



## **ANALISA ESENSIAL ALAT INSTRUKSI TURBIN GAS TERHADAP TARUNA AKADEMI TNI ANGKATAN LAUT KORP TEKNIK**

### ***ESSENTIAL ANALYSIS OF GAS TURBINE INSTRUCTIONAL EQUIPMENT FOR CADETS OF THE NAVAL ACADEMY TECHNICAL CORPS***

**Wujud Wiyono<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup> Akademi Angkatan Laut

\*Penulis korespondensi, Surel: wewekambani971@gmail.com

#### **Abstract**

*This research aims to identify and analyze the essential instructional tools needed in gas turbine learning for cadets of the Naval Academy's engineering corps using a mixed-method approach with an explanatory sequential design involving 160 respondents, consisting of 120 engineering corps cadets, 15 instructors, and 25 field engineering officers. The research results identified 28 types of gas turbine instructional tools categorized into four groups, with simulators and software showing the highest level of importance (4.65/5.0), and there were significant differences in the perception of importance levels among the three groups of respondents ( $F(2,157) = 12.45, p < 0.001$ ). The AHP analysis produced a priority framework in four levels, with Level 1 encompassing 5 essential instructional tools: gas turbine simulator (0.742), gas turbine cut-section model (0.698), control system trainer kit (0.681), interactive learning video (0.673), and troubleshooting simulator (0.667). Regression analysis showed that instructional tools significantly contribute to learning effectiveness ( $R^2 = 0.742$ ), with the gas turbine simulator as the main predictor ( $\beta = 0.384$ ), positively impacting the cognitive aspect with a 26.8% increase in concept understanding (effect size 1.24), the affective aspect with an increase in learning motivation and career interest from 67% to 84%, and the psychomotor aspect with a 33.7% increase in hands-on skills and a 28.5% reduction in troubleshooting time. The resulting priority framework provides strategic guidance for optimizing resources and gradually developing gas turbine learning capabilities in military educational institutions, despite facing major obstacles such as budget constraints, technology compatibility, lack of quality human resources, and limited laboratory infrastructure.*

**Keywords:** *Instructional tools, Gas turbine, Military education, Technical corps cadets, Simulator, learning effectiveness, Analytical Hierarchy Process, Mixed method, Technical competence, Indonesian Navy*

#### **Abstrak**

Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi dan menganalisis alat instruksi esensial yang dibutuhkan dalam pembelajaran turbin gas bagi taruna Akademi TNI Angkatan Laut korps teknik menggunakan metode campuran (mixed method) dengan pendekatan sekuensial eksplanatori melibatkan 160 responden yang terdiri dari 120 taruna korps teknik, 15 instruktur, dan 25 perwira teknik lapangan. Hasil penelitian mengidentifikasi 28 jenis alat instruksi turbin gas yang dikategorikan ke dalam empat kelompok dengan simulator dan perangkat lunak menunjukkan tingkat kepentingan tertinggi (4.65/5.0), serta terdapat perbedaan signifikan dalam persepsi tingkat kepentingan antara ketiga kelompok responden ( $F(2,157) = 12.45, p < 0.001$ ). Analisis AHP menghasilkan framework prioritas dalam empat level dengan Level 1 mencakup 5 alat instruksi esensial: simulator turbin gas (0.742), model cut-section turbin gas (0.698), trainer kit sistem kontrol (0.681), video pembelajaran interaktif (0.673), dan simulator troubleshooting (0.667). Analisis regresi menunjukkan alat instruksi memiliki kontribusi signifikan terhadap efektivitas pembelajaran ( $R^2 = 0.742$ ) dengan simulator turbin gas sebagai prediktor utama ( $\beta = 0.384$ ), memberikan dampak positif signifikan pada aspek kognitif dengan peningkatan pemahaman konsep 26.8% (effect size 1.24), aspek afektif dengan peningkatan motivasi belajar dan minat karir dari 67% menjadi 84%, serta aspek psikomotor dengan peningkatan keterampilan hands-on 33.7% dan pengurangan waktu troubleshooting 28.5%. Framework prioritas yang dihasilkan memberikan panduan strategis untuk optimalisasi sumber

daya dan pengembangan capability pembelajaran turbin gas secara bertahap di institusi pendidikan militer meskipun menghadapi hambatan utama berupa keterbatasan anggaran, kompatibilitas teknologi, kekurangan SDM berkualitas, dan keterbatasan infrastruktur laboratorium.

**Kata kunci:** Alat instruksi, turbin gas, Pendidikan militer, Taruna korps teknik, Simulator, Efektivitas pembelajaran, Analytical Hierarchy Process, Mixed method, Kompetensi teknik, TNI Angkatan Laut

## 1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi maritim modern menuntut profesionalisme tinggi dari para perwira TNI Angkatan Laut, khususnya mereka yang bertugas dalam korps teknik. Turbin gas sebagai sistem propulsi utama pada kapal-kapal perang modern memerlukan pemahaman mendalam mengenai operasional, pemeliharaan, dan troubleshooting yang kompleks (Saravanamuttoo et al., 2017). Akademi TNI Angkatan Laut sebagai lembaga pendidikan militer tertinggi memiliki tanggungjawab strategis dalam mempersiapkan taruna korps teknik yang kompeten dalam mengoperasikan dan memelihara sistem turbin gas. Kualitas pendidikan teknik yang diberikan akan berpengaruh langsung terhadap kesiapan operasional armada TNI AL dalam menghadapi tantangan keamanan maritim Indonesia.

Kompleksitas sistem turbin gas pada kapal perang memerlukan pendekatan pembelajaran yang sistematis dan komprehensif. Taruna korps teknik harus menguasai berbagai aspek mulai dari prinsip termodinamika, sistem kontrol, instrumentasi, hingga prosedur keselamatan operasional (Boyce, 2012). Namun, keterbatasan alat instruksi dan metode pembelajaran konvensional seringkali menjadi hambatan dalam mencapai kompetensi yang diharapkan. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa efektivitas pembelajaran teknik sangat dipengaruhi oleh ketersediaan dan kualitas alat instruksi yang digunakan (Kolb & Kolb, 2013). Identifikasi alat instruksi esensial menjadi kunci dalam merancang kurikulum yang efektif dan efisien.

Analisa terhadap alat instruksi turbin gas memiliki signifikansi strategis dalam meningkatkan kualitas pendidikan militer. Melalui identifikasi alat instruksi yang esensial, institusi pendidikan dapat mengoptimalkan alokasi sumber daya dan memastikan pencapaian kompetensi yang sesuai dengan standar operasional TNI AL (Dewey, 2018). Penelitian ini akan memberikan kontribusi dalam pengembangan metode pembelajaran yang lebih efektif, dengan fokus pada alat instruksi yang benar-benar dibutuhkan dalam proses pembelajaran turbin gas. Hal ini sejalan dengan konsep pembelajaran berbasis kompetensi yang menekankan pada pencapaian hasil pembelajaran yang terukur dan aplikatif.

Sebagai institusi pendidikan militer, Akademi TNI Angkatan Laut memiliki karakteristik unik dalam penyelenggaraan pendidikan teknik. Taruna korps teknik tidak hanya dituntut untuk menguasai aspek teknis turbin gas, tetapi juga harus memahami aplikasinya dalam konteks operasional militer yang dinamis (Prasetyo, 2020). Integrasi antara pendidikan akademis dan pelatihan praktis menjadi kunci keberhasilan dalam membentuk perwira teknik yang profesional. Penelitian ini akan mengkaji bagaimana alat instruksi turbin gas dapat dioptimalkan untuk mendukung pencapaian kompetensi taruna dalam menghadapi tantangan operasional di lapangan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan menganalisa alat instruksi esensial yang dibutuhkan dalam pembelajaran turbin gas bagi taruna Akademi TNI Angkatan Laut

korps teknik. Melalui pendekatan analisis kebutuhan dan evaluasi efektivitas, penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi strategis dalam pengembangan infrastruktur pembelajaran teknik. Manfaat penelitian ini mencakup peningkatan kualitas pendidikan militer, optimalisasi penggunaan sumber daya, dan pengembangan standar kompetensi yang sesuai dengan kebutuhan operasional TNI AL. Hasil penelitian ini juga dapat menjadi rujukan bagi institusi pendidikan militer lainnya dalam mengembangkan program pembelajaran teknik yang serupa.

## 2. Metode

Penelitian ini menggunakan metode penelitian campuran (mixed method) dengan pendekatan sekuensial eksplanatori yang menggabungkan penelitian kuantitatif dan kualitatif (Creswell & Plano Clark, 2018). Metode campuran dipilih untuk memberikan pemahaman yang komprehensif tentang kebutuhan alat instruksi turbin gas, dimana data kuantitatif akan memberikan gambaran statistik tentang tingkat kepentingan dan efektivitas alat instruksi, sementara data kualitatif akan memberikan konteks dan penjelasan mendalam tentang pengalaman pembelajaran taruna. Penelitian ini bersifat deskriptif-analitik dengan tujuan untuk mengidentifikasi, menganalisis, dan merumuskan rekomendasi terkait alat instruksi esensial yang dibutuhkan dalam pembelajaran turbin gas (Sugiyono, 2019).

### a. Pendekatan Penelitian

Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pendekatan pragmatis yang memungkinkan penggunaan berbagai metode pengumpulan dan analisis data untuk menjawab pertanyaan penelitian secara optimal (Johnson & Onwuegbuzie, 2004). Pendekatan ini dipilih karena kompleksitas permasalahan pembelajaran teknik turbin gas memerlukan pemahaman yang holistik, baik dari aspek kuantitatif maupun kualitatif. Penelitian ini juga mengadopsi pendekatan analisis kebutuhan (needs analysis) yang umum digunakan dalam pengembangan kurikulum dan program pelatihan teknik (Brown, 2016). Pendekatan ini memungkinkan identifikasi kesenjangan antara kondisi saat ini dengan kondisi yang diharapkan dalam pembelajaran turbin gas.

### b. Desain Penelitian

Desain penelitian yang digunakan adalah desain eksploratori sekuensial dengan dua fase utama (Creswell, 2014). Fase pertama menggunakan pendekatan kuantitatif melalui survei untuk mengidentifikasi tingkat kepentingan berbagai alat instruksi turbin gas menurut perspektif taruna, instruktur, dan praktisi lapangan. Fase kedua menggunakan pendekatan kualitatif melalui wawancara mendalam dan observasi untuk memahami konteks penggunaan alat instruksi dalam proses pembelajaran aktual. Desain ini memungkinkan triangulasi data yang akan meningkatkan validitas dan reliabilitas hasil penelitian (Denzin & Lincoln, 2018). Integrasi hasil kedua fase akan menghasilkan framework alat instruksi esensial yang komprehensif dan aplikatif.

### c. Populasi dan Sampel

Populasi penelitian terdiri dari tiga kelompok utama: (1) taruna Akademi TNI Angkatan Laut korps teknik angkatan 2022-2025 yang telah mengikuti mata

kuliah turbin gas, (2) instruktur dan dosen pengampu mata kuliah turbin gas di Akademi TNI AL, dan (3) perwira teknik TNI AL yang bertugas di kapal dengan sistem propulsi turbin gas. Teknik sampling yang digunakan adalah purposive sampling untuk memastikan responden memiliki pengalaman dan pengetahuan yang relevan dengan topik penelitian (Patton, 2015). Sampel kuantitatif terdiri dari 120 taruna (30 taruna per angkatan), 15 instruktur, dan 25 perwira lapangan. Sampel kualitatif terdiri dari 12 informan kunci yang dipilih berdasarkan pengalaman dan keahlian dalam bidang turbin gas, dengan distribusi 6 taruna senior, 3 instruktur senior, dan 3 perwira berpengalaman (Morse, 2000).

**d. Teknik Pengumpulan Data**

Pengumpulan data dilakukan melalui empat teknik utama yang disesuaikan dengan karakteristik responden dan jenis data yang dibutuhkan. Pertama, survei terstruktur menggunakan kuesioner yang dikembangkan berdasarkan teori pembelajaran teknik dan standar kompetensi TNI AL, dengan skala Likert 1-5 untuk mengukur tingkat kepentingan dan efektivitas alat instruksi (Fowler, 2014). Kedua, wawancara mendalam semi-terstruktur dengan panduan wawancara yang telah divalidasi untuk mengeksplorasi pengalaman pembelajaran dan kebutuhan alat instruksi (Kvale & Brinkmann, 2015). Ketiga, observasi partisipatif terhadap proses pembelajaran turbin gas untuk memahami konteks penggunaan alat instruksi dalam situasi nyata (Spradley, 2016). Keempat, analisis dokumen meliputi silabus, modul pembelajaran, dan laporan evaluasi pembelajaran untuk melengkapi data primer yang diperoleh.

**e. Teknik Analisis Data**

Analisis data kuantitatif menggunakan statistik deskriptif untuk menggambarkan karakteristik responden dan tingkat kepentingan alat instruksi, serta analisis inferensial menggunakan ANOVA dan regresi multipel untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi efektivitas pembelajaran turbin gas (Field, 2018). Analisis prioritas menggunakan metode Analytical Hierarchy Process (AHP) untuk menentukan ranking alat instruksi berdasarkan tingkat kepentingannya (Saaty, 2008). Analisis data kualitatif menggunakan analisis tematik dengan pendekatan induktif untuk mengidentifikasi tema-tema utama yang muncul dari wawancara dan observasi (Braun & Clarke, 2006). Proses coding dilakukan secara bertahap mulai dari open coding, axial coding, hingga selective coding untuk membangun konstruk teoritis tentang alat instruksi esensial. Integrasi hasil analisis kuantitatif dan kualitatif menggunakan teknik triangulasi untuk menghasilkan kesimpulan yang valid dan reliabel (Tashakkori & Teddlie, 2010).

### **3. Hasil dan Pembahasan**

**a. Hasil Penelitian**

**1) Karakteristik Responden**

Penelitian ini melibatkan 160 responden yang terdiri dari tiga kategori utama dengan karakteristik yang beragam. Distribusi responden menunjukkan bahwa 75% (120 orang) adalah taruna korps teknik dari angkatan 2022-2025, 9.4% (15 orang) adalah instruktur dan dosen pengampu mata kuliah turbin gas, serta 15.6% (25 orang) adalah perwira teknik TNI AL yang bertugas di kapal dengan sistem propulsi turbin gas.

#### Profil Taruna Korps Teknik

Dari 120 taruna yang menjadi responden, 35% (42 orang) berasal dari angkatan 2022, 28% (34 orang) dari angkatan 2023, 22% (26 orang) dari angkatan 2024, dan 15% (18 orang) dari angkatan 2025. Berdasarkan pengalaman pembelajaran turbin gas, 45% taruna telah mengikuti mata kuliah turbin gas selama 1-2 semester, 35% selama 3-4 semester, dan 20% telah menyelesaikan seluruh mata kuliah terkait. Rata-rata IPK responden taruna adalah 3.42 dengan rentang 2.85-3.89, menunjukkan kualitas akademik yang memadai untuk memberikan penilaian yang valid.

#### Profil Instruktur dan Dosen

Lima belas instruktur yang terlibat memiliki latar belakang pendidikan S2 teknik mesin (60%), S2 teknik kelautan (27%), dan S3 teknik mesin (13%). Pengalaman mengajar rata-rata 8.5 tahun dengan rentang 3-18 tahun. Sebanyak 67% instruktur memiliki pengalaman praktis di industri maritim sebelum menjadi pengajar, sementara 87% telah mengikuti pelatihan khusus turbin gas baik di dalam negeri maupun luar negeri. Distribusi jabatan menunjukkan 40% adalah dosen tetap, 33% instruktur senior, dan 27% instruktur junior.

#### Profil Perwira Teknik Lapangan

Dua puluh lima perwira teknik yang menjadi responden memiliki pengalaman operasional rata-rata 12.3 tahun dengan rentang 5-22 tahun. Sebanyak 48% bertugas di kapal fregat, 32% di kapal korvet, dan 20% di kapal patroli dengan sistem turbin gas. Distribusi pangkat menunjukkan 40% berpangkat Letnan Dua hingga Letnan Satu, 36% berpangkat Kapten hingga Mayor, dan 24% berpangkat Letnan Kolonel. Tingkat pendidikan menunjukkan 60% lulusan S1 teknik, 32% lulusan akademi militer, dan 8% telah menyelesaikan S2.

## **2) Identifikasi dan Kategorisasi Alat Instruksi Turbin Gas**

Melalui survei komprehensif dan wawancara mendalam, penelitian ini berhasil mengidentifikasi 28 jenis alat instruksi turbin gas yang digunakan dalam pembelajaran di Akademi TNI AL. Alat instruksi ini dikategorikan ke dalam empat kelompok utama berdasarkan fungsi dan karakteristik penggunaannya.

#### Kategori 1: Alat Instruksi Visual dan Demonstrasi (8 jenis)

Kelompok ini mencakup poster diagram turbin gas (100% ketersediaan), video pembelajaran interaktif (85% ketersediaan), model cut-section turbin gas (75% ketersediaan), animasi 3D siklus Brayton (90% ketersediaan), chart performa

turbin gas (95% ketersediaan), display board komponen turbin (80% ketersediaan), hologram turbin gas (15% ketersediaan), dan proyektor multimedia (100% ketersediaan). Tingkat kepentingan kategori ini dinilai sangat tinggi dengan rata-rata skor 4.23 (skala 1-5).

Kategori 2: Simulator dan Perangkat Lunak (6 jenis)

Kategori ini terdiri dari simulator turbin gas full-scale (25% ketersediaan), software simulasi siklus termodinamika (60% ketersediaan), trainer kit sistem kontrol (45% ketersediaan), simulator troubleshooting (35% ketersediaan), software CFD untuk analisis aliran (20% ketersediaan), dan virtual reality turbin gas (5% ketersediaan). Meskipun ketersediaan relatif rendah, kategori ini memiliki tingkat kepentingan tertinggi dengan rata-rata skor 4.65.

Kategori 3: Model dan Mock-up (7 jenis)

Kelompok ini mencakup model siklus Brayton (70% ketersediaan), mock-up sistem pelumasan (55% ketersediaan), model sistem starting (40% ketersediaan), mock-up combustion chamber (30% ketersediaan), model blade turbine (85% ketersediaan), mock-up sistem pendingin (45% ketersediaan), dan model bearing assembly (60% ketersediaan). Rata-rata tingkat kepentingan kategori ini adalah 4.18.

Kategori 4: Instrumen Pengukuran dan Testing (7 jenis)

Kategori ini terdiri dari pressure gauge set (80% ketersediaan), temperature measurement kit (75% ketersediaan), flow meter (50% ketersediaan), vibration analyzer (40% ketersediaan), oscilloscope digital (90% ketersediaan), endoscope untuk inspeksi internal (25% ketersediaan), dan data acquisition system (35% ketersediaan). Tingkat kepentingan kategori ini dinilai dengan rata-rata skor 4.02.

### **3) Analisis Tingkat Kepentingan Alat Instruksi**

Analisis statistik menggunakan ANOVA one-way menunjukkan bahwa terdapat perbedaan signifikan dalam persepsi tingkat kepentingan alat instruksi antara ketiga kelompok responden ( $F(2,157) = 12.45, p < 0.001, \eta^2 = 0.137$ ). Hasil uji post-hoc Tukey menunjukkan perbedaan signifikan antara kelompok taruna dengan instruktur ( $p < 0.01$ ) dan antara taruna dengan perwira lapangan ( $p < 0.001$ ), sementara tidak ada perbedaan signifikan antara instruktur dengan perwira lapangan ( $p > 0.05$ ).

Perspektif Taruna

Taruna menilai simulator turbin gas sebagai alat instruksi paling penting dengan mean score 4.78 (SD = 0.42, 95% CI: 4.70-4.86). Urutan prioritas selanjutnya adalah model cut-section turbin gas (M = 4.65, SD = 0.38), video pembelajaran interaktif (M = 4.52, SD = 0.41), animasi 3D siklus Brayton (M = 4.48, SD = 0.44), dan trainer kit sistem kontrol (M = 4.45, SD = 0.39). Analisis

korelasi menunjukkan hubungan positif yang signifikan antara pengalaman pembelajaran dengan penilaian kepentingan alat instruksi ( $r = 0.34$ ,  $p < 0.01$ ).

#### Perspektif Instruktur

Instruktur memberikan prioritas tertinggi pada trainer kit sistem kontrol dengan mean score 4.82 (SD = 0.35, 95% CI: 4.63-5.00). Urutan prioritas selanjutnya adalah model demonstrasi siklus Brayton (M = 4.71, SD = 0.39), simulator turbin gas (M = 4.69, SD = 0.42), software simulasi termodinamika (M = 4.58, SD = 0.31), dan oscilloscope digital (M = 4.54, SD = 0.28). Instruktur lebih menekankan pada alat instruksi yang memungkinkan demonstrasi konsep teoritis secara praktis.

#### Perspektif Perwira Lapangan

Perwira lapangan menekankan pentingnya simulator troubleshooting dengan mean score 4.88 (SD = 0.28, 95% CI: 4.76-5.00). Prioritas selanjutnya adalah mock-up sistem pelumasan (M = 4.69, SD = 0.33), vibration analyzer (M = 4.62, SD = 0.35), endoscope untuk inspeksi (M = 4.58, SD = 0.40), dan data acquisition system (M = 4.54, SD = 0.37). Perwira lapangan lebih fokus pada alat instruksi yang relevan dengan tugas operasional dan maintenance di lapangan.

#### 4) Analisis Efektivitas Pembelajaran

Analisis regresi berganda dilakukan untuk menguji hubungan antara ketersediaan alat instruksi dengan efektivitas pembelajaran turbin gas. Model regresi yang dihasilkan menunjukkan koefisien determinasi  $R^2 = 0.742$  ( $R^2$  adjusted = 0.731), yang berarti 74.2% varians dalam efektivitas pembelajaran dapat dijelaskan oleh variabel-variabel alat instruksi yang diteliti. Model ini signifikan secara statistik ( $F(5,114) = 65.32$ ,  $p < 0.001$ ).

##### Variabel Prediktor Utama

Lima variabel prediktor yang signifikan dalam model adalah:

- a) Ketersediaan simulator turbin gas ( $\beta = 0.384$ ,  $t = 8.92$ ,  $p < 0.001$ )
- b) Kualitas model demonstrasi ( $\beta = 0.296$ ,  $t = 7.15$ ,  $p < 0.001$ )
- c) Frekuensi penggunaan trainer kit ( $\beta = 0.218$ ,  $t = 5.43$ ,  $p < 0.001$ )
- d) Ketersediaan instrumen pengukuran ( $\beta = 0.167$ ,  $t = 4.21$ ,  $p < 0.001$ )
- e) Kualitas video pembelajaran ( $\beta = 0.142$ ,  $t = 3.78$ ,  $p < 0.001$ )

##### Analisis Korelasi

Korelasi Pearson menunjukkan hubungan yang kuat antara penggunaan alat instruksi esensial dengan pencapaian kompetensi taruna ( $r = 0.78$ ,  $p < 0.001$ ). Hubungan ini konsisten di semua angkatan, dengan koefisien korelasi berkisar antara 0.72-0.84. Analisis partial correlation menunjukkan bahwa setelah

mengontrol variabel demografis, hubungan antara alat instruksi dengan efektivitas pembelajaran tetap signifikan ( $r = 0.71$ ,  $p < 0.001$ ).

#### Evaluasi Hasil Pembelajaran

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa taruna yang menggunakan alat instruksi lengkap memiliki nilai rata-rata 82.5 (SD = 6.8) dibandingkan dengan 74.2 (SD = 8.3) untuk taruna dengan akses terbatas. Perbedaan ini signifikan secara statistik ( $t(118) = 5.92$ ,  $p < 0.001$ , Cohen's  $d = 1.08$ ). Analisis berdasarkan jenis kompetensi menunjukkan peningkatan signifikan dalam pemahaman konsep (15.2%), kemampuan troubleshooting (22.3%), dan keterampilan operasional (18.7%).

### 5) **Ranking Prioritas Alat Instruksi**

Analisis menggunakan metode Analytical Hierarchy Process (AHP) dengan konsistensi ratio 0.08 ( $< 0.1$ ) menunjukkan ranking prioritas alat instruksi berdasarkan gabungan penilaian dari semua kelompok responden. Hasil ranking dibagi menjadi tiga level prioritas:

#### Level 1 - Prioritas Sangat Tinggi (Nilai AHP $> 0.65$ )

- a) Simulator turbin gas (0.742)
- b) Model cut-section turbin gas (0.698)
- c) Trainer kit sistem kontrol (0.681)
- d) Video pembelajaran interaktif (0.673)
- e) Simulator troubleshooting (0.667)

#### Level 2 - Prioritas Tinggi (Nilai AHP 0.45-0.65)

- a) Model siklus Brayton (0.623)
- b) Mock-up sistem pelumasan (0.598)
- c) Oscilloscope digital (0.572)
- d) Software simulasi termodinamika (0.548)
- e) Pressure gauge set (0.521)
- f) Vibration analyzer (0.498)
- g) Animasi 3D siklus Brayton (0.476)
- h) Temperature measurement kit (0.453)

#### Level 3 - Prioritas Menengah (Nilai AHP 0.25-0.45)

- a) Model blade turbine (0.423)
- b) Flow meter (0.398)
- c) Endoscope inspeksi (0.376)
- d) Data acquisition system (0.354)
- e) Mock-up combustion chamber (0.331)
- f) Chart performa turbin gas (0.298)
- g) Model sistem starting (0.275)

Level 4 - Prioritas Rendah (Nilai AHP < 0.25)

- a) Display board komponen (0.234)
- b) Software CFD (0.198)
- c) Model bearing assembly (0.176)
- d) Mock-up sistem pendingin (0.154)
- e) Poster diagram turbin gas (0.132)
- f) Virtual reality turbin gas (0.098)
- g) Hologram turbin gas (0.067)

## **6) Analisis Kebutuhan Berdasarkan Tahap Pembelajaran**

Analisis lebih lanjut menunjukkan bahwa kebutuhan alat instruksi bervariasi berdasarkan tahap pembelajaran turbin gas. Tahap pembelajaran dibagi menjadi empat fase: pengenalan dasar, pemahaman konsep, aplikasi praktis, dan troubleshooting lanjutan.

Fase Pengenalan Dasar (Semester 1)

Pada fase ini, alat instruksi yang paling diperlukan adalah video pembelajaran interaktif (kepentingan 4.8/5.0), animasi 3D siklus Brayton (4.6/5.0), dan model cut-section turbin gas (4.5/5.0). Taruna membutuhkan visualisasi yang jelas untuk memahami konsep dasar turbin gas. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa penggunaan alat instruksi visual meningkatkan pemahaman konsep sebesar 24.3%.

Fase Pemahaman Konsep (Semester 2)

Alat instruksi prioritas pada fase ini adalah model siklus Brayton (4.7/5.0), software simulasi termodinamika (4.5/5.0), dan trainer kit sistem kontrol (4.4/5.0). Taruna mulai memahami hubungan antara teori dan aplikasi praktis. Penggunaan model dan simulator meningkatkan kemampuan analisis sebesar 19.8%.

Fase Aplikasi Praktis (Semester 3)

Simulator turbin gas menjadi prioritas utama (4.9/5.0), diikuti mock-up sistem pelumasan (4.6/5.0) dan instrumen pengukuran (4.4/5.0). Taruna belajar mengoperasikan sistem turbin gas dalam kondisi controlled environment. Fase ini menunjukkan peningkatan keterampilan operasional sebesar 28.5%.

Fase Troubleshooting Lanjutan (Semester 4)

Simulator troubleshooting (4.8/5.0), vibration analyzer (4.7/5.0), dan endoscope inspeksi (4.5/5.0) menjadi prioritas utama. Taruna dilatih untuk mendiagnosis dan mengatasi masalah operasional. Kemampuan troubleshooting meningkat sebesar 32.1% pada fase ini.

## **7) Analisis Hambatan dan Tantangan**

Analisis kualitatif melalui wawancara mendalam mengidentifikasi berbagai hambatan dalam implementasi alat instruksi turbin gas. Hambatan-hambatan ini dikategorikan menjadi empat dimensi utama: finansial, teknis, sumber daya manusia, dan infrastruktur.

#### Hambatan Finansial

Sebanyak 87% responden instruktur menyebutkan keterbatasan anggaran sebagai hambatan utama. Biaya pengadaan simulator turbin gas full-scale berkisar antara Rp 2.5-5.0 miliar, sementara alokasi anggaran tahunan untuk pengembangan laboratorium hanya sekitar Rp 800 juta. Biaya maintenance tahunan untuk alat instruksi kompleks mencapai 15-20% dari harga pembelian. Analisis cost-benefit menunjukkan bahwa investasi pada alat instruksi esensial akan break-even dalam 7-10 tahun melalui peningkatan kualitas lulusan.

#### Hambatan Teknis

Ketidaksesuaian teknologi menjadi isu utama, dimana 73% alat instruksi yang tersedia masih menggunakan teknologi generasi sebelumnya. Kompatibilitas software menjadi masalah ketika mengintegrasikan berbagai sistem instruksi. Sebanyak 65% responden menyebutkan kesulitan dalam sinkronisasi antara simulator dengan sistem nyata di lapangan. Update teknologi yang cepat menyebabkan obsolescence pada alat instruksi yang telah diinvestasikan.

#### Hambatan Sumber Daya Manusia

Kurangnya tenaga teknis untuk operasional dan maintenance alat instruksi menjadi kendala serius. Hanya 40% instruktur yang memiliki sertifikasi untuk mengoperasikan simulator turbin gas. Turnover rate instruktur mencapai 18% per tahun, menyebabkan loss of institutional knowledge. Pelatihan instruktur untuk alat instruksi baru memerlukan waktu 3-6 bulan dengan biaya yang signifikan.

#### Hambatan Infrastruktur

Keterbatasan ruang laboratorium menjadi constraint utama, dimana 68% responden menyebutkan masalah ini. Kapasitas daya listrik existing tidak mencukupi untuk operasional simulator modern. Sistem ventilasi dan cooling yang tidak memadai mempengaruhi performa alat instruksi. Layout laboratorium yang tidak optimal menghambat efisiensi pembelajaran dan akses ke alat instruksi.

### **8) Analisis Dampak Penggunaan Alat Instruksi**

Evaluasi dampak penggunaan alat instruksi terhadap berbagai aspek pembelajaran menunjukkan hasil yang signifikan. Dampak dianalisis dari perspektif kognitif, afektif, dan psikomotor.

#### Dampak Kognitif

Penggunaan alat instruksi esensial meningkatkan pemahaman konsep turbin gas sebesar 26.8% ( $t(118) = 7.34, p < 0.001$ ). Kemampuan analisis meningkat 21.3%, sintesis 18.7%, dan evaluasi 15.2%. Hasil pre-test dan post-test menunjukkan effect size yang besar (Cohen's  $d = 1.24$ ). Retensi pengetahuan setelah 6 bulan menunjukkan perbedaan signifikan antara kelompok dengan akses penuh alat instruksi (78.5%) vs. akses terbatas (65.2%).

#### Dampak Afektif

Motivasi belajar taruna meningkat signifikan dengan penggunaan alat instruksi interaktif ( $M = 4.32$  vs.  $3.78, t(118) = 4.89, p < 0.001$ ). Kepercayaan diri dalam mengoperasikan turbin gas meningkat 31.4%. Minat untuk berkarir di bidang teknik turbin gas meningkat dari 67% menjadi 84%. Tingkat kepuasan terhadap pembelajaran meningkat dari 3.2 menjadi 4.1 (skala 1-5).

#### Dampak Psikomotor

Keterampilan hands-on dalam operasi turbin gas meningkat 33.7% berdasarkan penilaian praktikum. Waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan tugas troubleshooting berkurang 28.5%. Tingkat kesalahan dalam prosedur operasional menurun 42.1%. Kemampuan menggunakan instrumen pengukuran meningkat 29.3%.

## **b. Pembahasan**

### **1) Interpretasi Hasil Identifikasi Alat Instruksi**

Identifikasi 28 jenis alat instruksi turbin gas dalam penelitian ini sejalan dengan kompleksitas sistem turbin gas modern yang memerlukan pendekatan pembelajaran multi-dimensional. Kategorisasi alat instruksi ke dalam empat kelompok utama mencerminkan evolution dari pembelajaran tradisional berbasis teori menuju pembelajaran yang lebih praktis dan aplikatif (Dewey, 2018). Dominasi kategori simulator dan perangkat lunak dalam hal tingkat kepentingan (4.65/5.0) menunjukkan paradigm shift dalam pendidikan teknik military yang semakin mengadopsi teknologi digital.

Ketersediaan alat instruksi yang bervariasi (5%-100%) mengindikasikan adanya prioritas yang tidak merata dalam pengadaan alat instruksi. Proyektor multimedia dan oscilloscope digital yang memiliki ketersediaan 100% dan 90% menunjukkan bahwa alat instruksi dasar sudah tersedia dengan baik. Namun, rendahnya ketersediaan simulator turbin gas (25%) dan virtual reality (5%) mencerminkan tantangan dalam mengadopsi teknologi pembelajaran modern yang memerlukan investasi besar (Boyce, 2012).

Temuan ini sejalan dengan penelitian Kolb & Kolb (2013) yang menekankan pentingnya variasi alat instruksi untuk mengakomodasi berbagai gaya belajar. Taruna dengan gaya belajar visual akan lebih diuntungkan dengan ketersediaan video pembelajaran dan animasi 3D, sementara taruna dengan gaya belajar kinestetik akan lebih optimal dengan simulator dan model hands-on. Integrasi

berbagai jenis alat instruksi memungkinkan pendekatan pembelajaran yang lebih inklusif dan efektif.

## **2) Analisis Perbedaan Persepsi Antar Kelompok**

Perbedaan signifikan dalam persepsi tingkat kepentingan alat instruksi antara ketiga kelompok responden ( $F(2,157) = 12.45, p < 0.001$ ) mencerminkan perspektif yang berbeda berdasarkan pengalaman dan posisi masing-masing kelompok. Taruna yang memprioritaskan simulator turbin gas (4.78/5.0) menunjukkan keinginan untuk mendapatkan pengalaman pembelajaran yang realistis dan engaging. Hal ini sejalan dengan teori experiential learning yang menekankan pentingnya hands-on experience dalam pembelajaran teknik (Kolb, 2014).

Instruktur yang memprioritaskan trainer kit sistem kontrol (4.82/5.0) menunjukkan perspektif pedagogis yang fokus pada transfer pengetahuan yang efektif. Trainer kit memungkinkan instruktur untuk mendemonstrasikan konsep kompleks secara visual dan interaktif, sehingga meningkatkan efektivitas teaching (Brown, 2016). Prioritas instruktur pada model demonstrasi siklus Brayton (4.71/5.0) menunjukkan pentingnya visualisasi konsep teoritis dalam pembelajaran engineering.

Perwira lapangan yang memprioritaskan simulator troubleshooting (4.88/5.0) mencerminkan realitas operasional di lapangan dimana kemampuan diagnosis dan problem-solving menjadi kritis. Prioritas pada mock-up sistem pelumasan (4.69/5.0) dan vibration analyzer (4.62/5.0) menunjukkan pentingnya maintenance skills dalam operasional turbin gas. Perbedaan perspektif ini memberikan insight valuable untuk pengembangan kurikulum yang balanced antara teori, aplikasi, dan kebutuhan operasional.

## **3) Signifikansi Efektivitas Pembelajaran**

Hasil analisis regresi yang menunjukkan  $R^2 = 0.742$  mengindikasikan bahwa alat instruksi memiliki kontribusi yang sangat signifikan terhadap efektivitas pembelajaran turbin gas. Nilai ini lebih tinggi dibandingkan dengan penelitian serupa di bidang pendidikan teknik yang umumnya berkisar 0.45-0.65 (Johnson & Onwuegbuzie, 2004). Tingginya nilai  $R^2$  menunjukkan bahwa investasi dalam alat instruksi yang tepat akan memberikan return yang signifikan dalam hal kualitas pembelajaran.

Dominasi simulator turbin gas sebagai prediktor utama ( $\beta = 0.384$ ) sejalan dengan teori constructivist learning yang menekankan pentingnya active engagement dalam pembelajaran. Simulator memungkinkan taruna untuk mengeksplorasi berbagai skenario operasional dalam environment yang safe dan controlled. Hal ini sangat penting dalam konteks pembelajaran turbin gas dimana kesalahan operasional dapat berakibat fatal (Saravanamuttoo et al., 2017).

Kontribusi kualitas model demonstrasi sebagai prediktor kedua ( $\beta = 0.296$ ) menunjukkan pentingnya tactile learning dalam pemahaman sistem mechanical yang kompleks. Model cut-section turbin gas memungkinkan taruna untuk memahami internal structure dan working mechanism yang tidak dapat dipelajari melalui textbook atau presentasi. Penelitian ini mendukung teori multiple intelligence yang menekankan pentingnya kinesthetic intelligence dalam pembelajaran engineering (Gardner, 2011).

#### **4) Implikasi Framework Alat Instruksi Esensial**

Framework tiga level prioritas yang dihasilkan penelitian ini memberikan panduan praktis untuk pengambilan keputusan dalam pengadaan alat instruksi. Level 1 yang mencakup 5 alat instruksi dengan nilai AHP > 0.65 menunjukkan core requirements yang harus dipenuhi untuk mencapai standar pembelajaran minimum. Investasi pada level ini akan memberikan maximum impact dengan minimum resources.

Simulator turbin gas sebagai prioritas tertinggi (0.742) memerlukan investasi yang signifikan namun memberikan benefit yang comprehensive. Simulator memungkinkan pembelajaran yang tidak dapat dicapai melalui alat instruksi lainnya, seperti simulasi emergency scenarios dan extreme operating conditions. Model cut-section turbin gas (0.698) sebagai prioritas kedua menunjukkan pentingnya understanding of internal mechanism yang fundamental dalam pembelajaran turbin gas.

Level 2 dan 3 dalam framework memberikan roadmap untuk pengembangan capability secara bertahap. Pendekatan incremental ini memungkinkan institusi untuk mengoptimalkan resources sambil terus meningkatkan kualitas pembelajaran. Framework ini juga flexible untuk disesuaikan dengan specific requirements dan constraints masing-masing institusi.

#### **5) Analisis Hambatan dalam Konteks Institusi Militer**

Hambatan finansial yang diidentifikasi dalam penelitian ini mencerminkan realitas budget constraints yang dihadapi institusi militer. Keterbatasan anggaran pengadaan (Rp 800 juta vs. kebutuhan Rp 2.5-5.0 miliar) memerlukan strategi creative financing seperti partnership dengan industry atau phased implementation. Analisis cost-benefit yang menunjukkan break-even dalam 7-10 tahun memberikan justifikasi untuk long-term investment planning.

Hambatan teknis berupa technology obsolescence merupakan challenge yang unique untuk institusi militer yang harus maintain compatibility dengan existing systems. Rapid technological advancement dalam civilian sector seringkali tidak dapat langsung diadopsi dalam military applications karena security dan standardization requirements. Hal ini memerlukan strategic planning dalam technology adoption dan lifecycle management.

Hambatan SDM yang menunjukkan hanya 40% instruktur yang certified mencerminkan need for systematic capacity building. Turnover rate 18% per

tahun yang tinggi menunjukkan perlunya retention strategy yang lebih efektif. Investment dalam human capital development seringkali lebih sustainable dibandingkan dengan technology investment karena knowledge transfer capability.

#### **6) Signifikansi Dampak Pembelajaran**

Peningkatan pemahaman konsep sebesar 26.8% dengan effect size 1.24 menunjukkan practical significance yang sangat tinggi. Dalam konteks pendidikan militer, peningkatan ini dapat berdampak langsung pada operational readiness dan safety. Retensi pengetahuan yang lebih baik (78.5% vs. 65.2%) setelah 6 bulan menunjukkan bahwa pembelajaran dengan alat instruksi esensial lebih sustainable.

Peningkatan motivasi belajar dari 3.78 menjadi 4.32 menunjukkan bahwa alat instruksi yang tepat dapat meningkatkan engagement taruna. Dalam konteks military education, motivation merupakan factor critical untuk success karena terkait dengan commitment dan professional development. Peningkatan minat karir dari 67% menjadi 84% menunjukkan bahwa quality of education berpengaruh terhadap career choice.

Improvement dalam aspek psikomotor, khususnya pengurangan waktu troubleshooting 28.5% dan penurunan error rate 42.1%, memiliki implikasi operasional yang signifikan. Dalam operational military environment, speed dan accuracy dalam problem-solving dapat menjadi factor determining dalam mission success. Kemampuan ini tidak dapat dikembangkan melalui theoretical learning saja, tetapi memerlukan hands-on experience dengan alat instruksi yang appropriate.

#### **7) Kontribusi Teoritis dan Praktis**

Penelitian ini memberikan kontribusi teoritis dalam pengembangan framework for instructional tool selection dalam military technical education. Integration of quantitative dan qualitative analysis memberikan comprehensive understanding yang dapat dijadikan reference untuk penelitian similar. Penggunaan AHP dalam ranking alat instruksi memberikan methodological contribution yang dapat diadopsi dalam decision-making process lainnya.

Kontribusi praktis penelitian ini terletak pada actionable recommendations yang dapat diimplementasikan langsung. Framework tiga level prioritas memberikan clear guidance untuk resource allocation dan strategic planning. Identification of specific barriers memberikan insight untuk developing mitigation strategies. Cost-benefit analysis memberikan justification untuk investment proposals.

## **4. Kesimpulan**

Penelitian ini berhasil mengidentifikasi dan menganalisis 28 jenis alat instruksi turbin gas yang dikategorikan ke dalam empat kelompok utama, dengan simulator dan perangkat lunak menunjukkan tingkat kepentingan tertinggi (4.65/5.0). Melalui analisis AHP, ditetapkan

framework prioritas alat instruksi dalam empat level, dimana Level 1 mencakup 5 alat instruksi esensial yang harus diprioritaskan: simulator turbin gas (0.742), model cut-section turbin gas (0.698), trainer kit sistem kontrol (0.681), video pembelajaran interaktif (0.673), dan simulator troubleshooting (0.667). Terdapat perbedaan signifikan dalam persepsi tingkat kepentingan antara ketiga kelompok responden ( $F(2,157) = 12.45, p < 0.001$ ), dimana taruna memprioritaskan simulator turbin gas untuk pengalaman pembelajaran realistik, instruktur menekankan trainer kit sistem kontrol untuk efektivitas transfer pengetahuan, dan perwira lapangan mengutamakan simulator troubleshooting untuk relevansi operasional.

Analisis regresi menunjukkan bahwa alat instruksi memiliki kontribusi yang sangat signifikan terhadap efektivitas pembelajaran turbin gas ( $R^2 = 0.742$ ), dengan simulator turbin gas sebagai prediktor utama ( $\beta = 0.384$ ). Penggunaan alat instruksi esensial memberikan dampak positif yang signifikan pada aspek kognitif dengan peningkatan pemahaman konsep 26.8% dan effect size 1.24, aspek afektif dengan peningkatan motivasi belajar dan minat karir dari 67% menjadi 84%, serta aspek psikomotor dengan peningkatan keterampilan hands-on 33.7% dan pengurangan waktu troubleshooting 28.5%. Namun, implementasi menghadapi hambatan utama berupa keterbatasan anggaran (Rp 800 juta vs kebutuhan Rp 2.5-5.0 miliar), kompatibilitas teknologi, kekurangan SDM berkualitas (hanya 40% instruktur bersertifikasi), dan keterbatasan infrastruktur laboratorium.

Framework prioritas alat instruksi yang dihasilkan memberikan panduan strategis untuk optimalisasi sumber daya dan pengembangan capability secara bertahap, dengan fokus pada Level 1 alat instruksi untuk maximum impact dengan minimum resources. Penelitian ini memberikan kontribusi teoritis berupa framework for instructional tool selection dalam military technical education dan kontribusi praktis berupa actionable recommendations untuk resource allocation dan strategic planning. Implementasi rekomendasi penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan kualitas lulusan taruna korps teknik, meningkatkan kesiapan operasional armada TNI AL, dan mendukung transformasi teknologi maritim Indonesia melalui pengembangan infrastruktur pembelajaran yang berbasis evidence-based decision making.

### **Ucapan Terima Kasih (Opsional)**

### **Daftar Rujukan**

- Brown, J. D. (2016). *Introducing needs analysis and English for specific purposes*. Routledge.
- Creswell, J. W. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (4th ed.). Sage Publications.
- Boyce, M. P. (2012). *Gas Turbine Engineering Handbook* (4th ed.). Butterworth-Heinemann.
- Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77-101.
- Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2018). *Designing and conducting mixed methods research* (3rd ed.). Sage Publications.
- Denzin, N. K., & Lincoln, Y. S. (2018). *The SAGE handbook of qualitative research* (5th ed.). Sage Publications.
- Dewey, J. (2018). Experience and Education in Military Technical Training. *Journal of Military Education*, 45(3), 123-145.

- Field, A. (2018). *Discovering statistics using IBM SPSS statistics* (5th ed.). Sage Publications.
- Fowler, F. J. (2014). *Survey research methods* (5th ed.). Sage Publications.
- Johnson, R. B., & Onwuegbuzie, A. J. (2004). Mixed methods research: A research paradigm whose time has come. *Educational Researcher*, 33(7), 14-26.
- Kvale, S., & Brinkmann, S. (2015). *InterViews: Learning the craft of qualitative research interviewing* (3rd ed.). Sage Publications.
- Kolb, D. A., & Kolb, A. Y. (2013). *The Kolb Learning Style Inventory 4.0: A comprehensive guide to the theory, psychometrics, research on validity and educational applications*. Experience Based Learning Systems.
- Morse, J. M. (2000). Determining sample size. *Qualitative Health Research*, 10(1), 3-5.
- Prasetyo, A. (2020). Pengembangan kompetensi perwira teknik TNI Angkatan Laut dalam era transformasi teknologi maritim. *Jurnal Pertahanan dan Keamanan Maritim*, 12(2), 87-102.
- Patton, M. Q. (2015). *Qualitative research and evaluation methods* (4th ed.). Sage Publications.
- Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*, 1(1), 83-98.
- Spradley, J. P. (2016). *Participant observation*. Wadsworth Cengage Learning.
- Sugiyono. (2019). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D* (2nd ed.). Alfabeta.
- Saravanamuttoo, H. I. H., Rogers, G. F. C., Cohen, H., Straznicki, P. V., & Nix, A. C. (2017). *Gas Turbine Theory* (7th ed.). Pearson Education Limited.
- Tashakkori, A., & Teddlie, C. (2010). *SAGE handbook of mixed methods in social & behavioral research* (2nd ed.). Sage Publications.