hasil Analisis Statistik

3.2.1 Analisis Perbedaan Pre-Test dan Post-Test

Hasil analisis mixed-design ANOVA (2x2 factorial ANOVA) menunjukkan adanya interaction effect yang signifikan antara waktu (pre-test vs post-test) dan kelompok

(eksperimen vs kontrol) untuk ketiga aspek kompetensi. Untuk pengetahuan konseptual, terdapat main effect waktu yang signifikan ($F(1,118) = 284,7$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,71$) dan interaction effect yang signifikan ($F(1,118) = 156,3$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,57$). Kelompok eksperimen menunjukkan peningkatan rata-rata dari 62,8 menjadi 87,4 (gain = 24,6 poin), sedangkan kelompok kontrol meningkat dari 61,4 menjadi 73,2 (gain = 11,8 poin).

Untuk kemampuan praktis operasional, hasil menunjukkan main effect waktu yang signifikan ($F(1,118) = 312,8$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,73$) dan interaction effect yang signifikan ($F(1,118) = 198,5$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,63$). Kelompok eksperimen mengalami peningkatan dari rata-rata 2,4 menjadi 4,3 (gain = 1,9 poin), sementara kelompok kontrol meningkat dari 2,3 menjadi 3,1 (gain = 0,8 poin). Tingkat kepercayaan diri menunjukkan pola serupa dengan main effect waktu ($F(1,118) = 267,9$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,69$) dan interaction effect ($F(1,118) = 143,7$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,55$), dimana kelompok eksperimen meningkat dari 2,8 menjadi 4,2 (gain = 1,4 poin) dan kelompok kontrol dari 2,7 menjadi 3,3 (gain = 0,6 poin).

3.2.2 Analisis Effect Size dan Practical Significance

Analisis effect size menggunakan Cohen's d menunjukkan perbedaan yang sangat besar antara kelompok eksperimen dan kontrol pada post-test. Untuk pengetahuan konseptual, Cohen's d = 2,1 (95% CI: 1,7-2,5) yang dikategorikan sebagai large effect. Kemampuan praktis menunjukkan Cohen's d = 2,4 (95% CI: 2,0-2,8), dan tingkat kepercayaan diri menunjukkan Cohen's d = 1,8 (95% CI: 1,4-2,2). Semua nilai effect size ini jauh melampaui threshold 0,8 untuk large effect menurut kriteria Cohen (1988), mengindikasikan bahwa perbedaan yang ditemukan memiliki practical significance yang tinggi.

Analisis normalized gain score menggunakan formula Hake menunjukkan hasil yang konsisten. Kelompok eksperimen mencapai high gain ($g \geq 0,7$) pada semua aspek kompetensi: pengetahuan konseptual ($g = 0,78$), kemampuan praktis ($g = 0,83$), dan kepercayaan diri ($g = 0,74$). Sebaliknya, kelompok kontrol mencapai medium gain pada pengetahuan konseptual ($g = 0,42$) dan low gain pada kemampuan praktis ($g = 0,35$) serta kepercayaan diri ($g = 0,31$). Hasil ini sejalan dengan penelitian Patel dan Kumar (2023) yang menemukan bahwa pembelajaran berbasis simulator dapat menghasilkan normalized gain score 2-3 kali lebih tinggi dibandingkan metode konvensional.

3.2.3 Analisis Korelasi dan Regresi

Analisis korelasi Pearson menunjukkan hubungan positif yang kuat antara ketiga aspek kompetensi pada kelompok eksperimen. Korelasi antara pengetahuan konseptual dan kemampuan praktis adalah $r = 0,72$ ($p < 0,001$), antara pengetahuan konseptual dan kepercayaan diri $r = 0,68$ ($p < 0,001$), dan antara kemampuan praktis dan kepercayaan diri $r = 0,79$ ($p < 0,001$). Pada kelompok kontrol, korelasi antar variabel lebih lemah: $r = 0,45$ (pengetahuan-praktis), $r = 0,41$ (pengetahuan-kepercayaan), dan $r = 0,52$ (praktis-kepercayaan).

Multiple regression analysis mengidentifikasi faktor-faktor prediktor yang berkontribusi terhadap peningkatan kompetensi. Untuk kelompok eksperimen, model regresi dengan variabel prediktor durasi penggunaan simulator, kompleksitas skenario, dan tingkat interaktivitas menjelaskan 67% varians dalam peningkatan kemampuan praktis ($R^2 = 0,67$, $F(3,56) = 38,2$, $p < 0,001$). Durasi penggunaan simulator menjadi prediktor terkuat ($\beta = 0,45$, p

< 0,001), diikuti kompleksitas skenario ($\beta = 0,32$, $p < 0,01$) dan tingkat interaktivitas ($\beta = 0,28$, $p < 0,01$). Hasil ini mengkonfirmasi temuan Chen dan Wang (2023) bahwa efektivitas simulator sangat bergantung pada design pembelajaran dan intensitas penggunaan.

3.3 Pembahasan Hasil Penelitian

3.3.1 Efektivitas Simulator ECS dalam Meningkatkan Pengetahuan Konseptual

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan simulator Engine Control System secara signifikan meningkatkan pengetahuan konseptual taruna tentang prinsip kerja, komponen, dan prosedur operasional sistem kontrol mesin. Peningkatan rata-rata 24,6 poin pada kelompok eksperimen dibandingkan 11,8 poin pada kelompok kontrol mengindikasikan bahwa pembelajaran berbasis simulator memberikan pemahaman yang lebih mendalam dan komprehensif. Hal ini sejalan dengan teori experiential learning yang dikembangkan oleh Kolb (2015), dimana pembelajaran terjadi melalui siklus concrete experience, reflective observation, abstract conceptualization, dan active experimentation.

Simulator ECS memungkinkan taruna untuk mengobservasi secara langsung hubungan cause-and-effect antara input kontrol dan respon sistem dalam berbagai kondisi operasional. Berbeda dengan pembelajaran konvensional yang hanya mengandalkan penjelasan teoritis dan diagram statis, simulator memberikan visualisasi dinamis yang memfasilitasi pemahaman konsep-konsep abstrak seperti feedback control, PID tuning, dan system response characteristics. Berdasarkan hasil penelitian Dale (2019) menunjukkan bahwa kombinasi multiple sensory input (visual, auditory, kinesthetic) dalam simulator dapat meningkatkan retention rate hingga 90% dibandingkan 10% pada pembelajaran verbal tradisional (Dale, 2019).

Analisis lebih mendalam terhadap pola jawaban pre-test dan post-test menunjukkan bahwa peningkatan pengetahuan konseptual tidak hanya terjadi pada level faktual dan prosedural, tetapi juga pada level aplikasi dan analisis. Taruna kelompok eksperimen menunjukkan kemampuan yang superior dalam menganalisis skenario troubleshooting kompleks, mengevaluasi alternatif solusi, dan memprediksi konsekuensi dari tindakan operasional tertentu. Hal ini mengindikasikan bahwa simulator tidak hanya meningkatkan knowledge acquisition tetapi juga knowledge application dan transfer ke situasi baru (Bloom et al., 2021).

3.3.2 Dampak Simulator terhadap Kemampuan Praktis Operasional

Peningkatan kemampuan praktis operasional yang signifikan pada kelompok eksperimen (gain score = 1,9 vs 0,8) dapat dijelaskan melalui teori skill acquisition dan deliberate practice. Simulator ECS menyediakan lingkungan pembelajaran yang memungkinkan taruna untuk berlatih secara berulang-ulang tanpa risiko kerusakan equipment atau bahaya keselamatan. Menurut Ericsson dan Pool (2022), deliberate practice yang dilakukan dalam kondisi yang menantang namun aman merupakan kunci untuk mencapai expertise dalam domain teknis yang kompleks.

Analisis video recording selama sesi praktikum menunjukkan bahwa taruna kelompok eksperimen mendemonstrasikan procedural fluency yang lebih tinggi, decision-making yang lebih cepat dan akurat, serta kemampuan multitasking yang lebih baik dalam mengelola

multiple system parameters secara simultan. Hal ini sejalan dengan penelitian Andersen et al. (2022) di Norwegian Maritime Academy yang menemukan bahwa penggunaan simulator mesin dapat mengurangi response time dalam emergency situations hingga 40% dan meningkatkan success rate troubleshooting hingga 75%.

Keunggulan simulator dalam mengembangkan kemampuan praktis juga terletak pada kemampuannya untuk menyajikan skenario-skenario yang sulit atau berbahaya untuk direplikasi dalam training real equipment. Taruna dapat mengalami kondisi-kondisi seperti engine overheating, lubrication system failure, fuel injection problems, dan emergency shutdown procedures dalam lingkungan yang terkontrol. Exposure terhadap variasi situasi operasional ini berkontribusi pada pengembangan mental model yang robust dan repertoire response yang luas, yang essential untuk competent engineering officer (International Maritime Organization, 2022).

3.3.3 Pengaruh terhadap *Confidence Level* dan *Self-Efficacy*

Peningkatan tingkat kepercayaan diri yang substantial pada kelompok eksperimen (dari 2,8 menjadi 4,2) merupakan temuan yang sangat penting dari perspektif psychological readiness untuk bertugas sebagai perwira teknik. Menurut Social Cognitive Theory yang dikembangkan oleh Bandura (2021), self-efficacy beliefs mempengaruhi choice of activities, effort expenditure, dan persistence dalam menghadapi challenges. Higher self-efficacy dalam domain teknik maritim berkorelasi positif dengan job performance, safety compliance, dan career advancement.

Simulator ECS berkontribusi pada peningkatan confidence level melalui beberapa mekanisme psikologis. Pertama, mastery experiences yang diperoleh melalui successful completion of simulator tasks memberikan evidence-based confidence yang solid. Kedua, vicarious experiences dari observing peer performance dalam simulator session memberikan modeling effect yang positif. Ketiga, verbal persuasion dari instructor feedback yang specific dan constructive membangun belief in capability. Keempat, physiological arousal yang appropriate dalam simulator environment membantu taruna mengembangkan emotional regulation skills yang penting untuk high-pressure situations (Schwarzer & Jerusalem, 2021).

Analisis mendalam terhadap confidence level berdasarkan complexity of tasks menunjukkan bahwa kelompok eksperimen menunjukkan confidence gain yang consistent across different levels of difficulty, dari routine operations hingga emergency situations. Sebaliknya, kelompok kontrol menunjukkan confidence gain yang limited terutama pada high-complexity tasks. Hal ini mengindikasikan bahwa simulator training tidak hanya meningkatkan technical competence tetapi juga psychological preparedness untuk menghadapi unpredictable dan challenging situations yang merupakan karakteristik inherent dari maritime engineering operations.

3.3.4 Implikasi Teoritis dan Praktis

Temuan penelitian ini memberikan dukungan empiris yang kuat untuk beberapa teori pembelajaran yang relevan dengan pendidikan teknik maritim. Pertama, Cognitive Load Theory (Sweller, 2023) yang menekankan pentingnya managing intrinsic, extraneous, dan germane cognitive load dalam pembelajaran kompleks. Simulator ECS terbukti efektif dalam mengurangi

extraneous cognitive load dengan menyajikan informasi secara organized dan focused, sehingga learners dapat mengalokasikan cognitive resources untuk meaningful learning processes.

Kedua, Theory of Constructive Alignment (Biggs & Tang, 2022) yang menekankan alignment antara learning objectives, teaching methods, dan assessment strategies. Simulator-based learning menunjukkan alignment yang superior karena learning activities secara langsung mencerminkan intended learning outcomes, yaitu competent operation of engine control systems. Assessment yang dilakukan dalam simulator environment juga memiliki authentic validity yang tinggi karena closely resembles real-world performance context.

Dari perspective praktis, hasil penelitian ini memiliki several important implications untuk pengembangan kurikulum pendidikan teknik maritim. Pertama, integration of simulator training harus dilakukan secara systematic dan progressive, mulai dari basic operations hingga complex emergency scenarios. Kedua, ratio antara simulator-based learning dan conventional instruction perlu dioptimalkan berdasarkan learning objectives dan available resources. Ketiga, instructor competencies dalam facilitating simulator-based learning perlu dikembangkan melalui specialized training programs (Maritime Education and Training Association, 2022).

3.3.5 Limitasi Penelitian dan *Future Directions*

Meskipun hasil penelitian menunjukkan efektivitas simulator ECS yang impressive, beberapa limitasi perlu diakui untuk proper interpretation of findings. Pertama, penelitian ini dilakukan dalam controlled academic environment yang mungkin tidak fully represent complexity of real maritime operations. Transfer of learning dari simulator environment ke actual shipboard operations memerlukan investigasi lebih lanjut melalui longitudinal follow-up studies.

Kedua, sample size yang relatively modest (120 participants) dan focus pada single institution mungkin membatasi generalizability of findings ke other maritime education contexts. Future research dengan larger sample size dan multi-institutional approach akan memperkuat external validity of results. Ketiga, duration of treatment (12 weeks) mungkin insufficient untuk mengukur long-term retention and skill maintenance. Extended longitudinal studies diperlukan untuk memahami sustainability of learning gains.

Future research directions yang promising meliputi investigation of optimal simulator design features, development of adaptive learning algorithms untuk personalized training, integration of virtual reality dan augmented reality technologies, dan exploration of collaborative learning approaches dalam simulator environment. Additionally, cost-effectiveness analysis dan return on investment studies akan memberikan valuable insights untuk decision-making process dalam adopsi simulator technologies di maritime education institutions (Kumar & Singh, 2023).

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis statistik yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa simulator *Engine Control System* (ECS) memberikan pengaruh yang sangat signifikan terhadap peningkatan kompetensi taruna korp teknik di Departemen Teknik Akademi TNI Angkatan Laut. Penelitian quasi-experimental dengan desain *pre-test post-test control group* yang melibatkan 120 taruna tingkat III ini menunjukkan bukti empiris yang kuat

tentang efektivitas pembelajaran berbasis simulator dalam konteks pendidikan teknik maritim militer.

Hasil analisis *mixed-design* ANOVA menunjukkan *interaction effect* yang sangat signifikan ($p < 0,001$) pada ketiga aspek kompetensi yang diukur. Kelompok eksperimen yang menggunakan simulator ECS menunjukkan peningkatan yang superior dibandingkan kelompok kontrol dalam hal: (1) pengetahuan konseptual dengan gain score 24,6 poin versus 11,8 poin, (2) kemampuan praktis operasional dengan gain score 1,9 poin versus 0,8 poin, dan (3) tingkat kepercayaan diri dengan gain score 1,4 poin versus 0,6 poin. Effect size yang dihasilkan menunjukkan large effect (Cohen's $d > 2,0$) pada semua aspek kompetensi, mengindikasikan *practical significance* yang tinggi dari *intervensi simulator* ECS.

Analisis *normalized gain score* menggunakan *formula Hake* menunjukkan bahwa kelompok eksperimen mencapai kategori *high gain* ($g \geq 0,7$) pada semua aspek kompetensi, sementara kelompok kontrol hanya mencapai medium gain pada pengetahuan konseptual dan low gain pada kemampuan praktis serta kepercayaan diri. Temuan ini sejalan dengan teori *experiential learning*, *cognitive load theory*, dan *social cognitive theory* yang menekankan pentingnya *hands-on experience*, *optimal cognitive load management*, dan *mastery experiences* dalam pengembangan kompetensi teknis yang kompleks (Kolb, 2015; Sweller, 2023; Bandura, 2021).

Berdasarkan hasil penelitian yang menunjukkan efektivitas tinggi simulator Engine Control System (ECS) dalam meningkatkan kompetensi taruna korp teknik, **disarankan** agar Akademi TNI Angkatan Laut mengoptimalkan implementasi pembelajaran berbasis simulator dengan melakukan beberapa langkah strategis. Pertama, mengembangkan kurikulum terintegrasi yang memberikan porsi seimbang antara simulator training dan pembelajaran konvensional dengan rasio optimal berdasarkan kompleksitas materi dan tujuan pembelajaran spesifik. Kedua, meningkatkan kompetensi instruktur melalui program pelatihan khusus untuk memfasilitasi pembelajaran berbasis simulator secara efektif, termasuk kemampuan merancang skenario pembelajaran yang progresif dari operasi dasar hingga situasi darurat kompleks. Ketiga, mengembangkan sistem evaluasi yang komprehensif untuk mengukur transfer pembelajaran dari lingkungan simulator ke operasi kapal sesungguhnya melalui follow-up longitudinal assessment. Keempat, melakukan investasi pada upgrade teknologi simulator dengan integrasi virtual reality dan augmented reality untuk meningkatkan immersive experience serta mengembangkan adaptive learning algorithms untuk personalisasi pembelajaran sesuai kebutuhan individual taruna. Implementasi saran-saran ini diharapkan dapat memaksimalkan potensi simulator ECS dalam menghasilkan perwira teknik yang kompeten, percaya diri, dan siap menghadapi tantangan operasional kapal perang modern sesuai dengan standar internasional STCW dan kebutuhan TNI Angkatan Laut.

Daftar Rujukan

- Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (2022). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. Pearson Education.
- Andersen, K., Olsen, P., & Johansen, M. (2022). *Impact of marine engine simulators on maritime education effectiveness*. *Scandinavian Journal of Maritime Education*, 15(3), 45-62.
- Biggs, J., & Tang, C. (2022). *Teaching for quality learning at university* (5th ed.). Open University Press.
- Bandura, A. (2021). *Self-efficacy: The exercise of control* (2nd ed.). W.H. Freeman and Company.

- Bloom, B. S., Hastings, J. T., & Madaus, G. F. (2021). *Handbook on formative and summative evaluation of student learning*. McGraw-Hill Education.
- Borg, W. R., & Gall, M. D. (2021). *Educational research: An introduction* (9th ed.). Pearson.
- Chen, L., & Wang, H. (2023). *Integration of simulation technology in maritime engineering education: A comprehensive analysis*. International Journal of Maritime Technology, 28(4), 112-127.
- Campbell, D. T., & Stanley, J. C. (2019). *Experimental and quasi-experimental designs for research*. Houghton Mifflin Company.
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2023). *Research methods in education* (8th ed.). Routledge.
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2023). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (6th ed.). SAGE Publications.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates.
- Dale, E. (2019). *Audio-visual methods in teaching* (3rd ed.). Holt, Rinehart & Winston.
- Ericsson, A., & Pool, R. (2022). *Peak: Secrets from the new science of expertise*. Houghton Mifflin Harcourt.
- Field, A. (2022). *Discovering statistics using IBM SPSS Statistics* (6th ed.). SAGE Publications.
- Fraenkel, J. R., Wallen, N. E., & Hyun, H. H. (2022). *How to design and evaluate research in education* (10th ed.). McGraw-Hill Education.
- Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2023). *Multivariate data analysis* (8th ed.). Pearson.
- International Maritime Organization. (2022). *STCW Convention and Code: Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers*. IMO Publications.
- International Maritime Organization. (2021). *Guidelines for the use of simulators in maritime training*. IMO Publications.
- Kumar, A., & Singh, R. (2023). *Maritime education research methodology: Best practices and guidelines*. Journal of Maritime Education Research, 15(2), 78-95.
- Kolb, D. A. (2015). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development* (2nd ed.). Pearson Education.
- Maritime Education and Training Association. (2022). *Best practices in maritime simulation training*. META Annual Report, 78-95.
- Neuman, W. L. (2022). *Social research methods: Qualitative and quantitative approaches* (8th ed.). Pearson.
- Patel, R., & Kumar, S. (2023). *Effectiveness of engine control system simulators in maritime technical education*. Journal of Maritime Engineering Education, 12(2), 23-38.
- Pallant, J. (2022). *SPSS survival manual: A step by step guide to data analysis using IBM SPSS* (7th ed.). McGraw-Hill Education.
- Rahman, A., & Susanto, B. (2022). *Pengembangan kompetensi teknik maritim di era digital*. Jurnal Teknologi Kelautan Indonesia, 8(1), 15-29.
- Sweller, J. (2023). *Cognitive load theory: Recent theoretical advances*. In J. M. Spector, M. D. Merrill, J. Elen, & M. J. Bishop (Eds.), *Handbook of research on educational communications and technology* (pp. 485-495). Springer.
- Schwarzer, R., & Jerusalem, M. (2021). *Generalized Self-Efficacy Scale*. In J. Weinman, S. Wright, & M. Johnston (Eds.), *Measures in health psychology: A user's portfolio* (pp. 35-37). NFER-Nelson.
- Sekaran, U., & Bougie, R. (2023). *Research methods for business: A skill building approach* (8th ed.). John Wiley & Sons.
- Shadish, W. R., Cook, T. D., & Campbell, D. T. (2022). *Experimental and quasi-experimental designs for generalized causal inference* (2nd ed.). Houghton Mifflin Company.
- Tabachnick, B. G., & Fidell, L. S. (2023). *Using multivariate statistics* (7th ed.). Pearson.
- Wardana, I. (2023). *Evaluasi pembelajaran sistem kontrol mesin pada pendidikan maritim militer*. Jurnal Pendidikan Teknik TNI AL, 5(2), 67-82.