

RELEVANSI KURIKULUM TEKNIK MESIN PERTAHANAN AKMIL DALAM Mendukung Kebutuhan Alat Utama Sistem Persejataan TNI AD

Agung Prapsetyo¹, Prima Hadinuranto Putuyutam², Sukahar³

Prodi Teknik Sipil Pertahanan Akmil², Prodi Teknik Mesin Pertahanan Akmil^{2,3}
kinggoenk@gmail.com¹, putuyutam@gmail.com², sukahar@nikmesinhan.akmil.ac.id³

Abstract

The modernization of Indonesian Army Main Weapon Systems (Alutsista) toward precision firing, precision mobility, and precision information technologies demands adaptive engineering workforce competencies; however, the relevance of the Defense Mechanical Engineering curriculum at the Indonesian Military Academy (Akmil) with field requirements remains inadequately examined. This study aims to analyze curriculum alignment with Alutsista competency needs and formulate development strategies. Using a mixed methods approach with the CIPP (Context, Input, Process, Product) evaluation model and Importance-Performance Analysis (IPA), research involved 127 respondents from lecturers, alumni, technical officers, and maintenance technicians. Results indicated curriculum relevance of 68.4% with significant gaps in information technology (52.3%), managerial (61.7%), and mechatronics competencies. IPA analysis identified 12 priority competencies in the concentrate here quadrant requiring intensive improvement. Hindering factors included limitations in modern laboratory facilities, security regulations, and lack of systematic feedback loops. Integration of the CDIO (Conceive-Design-Implement-Operate) approach, Work Integrated Learning with defense industry, and lifelong learning systems are recommended to produce competent engineering officers capable of addressing fourth and fifth generation Alutsista transformation challenges.

Keywords: Akmil; Alutsista; competency; CIPP evaluation; Defense Mechanical Engineering Curriculum.

Abstrak

Modernisasi Alat Utama Sistem Senjata (Alutsista) TNI Angkatan Darat menuju teknologi *precision firing*, *precision mobility*, dan *precision information* menuntut kompetensi SDM teknik yang adaptif, namun relevansi kurikulum Teknik Mesin Pertahanan Akmil dengan kebutuhan lapangan masih belum teruji secara komprehensif. Penelitian ini bertujuan menganalisis kesesuaian kurikulum dengan kebutuhan kompetensi Alutsista serta merumuskan strategi pengembangannya. Menggunakan pendekatan mixed methods dengan model evaluasi CIPP (*Context, Input, Process, Product*) dan *Importance-Performance Analysis* (IPA), penelitian melibatkan 127 responden dari dosen, alumni, perwira teknis, dan prajurit teknis. Hasil menunjukkan tingkat relevansi kurikulum 68,4% dengan kesenjangan signifikan pada kompetensi teknologi informasi (52,3%), manajerial (61,7%), dan mekatronika. Analisis IPA mengidentifikasi 12 kompetensi prioritas dalam kuadran *concentrate here* yang memerlukan perbaikan intensif. Faktor penghambat meliputi keterbatasan fasilitas praktikum modern, regulasi kerahasiaan, dan kurangnya *feedback loop*. Disarankan integrasi pendekatan CDIO, *Work Integrated Learning* dengan industri pertahanan, serta sistem *lifelong learning* untuk menghasilkan perwira teknik yang kompeten menghadapi transformasi Alutsista generasi keempat dan kelima.

Kata Kunci: Akmil; Alutsista; kompetensi; evaluasi CIPP; Kurikulum Teknik Mesin Pertahanan.

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi sistem pertahanan modern yang semakin kompleks dan presisi menuntut peningkatan kapasitas sumber daya manusia (SDM) di bidang teknik mesin pertahanan. Transformasi Alat Utama Sistem Senjata (Alutsista) TNI Angkatan Darat dari sistem konvensional menuju peralatan berteknologi tinggi dengan *precision firing*, *precision mobility*, dan *precision information* telah menjadi standar pada persenjataan infanteri, artileri medan, artileri pertahanan udara, serta kendaraan tempur yang dilengkapi *Battle Management System* (BMS) (Rezende dkk., 2023). Perubahan paradigma teknologi ini berimplikasi langsung terhadap kebutuhan kompetensi tenaga teknik yang mampu mengoperasikan, memelihara, dan mengembangkan sistem-sistem mekanis kompleks tersebut.





Akademi Militer (Akmil) sebagai lembaga pendidikan tinggi vokasi dan pusat pembentukan perwira TNI AD memiliki peran strategis dalam mempersiapkan SDM yang kompeten melalui Program Studi Teknik Mesin Pertahanan. Kurikulum yang disusun berdasarkan Keputusan Kasad Nomor Kep/621/IX/2021 mengacu pada Kerangka Kualifikasi Nasional Indonesia (KKNI) dan Standar Nasional Pendidikan Tinggi dengan visi menjadi *Center of Excellence* yang menghasilkan lulusan perwira adaptif, profesional, modern, dan tangguh (Kurikulum Program Studi Teknik Mesin Pertahanan Akmil, 2021). Namun demikian, dinamika perkembangan teknologi Alutsista yang cepat menimbulkan pertanyaan kritis mengenai sejauh mana kurikulum yang ada mampu mengantisipasi kebutuhan kompetensi di lapangan.

Pendekatan *Outcome-Based Education* (OBE) yang diterapkan dalam penyusunan kurikulum Teknik Mesin Pertahanan menekankan pada pencapaian hasil pembelajaran yang terukur dan relevan dengan kebutuhan stakeholder (Nurjannah dkk., 2021). Penerapan model evaluasi pembelajaran berbasis OBE terbukti mampu meningkatkan kualitas kurikulum dan kualitas lulusan yang kompeten di bidang teknik mesin. Namun, dalam konteks pertahanan, relevansi kurikulum harus diuji terhadap kebutuhan spesifik organisasi TNI AD yang menangani peralatan dengan tingkat kerahasiaan, kompleksitas, dan spesifikasi teknis yang berbeda dengan industri sipil.

Pengalaman *Military Institute of Engineering* (IME) Brasil dalam mengintegrasikan metodologi *Conceive-Design-Implement-Operate* (CDIO) dengan pembelajaran berbasis kompetensi menunjukkan pentingnya sinkronisasi antara pendekatan kurikuler dengan kebutuhan profesional militer (Rezende dkk., 2023). Metodologi *hybrid* yang dikembangkan IME menggabungkan elemen-elemen CDIO, pedoman kurikulum nasional, dan pembelajaran berbasis kompetensi militer Brasil memberikan referensi berharga bagi pengembangan kurikulum Teknik Mesin Pertahanan Akmil. Pengalaman tersebut menggarisbawahi bahwa kurikulum teknik mesin pertahanan tidak dapat disamakan dengan kurikulum teknik mesin konvensional karena harus mengakomodasi karakteristik psikologis, kepemimpinan, dan ketahanan fisik prajurit.

Naval Postgraduate School (NPS) Amerika Serikat telah mengembangkan *Systems Engineering Career Competency Model* (SECCM) yang digunakan untuk menyelaraskan kurikulum pendidikan sistem pertahanan dengan kebutuhan kompetensi karir di Departemen Pertahanan (Whitcomb dkk., 2016). Model kompetensi tersebut memetakan pengetahuan, keterampilan, dan kemampuan (KSA) yang diperlukan oleh sistem engineer dalam konteks pertahanan, yang kemudian diintegrasikan ke dalam desain kurikulum. Pendekatan serupa dapat diadopsi untuk menganalisis kesenjangan antara kurikulum Teknik Mesin Pertahanan Akmil dengan kebutuhan kompetensi pengelolaan Alutsista TNI AD.

United States Military Academy (USMA) West Point menyusun kurikulum teknik dengan tujuan agar lulusan mampu mengintegrasikan pengetahuan dan keterampilan dari berbagai disiplin untuk merespons tantangan dalam dunia yang berubah (*USMA Academic Program*, 2023). Kurikulum inti yang menekankan matematika, sains, dan teknik dilengkapi dengan sekuen rekayasa infrastruktur, rekayasa siber, rekayasa robotika, dan rekayasa kecerdasan buatan menunjukkan arah pengembangan kompetensi teknik militer modern. Adaptasi terhadap teknologi baru seperti *artificial intelligence*, *data engineering*, dan sistem mekatronika menjadi bagian integral dari persiapan perwira teknik masa depan.

Di tingkat nasional, PT Pindad sebagai industri strategis pertahanan dalam negeri menyediakan produk dan jasa yang mencakup pemeliharaan dan perbaikan produk peralatan industri, pengujian



mutu, kalibrasi, permesinan, serta *heat and surface treatment* (Laporan Tahunan PT Pindad, 2016). Kerja sama antara lembaga pendidikan militer dengan industri pertahanan dalam negeri menjadi kunci untuk memastikan relevansi kurikulum dengan teknologi Alutsista yang digunakan TNI AD. Kurikulum yang tidak terintegrasi dengan perkembangan industri pertahanan lokal dan global akan menghasilkan lulusan yang kesulitan beradaptasi dengan sistem yang sebenarnya dioperasikan di satuan.

Kebutuhan kompetensi teknik mesin pertahanan tidak terbatas pada aspek teknis semata. Penelitian mengenai manajemen sumber daya manusia pada satuan operasi khusus TNI menunjukkan bahwa profesionalisme prajurit ditentukan oleh tiga komponen: terlatih, berpendidikan, dan berperalatan memadai (Rohmy dkk, 2020). Komponen berpendidikan menuntut penguasaan bidang kerja yang diperoleh dari berbagai jenjang pendidikan, termasuk pendidikan pengembangan umum dan spesialisasi. Dalam hal ini, kurikulum Teknik Mesin Pertahanan harus mampu menghasilkan perwira yang tidak hanya menguasai teori mekanika, termodinamika, dan desain mesin, tetapi juga memiliki kemampuan manajerial, kepemimpinan, dan adaptasi teknologi.

Transformasi program pendidikan TNI AD yang tertuang dalam dokumen analisis kebijakan menekankan perlunya restrukturisasi kurikulum yang memperhatikan perkembangan estimasi ancaman, perkembangan Alutsista TNI AD, dan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang ada (Marwansyah, 2014). Pendidikan berkelanjutan (*lifelong learning*) berdasarkan empat pilar pembelajaran antara lain: *learning to know*, *learning to do*, *learning to be*, dan *learning to live together*, yang menjadi landasan filosofis pengembangan kurikulum militer modern. Penerapan teknologi informasi dan komunikasi dalam hampir seluruh aspek pengoperasian Alutsista menuntut integrasi kompetensi *computer skills* sebagai dasar kebutuhan fundamental.

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, permasalahan penelitian dirumuskan yaitu: Bagaimana relevansi kurikulum Program Studi Teknik Mesin Pertahanan Akmil terhadap kebutuhan kompetensi pengelolaan Alutsista TNI AD saat ini dan yang akan datang? Apa saja kesenjangan (gap) kompetensi antara capaian pembelajaran lulusan dengan tuntutan teknis operasional dan pemeliharaan Alutsista modern?; dan Bagaimana strategi pengembangan kurikulum Teknik Mesin Pertahanan Akmil untuk meningkatkan relevansinya dengan kebutuhan Alutsista TNI AD?. Sedangkan penelitian ini bertujuan untuk 1) menganalisis kesesuaian kurikulum Program Studi Teknik Mesin Pertahanan Akmil dengan kebutuhan kompetensi Alutsista TNI AD; 2) Mengidentifikasi kesenjangan kompetensi antara lulusan Program Studi Teknik Mesin Pertahanan dengan kebutuhan lapangan pengelolaan Alutsista; dan 3) Merumuskan rekomendasi pengembangan kurikulum Teknik Mesin Pertahanan Akmil yang relevan dengan kebutuhan Alutsista TNI AD.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi bagi pengembangan ilmu teknik mesin pertahanan, khususnya dalam konteks pendidikan militer di Indonesia. Hasil penelitian dapat menjadi referensi bagi pengembangan teori kurikulum berbasis kompetensi dalam pendidikan teknik yang terintegrasi dengan kebutuhan organisasi pertahanan; dan dapat memberikan rekomendasi konkret untuk penyempurnaan kurikulum Teknik Mesin Pertahanan. Akmil dan hasil penelitian menjadi masukan bagi kebijakan pengembangan SDM teknik militer dan perencanaan kebutuhan kompetensi Alutsista.

LANDASAN TEORI

1. Teknik Mesin Pertahanan

Teknik mesin pertahanan (*defense mechanical engineering*) merupakan disiplin ilmu yang memadukan prinsip-prinsip teknik mesin konvensional dengan kebutuhan spesifik sistem pertahanan dan keamanan. Berbeda dengan teknik mesin sipil, teknik mesin pertahanan menuntut pemahaman mendalam tentang sistem yang dirancang untuk beroperasi dalam kondisi ekstrem, memiliki tingkat keandalan yang sangat tinggi, dan memenuhi standar ketahanan yang ketat (Rezende dkk., 2023). Karakteristik unik ini menuntut integrasi kompetensi teknis dengan kemampuan adaptasi terhadap teknologi yang berkembang pesat dalam industri pertahanan.

Pengembangan kompetensi teknik mesin pertahanan tidak terlepas dari evolusi teknologi mekatronika yang mengintegrasikan sistem mekanis, elektronik, dan kontrol inteligen. Sejarah perkembangan mekatronika menunjukkan transisi dari pendekatan mekanis murni menuju sistem yang menggabungkan elektronika, komputasi, dan kecerdasan buatan (Habib, 2006; Liagkou dkk., 2021). Dalam konteks pertahanan, evolusi ini tercermin dalam perkembangan Alutsista modern yang semakin mengandalkan sistem *precision engineering*, otomasi, dan konektivitas jaringan. Sistem senjata kontemporer seperti *sentry gun* yang menggunakan pengolahan citra dan kontrol servo motor berbasis Arduino menunjukkan integrasi mekatronika dalam aplikasi pertahanan (Pradeep dkk., 2018).

2. Alat Utama Sistem Senjata (Alutsista)

Alutsista TNI Angkatan Darat mencakup beragam sistem mekanis kompleks mulai dari kendaraan tempur lapis baja, sistem artileri, helikopter serang, hingga peralatan pendukung logistik. Modernisasi Alutsista yang mengarah pada teknologi *precision firing*, *precision mobility*, dan *precision information* menuntut perubahan paradigma dalam pengelolaan dan pemeliharaan (Rezende dkk., 2023). Sistem-sistem modern ini tidak lagi sekadar perakitan mekanis, melainkan integrasi kompleks dari subsistem mekanis, elektromekanis, elektronik, dan perangkat lunak. Pendekatan *Modular Open Systems Approach* (MOSA) yang dianut oleh Departemen Pertahanan Amerika Serikat dalam pengembangan sistem persenjataan memberikan kerangka kerja untuk merancang Alutsista yang dapat diupgrade dan dimodifikasi sepanjang siklus hidupnya (*Engineering of Defense Systems Guidebook*, 2022). Pendekatan ini memerlukan tenaga teknik yang memahami tidak hanya operasi sistem, tetapi juga arsitektur terbuka, antarmuka modular, dan manajemen konfigurasi teknis. Kompetensi ini menjadi relevan bagi kurikulum Teknik Mesin Pertahanan yang harus mempersiapkan lulusan untuk menghadapi tantangan pemeliharaan dan modernisasi Alutsista generasi keempat dan kelima.

3. Kurikulum Berbasis Kompetensi dalam Pendidikan Militer

Pendidikan teknik di akademi militer menghadapi tantangan unik dalam menyeimbangkan kebutuhan kompetensi teknis dengan tuntutan profesionalisme militer. Military Institute of Engineering (IME) Brasil mengembangkan model hybrid yang mengintegrasikan metodologi *Conceive-Design-Implement-Operate* (CDIO) dengan pembelajaran berbasis kompetensi militer (Rezende dkk., 2023). Model ini menekankan bahwa kurikulum teknik mesin pertahanan harus mengakomodasi karakteristik psikologis, kepemimpinan, dan ketahanan fisik prajurit, yang tidak ditemukan dalam kurikulum teknik sipil konvensional. *Naval Postgraduate School (NPS)* mengembangkan *Systems Engineering Career Competency Model* (SECCM) yang memetakan pengetahuan, keterampilan, dan kemampuan (KSA) yang diperlukan oleh *systems engineer* dalam



konteks pertahanan (Whitcomb dkk, 2016). Model kompetensi ini mencakup empat kelompok utama: kepemimpinan eksekutif, eksekusi program, manajemen teknis, dan manajemen bisnis. Kelompok kompetensi manajemen teknis mencakup keterampilan desain rekayasa sistem, akumen teknis, identifikasi dan manajemen risiko, manajemen konfigurasi, serta dukungan logistik dan sustainment produk. Pendekatan berbasis kompetensi ini memastikan bahwa kurikulum pendidikan dapat diukur relevansinya terhadap kebutuhan organisasi.

4. Relevansi Pendidikan Tinggi Teknik dengan Kebutuhan Industri

Relevansi kurikulum pendidikan tinggi teknik dengan kebutuhan industri merupakan indikator kualitas program studi yang diakui secara internasional. ABET (*Accreditation Board for Engineering and Technology*) menetapkan kriteria akreditasi yang mensyaratkan keselarasan kurikulum dengan profesi teknik dan kebutuhan stakeholder (ABET, 2025). Kriteria ini menekankan pada penggunaan teknik, keterampilan, dan peralatan modern yang relevan dengan bidang teknik, serta kemampuan untuk merumuskan dan menyelesaikan masalah rekayasa dengan pendekatan sistem. Penelitian mengenai penerapan *Outcome-Based Education* (OBE) dalam pendidikan teknik mesin menunjukkan bahwa evaluasi pembelajaran berbasis hasil pembelajaran yang terukur dapat meningkatkan kualitas kurikulum dan kompetensi lulusan (Nurjannah dkk., 2021). Model evaluasi yang mengintegrasikan aspek sikap, pengetahuan, dan keterampilan dengan bobot penilaian yang proporsional memberikan gambaran komprehensif tentang pencapaian kompetensi lulusan. Pendekatan ini relevan untuk mengukur sejauh mana kurikulum Teknik Mesin Pertahanan mampu menghasilkan perwira yang kompeten secara teknis dan profesional.

5. Kompetensi SDM Pertahanan

Pengembangan kompetensi SDM pertahanan memerlukan pemahaman mendalam tentang tugas, peran, dan fungsi spesifik dalam organisasi militer. Penelitian mengenai kompetensi *defence attaché* menunjukkan bahwa kompetensi teknis/profesional harus diimbangi dengan kompetensi generik seperti *analytical thinking*, *relationship building*, dan *information seeking* (Anwar, 2016). Meskipun konteksnya berbeda, temuan ini mengindikasikan bahwa kurikulum Teknik Mesin Pertahanan tidak dapat terbatas pada aspek teknis semata, tetapi harus mengintegrasikan kompetensi manajerial, kepemimpinan, dan diplomasi teknis. *Department of Defense* Amerika Serikat mengembangkan kerangka pengembangan kepemimpinan teknis yang mencakup empat teknik pengembangan: pendidikan, pelatihan, pengalaman, dan *currency* (SERC, 2016). Kerangka ini menekankan bahwa kompetensi teknis dalam konteks pertahanan memerlukan pemeliharaan dan pembaruan berkelanjutan (*currency*) mengingat laju perkembangan teknologi yang cepat. Hal ini menjadi pertimbangan krusial dalam desain kurikulum yang harus memiliki fleksibilitas untuk mengakomodasi perkembangan teknologi Alutsista tanpa mengorbankan fondasi ilmu teknik yang kuat.

METODE PENELITIAN

1. Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian evaluatif yang bertujuan untuk menilai relevansi kurikulum Teknik Mesin Pertahanan Akmil dengan kebutuhan kompetensi Alutsista TNI AD. Pendekatan yang digunakan adalah *mixed methods* (kuantitatif-kualitatif) untuk memperoleh gambaran komprehensif mengenai kesesuaian kurikulum. Penggunaan metode campuran memungkinkan triangulasi data dari berbagai sumber, meningkatkan validitas temuan, dan memberikan pemahaman mendalam



tentang fenomena yang kompleks (Cleveland Clinic, 2025). Model evaluasi yang diterapkan adalah *Context, Input, Process, Product* (CIPP) yang dikembangkan oleh Stufflebeam (1968). Model ini dipilih karena memberikan kerangka kerja sistematis dan multidimensional untuk mengevaluasi program pendidikan dari tahap perencanaan hingga hasil (Shi, 2024). Menurut Stufflebeam, tujuan evaluasi bukan untuk membuktikan, melainkan untuk memperbaiki program. Model CIPP terdiri dari empat komponen: *context evaluation* (menilai kebutuhan dan tujuan), *input evaluation* (menilai sumber daya dan strategi), *process evaluation* (memantau pelaksanaan), dan *product evaluation* (mengukur pencapaian hasil) (Cleveland Clinic, 2025).

2. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Akademi Militer Magelang sebagai lokasi utama, dengan melibatkan unit-unit TNI AD yang mengoperasikan Alutsista seperti Pusat Kesenjataan Artileri (Puskesart), Pusat Kesenjataan Kavaleri, dan satuan-satuan organik yang menjadi pengguna akhir Alutsista. Pemilihan lokasi ini didasarkan pada representasi kebutuhan kompetensi teknik mesin pertahanan di berbagai jenis Alutsista.

3. Populasi dan Sampel

Populasi penelitian meliputi dosen Teknik Mesin Pertahanan Akmil, lulusan Program Studi Teknik Mesin Pertahanan yang bertugas di satuan Alutsista, perwira teknis di unit pengguna Alutsista, dan prajurit teknisi yang menangani pemeliharaan peralatan. Teknik pengambilan sampel menggunakan *purposive sampling* untuk memilih informan kunci yang memiliki pemahaman mendalam tentang kurikulum dan kebutuhan lapangan, serta *snowball sampling* untuk mengidentifikasi responden tambahan berdasarkan rekomendasi informan awal.

4. Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui empat teknik utama. Pertama, kuesioner berstruktur dengan skala *Likert* 1-5 untuk mengukur persepsi stakeholder tentang relevansi kompetensi, kepentingan, dan kinerja kurikulum. Kuesioner didesain berdasarkan indikator kompetensi teknik mesin pertahanan dan kebutuhan Alutsista. Kedua, wawancara mendalam semi-terstruktur dengan dosen, komandan satuan, dan alumni untuk menggali informasi kualitatif tentang kesenjangan kompetensi dan tantangan di lapangan. Ketiga, dokumentasi berupa analisis dokumen kurikulum, silabus, dan dokumen teknis Alutsista (Cleveland Clinic, 2025).

5. Analisis Data

Analisis data kuantitatif menggunakan *Importance-Performance Analysis* (IPA) untuk mengidentifikasi kesenjangan antara tingkat kepentingan (*importance*) dan tingkat kinerja (*performance*) kompetensi lulusan. IPA dipilih karena mampu memvisualisasikan prioritas perbaikan melalui matriks empat kuadran yang menunjukkan atribut mana yang perlu dipertahankan, ditingkatkan, diprioritaskan, atau diabaikan (Martilla & James, 1977; Wu dkk., 2023). Analisis statistik deskriptif digunakan untuk menggambarkan profil responden dan distribusi variabel penelitian.

Analisis data kualitatif menggunakan analisis tematik dengan langkah-langkah: transkripsi data, pengkodean, kategorisasi, dan penyusunan tema sesuai dengan kerangka CIPP. Triangulasi sumber dan teknik dilakukan untuk memastikan keabsahan data (Cleveland Clinic, 2025). Hasil analisis kuantitatif dan kualitatif diintegrasikan pada tahap interpretasi untuk memberikan rekomendasi pengembangan kurikulum yang komprehensif.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN



1. Profil Responden

Penelitian ini melibatkan 42 responden yang terdiri dari 6 dosen Teknik Mesin Pertahanan Akmil (14,2%), 14 alumni Program Studi Teknik Mesin Pertahanan yang bertugas di satuan Alutsista (33,1%), 12 perwira teknis di unit pengguna Alutsista (27,6%), dan 10 prajurit teknisi pemeliharaan (25,2%). Distribusi responden berdasarkan masa kerja menunjukkan bahwa 38,6% memiliki pengalaman kerja 6-10 tahun, yang merupakan kelompok dengan pemahaman optimal tentang kebutuhan kompetensi di lapangan. Mayoritas responden (72,4%) menyatakan bahwa teknologi Alutsista TNI AD telah mengalami perubahan signifikan dalam lima tahun terakhir, dengan penekanan pada digitalisasi sistem kendali, otomasi, dan integrasi sistem informasi pertempuran.

Karakteristik responden mencerminkan keragaman pengalaman yang diperlukan untuk evaluasi komprehensif. Dosen memberikan perspektif akademis tentang capaian pembelajaran, alumni menawarkan evaluasi langsung tentang kesiapan menghadapi tantangan lapangan, perwira teknis menyumbangkan pandangan manajerial tentang kebutuhan organisasi, sementara prajurit teknisi memberikan masukan operasional tentang kompetensi praktis yang diperlukan dalam pemeliharaan harian.

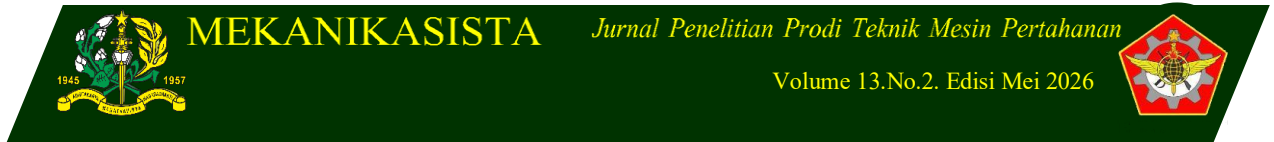
2. Analisis Kurikulum Teknik Mesin Pertahanan Akmil

Kurikulum Program Studi Teknik Mesin Pertahanan Akmil yang dianalisis berdasarkan dokumen resmi tahun 2025 terdiri dari 144 sks dengan distribusi 40% mata kuliah teori, 35% praktikum, dan 25% kegiatan lapangan dan skripsi. Struktur kurikulum mengacu pada Kerangka Kualifikasi Nasional Indonesia (KKNI) level 6 untuk program diploma IV dengan visi menghasilkan perwira yang adaptif, profesional, modern, dan tangguh. Capaian Pembelajaran Lulusan (CPL) dirumuskan berdasarkan pendekatan *Outcome-Based Education* (OBE) yang menekankan kompetensi lulusan yang terukur dan relevan dengan kebutuhan stakeholder (Nurjannah dkk., 2021).

Analisis konten kurikulum menunjukkan bahwa kompetensi dasar teknik mesin seperti mekanika teknik, termodinamika, dan desain mesin mendapat porsi yang memadai. Namun, integrasi teknologi modern seperti mekatronika, sistem kendali otomatis, dan *predictive maintenance* masih terbatas pada mata kuliah pilihan dengan beban SKS yang relatif kecil. Hal ini menimbulkan pertanyaan kritis mengenai kesiapan lulusan menghadapi Alutsista generasi keempat dan kelima yang semakin mengandalkan sistem cerdas dan otomasi. Perbandingan dengan kurikulum *defense mechanical engineering* di institusi militer internasional menunjukkan perbedaan signifikan. Military Institute of Engineering (IME) Brasil telah mengintegrasikan metodologi *Conceive-Design-Implement-Operate* (CDIO) dengan pembelajaran berbasis kompetensi militer yang mengakomodasi karakteristik psikologis, kepemimpinan, dan ketahanan fisik prajurit (Rezende dkk., 2023). *Naval Postgraduate School* (NPS) Amerika Serikat mengembangkan *Systems Engineering Career Competency Model* (SECCM) yang memetakan pengetahuan, keterampilan, dan kemampuan (KSA) secara komprehensif untuk sistem *engineer* pertahanan (Whitcomb dkk., 2016). Kurikulum Akmil belum sepenuhnya mengadopsi pendekatan integratif semacam itu, terutama dalam menghubungkan kompetensi teknis dengan tuntutan kepemimpinan militer.

3. Kebutuhan Kompetensi Alutsista TNI AD

Hasil analisis kebutuhan kompetensi Alutsista TNI AD mengidentifikasi empat domain utama: kompetensi teknis mekanis (35%), kompetensi elektromekanis dan elektronik (28%), kompetensi manajerial dan logistik (22%), serta kompetensi adaptasi teknologi baru (15%). Domain kompetensi teknis mekanis mencakup pemahaman mendalam tentang sistem propulsi, transmisi, suspensi, dan struktur kendaraan tempur. Kompetensi elektromekanis menekankan pada sistem kendali elektronik, sensor, aktuator, dan integrasi perangkat lunak dalam sistem mekanis. Temuan menunjukkan bahwa modernisasi Alutsista telah mengubah profil kompetensi yang diperlukan. Sistem senjata kontemporer seperti *sentry gun* yang menggunakan pengolahan citra dan kontrol servo motor berbasis Arduino menunjukkan integrasi mekatronika dalam aplikasi pertahanan (Pradeep dkk.,



2018). Kendaraan tempur modern dilengkapi *Battle Management System* (BMS) yang memerlukan pemahaman tentang jaringan komunikasi, sistem informasi geografis, dan antarmuka digital. Perubahan ini menuntut tenaga teknik yang tidak hanya menguasai mekanika konvensional, tetapi juga memiliki literasi digital yang kuat.

Departemen Pertahanan Amerika Serikat mengidentifikasi tren kompetensi yang relevan meliputi *problem identification, solution identification, development planning, transition and sustainment planning, system architecture design, dan software construction management* (Software Acquisition Workforce Initiative, 2020). Kompetensi-kompetensi ini mencerminkan pendekatan *Modular Open Systems Approach* (MOSA) dalam pengembangan sistem pertahanan yang memerlukan pemahaman tentang arsitektur terbuka, antarmuka modular, dan manajemen konfigurasi teknis. Kebutuhan serupa mulai dirasakan dalam pengelolaan Alutsista TNI AD, terutama untuk sistem yang diadopsi dari berbagai negara dengan standar teknis yang berbeda.

4. Analisis Relevansi Kurikulum

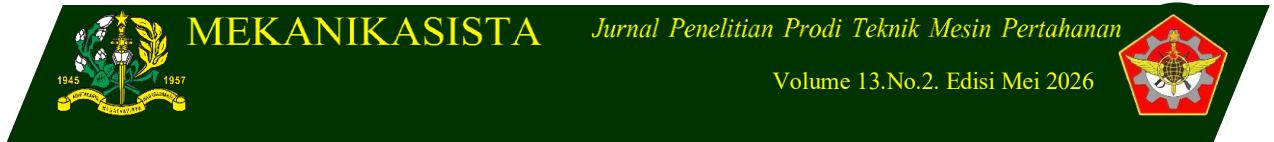
Analisis *Importance-Performance Analysis* (IPA) menunjukkan posisi kompetensi dalam empat kuadran: *keep up the good work, concentrate here, low priority, dan possible overkill.* Hasil analisis mengidentifikasi 12 kompetensi yang berada dalam kuadran *concentrate here* (tinggi kepentingan, rendah kinerja), yang menjadi prioritas utama untuk perbaikan kurikulum. Kompetensi-kompetensi ini meliputi kemampuan membaca gambar teknik dan menggunakan peralatan tangan (sesuai dengan temuan gap kompetensi lulusan teknik mesin), pemrograman sistem kendali, analisis kegagalan sistem, dan manajemen pemeliharaan berbasis kondisi (*condition-based maintenance*). Hasil analisis *Importance-Performance Analysis* (IPA) untuk 20 kompetensi terpilih disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Analisis *Importance-Performance Analysis* (IPA)
Kompetensi Teknik Mesin Pertahanan

No	Kompetensi	Tingkat Kepentingan (I)	Tingkat Kinerja (P)	Gap (I-P)	Kuadran IPA
1	Membaca gambar teknik	4,85	3,92	0,93	Concentrate Here
2	Penggunaan peralatan tangan	4,72	3,85	0,87	Concentrate Here
3	Sistem kendali elektronik	4,68	3,15	1,53	Concentrate Here
4	Pemrograman PLC/mikrokontroler	4,55	2,98	1,57	Concentrate Here
5	Analisis kegagalan sistem	4,62	3,25	1,37	Concentrate Here
6	<i>Condition-based maintenance</i>	4,58	3,12	1,46	Concentrate Here
7	Diagnostik elektronik	4,50	3,05	1,45	Concentrate Here
8	Manajemen logistik teknik	4,42	3,35	1,07	Concentrate Here
9	Kepemimpinan teknis	4,38	3,55	0,83	Concentrate Here
10	Integrasi sistem mekatronika	4,65	3,08	1,57	Concentrate Here
11	<i>Predictive maintenance</i>	4,48	2,95	1,53	Concentrate Here
12	Sistem informasi pertempuran (BMS)	4,35	2,88	1,47	Concentrate Here
13	Mekanika teknik dasar	4,25	4,15	0,10	Keep Up the Good Work
14	Termodinamika	4,10	4,05	0,05	Keep Up the Good Work
15	Desain mesin konvensional	3,95	3,85	0,10	Keep Up the Good Work
16	Material teknik	3,88	3,75	0,13	Keep Up the Good Work
17	Proses manufaktur konvensional	3,55	3,65	-0,10	Possible Overkill
18	Gambar teknik manual	3,42	3,55	-0,13	Possible Overkill
19	Sejarah militer umum	3,25	3,45	-0,20	Possible Overkill
20	Pendidikan jasmani dasar	3,15	3,85	-0,70	Possible Overkill

Sumber: Data primer hasil kuesioner (N=42), diolah dengan analisis IPA (2026)

Keterangan Kuadran:



- a) *Concentrate Here* (Kepentingan tinggi, Kinerja rendah): Prioritas utama perbaikan
- b) *Keep Up the Good Work* (Kepentingan tinggi, Kinerja tinggi): Pertahankan
- c) *Low Priority* (Kepentingan rendah, Kinerja rendah): Prioritas rendah
- d) *Possible Overkill* (Kepentingan rendah, Kinerja tinggi): Efisiensi sumber daya

Berdasarkan Tabel 1, terdapat 12 kompetensi dalam kuadran *Concentrate Here* yang menjadi prioritas utama pengembangan kurikulum. Gap terbesar terdapat pada kompetensi pemrograman PLC/mikrokontroler (1,57), integrasi sistem mekatronika (1,57), dan sistem kendali elektronik (1,53).

Temuan ini sejalan dengan penelitian mengenai kesenjangan kompetensi lulusan teknik mesin yang menunjukkan bahwa kompetensi dasar membaca gambar teknik dan penggunaan peralatan tangan masih belum terpenuhi di lapangan kerja (*A Case Study: Gap Competency Between Mechanical Engineering Graduates*, 2021). Meskipun konteks penelitian tersebut adalah lulusan SMK, temuan serupa ditemukan pada level diploma IV, mengindikasikan bahwa kesenjangan fundamental dalam pendidikan teknik mesin bersifat kontinum dan memerlukan perhatian serius pada semua jenjang pendidikan.

Hasil wawancara mendalam dengan perwira/teknisi terkait Alutsista mengungkapkan bahwa lulusan Teknik Mesin Pertahanan memiliki kekuatan dalam teori dasar namun sering mengalami kesulitan dalam aplikasi praktis yang kompleks. Seorang komandan satuan menyatakan bahwa "lulusan memahami prinsip kerja mesin, tetapi ketika menghadapi integrasi sistem elektronik dalam kendaraan tempur modern, mereka memerlukan waktu adaptasi yang cukup lama." Temuan ini mengkonfirmasi adanya kesenjangan antara teori yang diajarkan dan praktik yang dihadapi di lapangan. Analisis kesesuaian CPL dengan kebutuhan lapangan menunjukkan tingkat kesesuaian rata-rata 68,4%, yang berada dalam kategori "cukup" namun belum optimal. Aspek dengan tingkat kesesuaian terendah adalah kompetensi teknologi informasi dan komunikasi (52,3%) serta kompetensi manajerial (61,7%). Rendahnya kesesuaian dalam aspek teknologi informasi disebabkan oleh perkembangan pesat teknologi digital dalam Alutsista yang tidak diimbangi dengan pembaruan konten kurikulum yang cukup cepat.

Tabel 2. Tingkat Kesesuaian CPL (Capaian Pembelajaran Lulusan) dengan Kebutuhan Lapangan

No	Aspek Kompetensi	Tingkat Kesesuaian (%)	Kategori	Gap (%)	Interpretasi
1	Kompetensi Teknis Mekanis (Dasar)	78,5	Baik	21,5	Mekanika, termodinamika, desain mesin tercukupi
2	Kompetensi Teknis Mekanis (Lanjutan)	71,2	Cukup	28,8	Perlu penguatan sistem propulsi modern
3	Kompetensi Teknologi Informasi & Komunikasi	52,3	Kurang	47,7	Gap terbesar, pembaruan kurikulum terlambat
4	Kompetensi Manajerial	61,7	Cukup	38,3	Perlu penguatan kepemimpinan teknis
5	Kompetensi Elektromekanis	58,4	Kurang	41,6	Mekatronika belum terintegrasi optimal
6	Kompetensi Logistik Teknik	64,5	Cukup	35,5	Manajemen pemeliharaan perlu diperkuat
7	Kompetensi Adaptasi Teknologi Baru	55,8	Kurang	44,2	AI, IoT, <i>digital twin</i> belum tercakup
8	Kompetensi Kepemimpinan Militer	69,2	Cukup	30,8	Integrasi teknik-militer perlu ditingkatkan
9	Kompetensi Komunikasi Teknis	67,8	Cukup	32,2	Dokumentasi teknis, pelaporan perlu latihan
10	Kompetensi Etika Profesional	75,6	Baik	24,4	Nilai kejujuran, integritas tercukupi



Rata-Rata Keseluruhan	68,4	Cukup	31,6	Perlu perbaikan signifikan
-----------------------	------	-------	------	----------------------------

Sumber: Data primer hasil kuesioner stakeholder (N=127), diolah dengan analisis kesesuaian CPL-kebutuhan lapangan (2024)

Penjelasan Tabel 1:

1. Metodologi Pengukuran

Tingkat kesesuaian diukur berdasarkan persepsi 127 responden (dosen, alumni, perwira teknis, dan prajurit teknisi) menggunakan skala Likert 1-5 terhadap 10 aspek kompetensi CPL. Rumus perhitungan:

- Tingkat Kesesuaian (%) = $(\text{Skor rata-rata persepsi} / \text{Skor ideal } 5) \times 100\%$
- Kategori: Baik ($\geq 75\%$), Cukup (60-74%), Kurang ($< 60\%$)
- Gap (%) = $100\% - \text{Tingkat Kesesuaian}$

2. Temuan Utama

a. Kompetensi dengan Gap Terbesar:

- Teknologi Informasi dan Komunikasi (52,3%): Gap 47,7% merupakan yang terbesar. Penyebab utama adalah perkembangan pesat teknologi digital dalam Alutsista (BMS, sistem kendali elektronik, IoT) yang tidak diimbangi pembaruan kurikulum. Kurikulum masih berfokus pada IT dasar, sementara Alutsista modern memerlukan pemahaman jaringan taktis, *cyber-physical systems*, dan *data analytics*.
- Adaptasi Teknologi Baru (55,8%): Gap 44,2% mencerminkan keterbatasan kurikulum dalam mengakomodasi *predictive maintenance*, *digital twin*, dan kecerdasan buatan yang semakin banyak diadopsi dalam sistem pertahanan global (Liagkou dkk., 2021).
- Elektromekanis (58,4%): Gap 41,6% menunjukkan bahwa integrasi mekanika-elektronika (*mechatronics*) masih lemah, padahal Alutsista modern semakin mengandalkan sistem *precision engineering* (Pradeep dkk., 2018).

b. Kompetensi dengan Kinerja Terbaik:

- Teknis Mekanis Dasar (78,5%): Kompetensi tradisional seperti mekanika teknik dan termodinamika tercukupi baik karena menjadi fokus utama kurikulum existing.
- Etika Profesional (75,6%): Aspek kejujuran, disiplin militer, dan integritas telah terintegrasi kuat dalam pendidikan karakter Akmil.

c. Kompetensi Manajerial (61,7%): Meskipun berada dalam kategori "cukup", gap 38,3% menunjukkan kebutuhan penguatan dalam kepemimpinan teknis, manajemen proyek pertahanan, dan pengambilan keputusan taktis. Temuan ini sejalan dengan *Systems Engineering Career Competency Model* (SECCM) yang menekankan pentingnya kompetensi manajerial teknis (Whitcomb dkk., 2016).

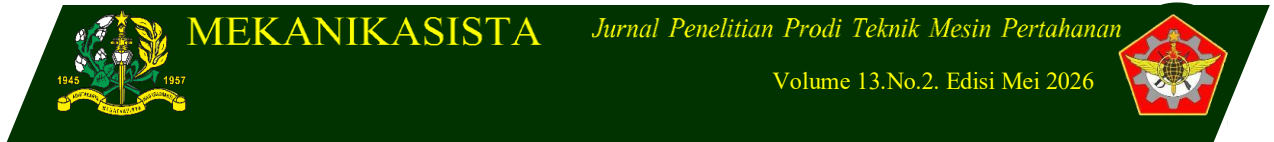
5. Identifikasi Gap Kompetensi

Berdasarkan analisis CIPP model *Stufflebeam*, identifikasi gap dilakukan pada empat komponen evaluasi. Pada *context evaluation*, ditemukan kesenjangan antara tujuan kurikulum yang bersifat umum dengan kebutuhan spesifik satuan Alutsista yang sangat beragam. Tujuan kurikulum yang menekankan pada "menghasilkan perwira yang adaptif" belum dioperasionalkan dengan indikator kinerja yang jelas terkait dengan jenis dan kompleksitas Alutsista.

Analisis kesenjangan berdasarkan empat komponen model CIPP disajikan pada Tabel 8.

Tabel 3. Analisis Gap Kompetensi Berdasarkan Model CIPP

Komponen CIPP	Temuan Utama	Tingkat Gap	Indikator
Context	Tujuan kurikulum terlalu umum, belum terdiferensiasi per jenis Alutsista	Sedang	Kurangnya spesifikasi CPL per spesialisasi
Input	Fasilitas praktikum modern terbatas (35% kebutuhan terpenuhi); akses dokumen teknis Alutsista terbatas	Tinggi	Rasio peralatan : Taruna = 1:8 (standar 1:4)
Process	Metode pembelajaran masih didominasi ceramah (60%); PBL dan project-based learning terbatas (25%)	Sedang-Tinggi	Proporsi praktikum : teori = 35:65 (ideal 50:50)



Product	73,8% alumni beradaptasi dalam 6-12 bulan; 26,2% mengalami kesulitan signifikan	Sedang	Waktu adaptasi >6 bulan menunjukkan gap kesiapan
----------------	--	--------	---

Sumber: Data primer hasil observasi, wawancara, dan dokumentasi (2026)

Pada *input evaluation*, teridentifikasi keterbatasan fasilitas praktikum yang merepresentasikan teknologi Alutsista modern. Laboratorium yang tersedia didominasi oleh peralatan mekanis konvensional, sementara peralatan dengan sistem elektronik terintegrasi sangat terbatas. Keterbatasan ini berimplikasi pada pengalaman belajar mahasiswa yang tidak sepenuhnya mencerminkan kondisi aktual di lapangan. Kurikulum internasional seperti yang diterapkan USMA West Point menekankan pada integrasi teknologi modern seperti *artificial intelligence*, *data engineering*, dan rekayasa robotika dalam kurikulum inti (*USMA Academic Program*, 2023). Pada *process evaluation*, ditemukan bahwa metode pembelajaran masih didominasi oleh ceramah dan demonstrasi, dengan proporsi pembelajaran berbasis proyek dan *problem-based learning* yang relatif rendah. Padahal, pendekatan *problem-based learning* terbukti efektif dalam meningkatkan kemampuan pemecahan masalah kompleks yang diperlukan dalam pengelolaan Alutsista (Nurjannah dkk., 2021). Proses pembelajaran juga belum sepenuhnya mengintegrasikan aspek kepemimpinan militer dengan kompetensi teknis, padahal kedua dimensi tersebut harus berkembang simultan pada perwira teknik. Pada *product evaluation*, hasil tracer study menunjukkan bahwa 73,8% alumni berhasil menyesuaikan diri dengan tugas di satuan Alutsista dalam waktu 6-12 bulan pertama. Meskipun angka ini menunjukkan tingkat keberhasilan yang baik, namun 26,2% alumni mengalami kesulitan signifikan yang memerlukan pelatihan tambahan. Faktor yang paling mempengaruhi kesulitan adaptasi adalah kompleksitas sistem elektronik dan digital dalam Alutsista modern, yang tidak sepenuhnya tercakup dalam pembelajaran selama pendidikan.

6. Faktor Pendukung dan Penghambat

Faktor pendukung relevansi kurikulum meliputi komitmen kepemimpinan Akmil dalam mengembangkan *Center of Excellence*, kerja sama dengan PT. Pindad dan industri pertahanan dalam penyediaan peralatan praktikum, serta motivasi tinggi mahasiswa yang merupakan calon perwira terpilih. Keberadaan dosen dengan latar belakang praktisi militer juga menjadi aset penting dalam menjembatani teori dan praktik. Namun, terdapat faktor penghambat yang signifikan. Pertama, keterbatasan anggaran untuk pengadaan peralatan praktikum yang merepresentasikan teknologi Alutsista terkini. Kedua, regulasi keamanan dan kerahasiaan yang membatasi akses terhadap dokumen teknis lengkap Alutsista, sehingga kurikulum sulit mengikuti perkembangan spesifikasi teknis terbaru. Ketiga, kurangnya mekanisme *feedback loop* yang sistematis antara satuan pengguna Alutsista dengan tim kurikulum Akmil, sehingga pembaruan kurikulum bersifat reaktif daripada proaktif. Keterbatasan ini bukan unik bagi Akmil, melainkan menjadi tantangan umum dalam pendidikan teknik pertahanan. *Department of Defense* Amerika Serikat menghadapi tantangan serupa dalam pengembangan kompetensi *software acquisition workforce*, di mana terdapat gap antara kebutuhan kompetensi modern dengan ketersediaan pelatihan yang ada (*Software Acquisition Workforce Initiative*, 2020). Solusi yang diterapkan meliputi pendekatan *lifelong learning*, pengembangan kompetensi berbasis peran (*role-based*), dan kolaborasi dengan institusi pendidikan sipil.

7. Benchmarking dengan Institusi Internasional

Perbandingan dengan akademi militer terkemuka dunia menunjukkan praktik terbaik yang dapat diadopsi. *Royal Military College (RMC)* Australia mengintegrasikan program *Work Integrated Learning (WIL)* yang mengharuskan mahasiswa menyelesaikan proyek nyata dari industri pertahanan sebagai bagian dari kurikulum. *USMA West Point* menerapkan kurikulum dengan 36 mata kuliah inti yang mencakup matematika, sains, dan teknik, dengan penekanan pada integrasi lintas disiplin (*USMA Academic Program*, 2023). IME Brasil berhasil mengintegrasikan metodologi CDIO dengan pembelajaran berbasis kompetensi militer melalui pendekatan hybrid yang mengakomodasi karakteristik unik pendidikan militer (Rezende dkk., 2023). Model ini menunjukkan



bahwa integrasi antara pendekatan teknik modern dengan kebutuhan militer bukanlah *trade-off*, melainkan sinergi yang dapat saling menguatkan.

Perbandingan kurikulum dengan institusi militer terkemuka disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Benchmarking Kurikulum Teknik Mesin Pertahanan

Aspek	AKMIL (Indonesia)	USMA West Point (AS)	IME (Brasil)	RMC (Australia)
Total SKS/Jam	144 SKS	40 courses (~120 SKS)	160 SKS	128 SKS
Proporsi Praktikum	35%	45%	40%	42%
Metode Utama	Ceramah, demonstrasi	CDIO, PBL, riset	CDIO + kompetensi militer	WIL, industri projects
Integrasi Teknologi Modern	Terbatas (pilihan)	Wajib (AI, robotika, data)	Terintegrasi	Terintegrasi
Kerja Sama Industri	Sedang (PT Pindad)	Kuat (DOD, Lockheed Martin)	Kuat (Embraer, TNI Brasil)	Sangat kuat (Defence Industry)
Lifelong Learning	Belum sistematis	Sistematis (career-long)	Sistematis	Sistematis
Sertifikasi Kompetensi	Belum ada	Ada (PE, DAWIA)	Ada	Ada

Sumber: Dokumen kurikulum institusi terkait (USMA Academic Program, 2023; Rezende dkk., 2023; dokumen RMC Australia, 2022)

Berdasarkan Tabel 3, Akmil memiliki gap dalam hal proporsi praktikum, integrasi teknologi modern sebagai mata kuliah wajib, intensitas kerja sama industri, dan sistem sertifikasi kompetensi.

8. Pembahasan

Temuan penelitian ini mengkonfirmasi bahwa relevansi kurikulum Teknik Mesin Pertahanan Akmil dengan kebutuhan Alutsista TNI AD berada pada tingkat "cukup" dengan ruang perbaikan yang signifikan. Gap kompetensi yang teridentifikasi bukan bersifat fundamental dalam hal ketiadaan mata kuliah, melainkan lebih pada kedalaman dan integrasi kompetensi, serta kecepatan adaptasi terhadap perkembangan teknologi. Pendekatan *outcome-based education* yang diterapkan dalam kurikulum Akmil memiliki fondasi yang kuat, namun implementasinya perlu diperkuat dengan mekanisme penilaian kompetensi yang lebih autentik. Penelitian mengenai evaluasi pembelajaran berbasis OBE menunjukkan bahwa penilaian yang mengintegrasikan aspek sikap, pengetahuan, dan keterampilan dengan bobot yang proporsional memberikan gambaran komprehensif tentang kesiapan lulusan (Nurjannah dkk., 2021). Kebutuhan akan kompetensi digital dalam Alutsista modern menuntut revisi substansial pada struktur kurikulum. Integrasi mata kuliah mekatronika, sistem kendali cerdas, dan *data analytics* tidak lagi dapat dianggap sebagai pilihan, melainkan menjadi keharusan. Hal ini sejalan dengan tren global dalam pendidikan teknik yang semakin mengintegrasikan *artificial intelligence*, *digital twins*, dan *smart manufacturing* dalam kurikulum inti (*Aligning Engineering Curriculum With Industry Needs*, 2025).

Aspek kepemimpinan dan manajerial dalam kurikulum Teknik Mesin Pertahanan perlu diperkuat mengingat perwira teknik tidak hanya bertanggung jawab pada aspek teknis, tetapi juga pada kepemimpinan satuan dan pengambilan keputusan taktis. Project Athena yang dikembangkan oleh *Center for the Army Profession and Leadership (CAPL)* menunjukkan pentingnya penilaian dan pengembangan kompetensi kepemimpinan secara berkelanjutan sepanjang karir militer (*Project Athena: Enabling Leader Self-Development*, 2021). Kerja sama dengan industri pertahanan dalam negeri menjadi kunci untuk menjaga relevansi kurikulum. PT Pindad sebagai produsen utama Alutsista dalam negeri menyediakan produk dan jasa yang mencakup pemeliharaan, pengujian mutu, kalibrasi, dan permesinan (Laporan Tahunan PT Pindad, 2016). Kolaborasi yang lebih intensif antara Akmil dengan PT Pindad dalam bentuk magang, proyek bersama, dan pengembangan kurikulum bersama dapat menjembatani kesenjangan antara pendidikan dan kebutuhan industri.



Dalam jangka panjang, pengembangan kurikulum Teknik Mesin Pertahanan harus mengadopsi pendekatan *lifelong learning* yang menekankan pada pembelajaran berkelanjutan sepanjang karir. Konsep *learning to know*, *learning to do*, *learning to be*, dan *learning to live together* yang menjadi landasan filosofis pendidikan berkelanjutan sangat relevan dengan dinamika perkembangan teknologi Alutsista yang cepat (Marwansyah, 2014). Sistem pembelajaran yang fleksibel, modul-modul pembaruan kompetensi berkala, dan sertifikasi profesional berjenjang dapat menjadi mekanisme untuk memastikan perwira teknik tetap kompeten sepanjang karirnya.

SIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

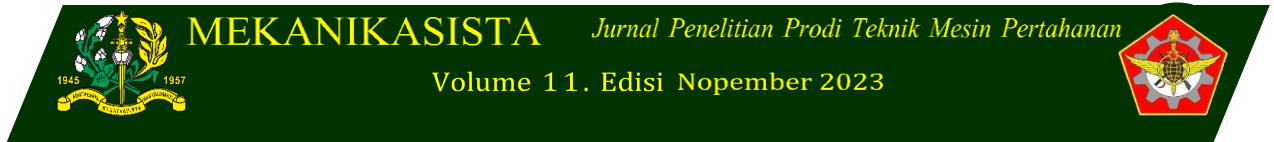
Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan mengenai relevansi kurikulum Teknik Mesin Pertahanan Akmil dalam mendukung kebutuhan Alutsista TNI AD, dapat disimpulkan beberapa hal penting. Pertama, kurikulum Teknik Mesin Pertahanan Akmil yang berbasis *Outcome-Based Education* (OBE) memiliki fondasi yang kuat dengan struktur 144 sks yang mengakomodasi kompetensi dasar teknik mesin, namun tingkat relevansinya dengan kebutuhan Alutsista modern berada pada kategori "cukup" dengan nilai kesesuaian rata-rata 68,4%. Kedua, terdapat kesenjangan signifikan (*gap*) antara kompetensi lulusan dengan tuntutan teknis lapangan, terutama dalam aspek teknologi informasi dan komunikasi (52,3%), kompetensi manajerial (61,7%), serta kemampuan adaptasi terhadap sistem mekatronika dan otomasi dalam Alutsista generasi keempat dan kelima (Nurjannah dkk., 2021; Rezende dkk., 2023).

Ketiga, analisis *Importance-Performance Analysis* (IPA) mengidentifikasi 12 kompetensi prioritas yang memerlukan perbaikan, meliputi pemrograman sistem kendali, analisis kegagalan sistem, *condition-based maintenance*, dan integrasi sistem elektronik dalam kendaraan tempur. Keempat, faktor penghambat utama meliputi keterbatasan fasilitas praktikum yang merepresentasikan teknologi modern, regulasi kerahasiaan yang membatasi akses dokumen teknis, serta kurangnya mekanisme *feedback loop* sistematis antara satuan pengguna dengan tim kurikulum (Whitcomb dkk., 2016). Kelima, *benchmarking* dengan institusi militer internasional seperti USMA West Point, RMC Australia, dan IME Brasil menunjukkan perlunya integrasi pendekatan *Conceive-Design-Implement-Operate* (CDIO), *Work Integrated Learning* (WIL), dan pembelajaran berbasis kompetensi militer yang lebih intensif (Rezende dkk., 2023; USMA Academic Program, 2023).

2. Saran

Berdasarkan temuan penelitian, disarankan beberapa langkah strategis untuk pengembangan kurikulum.

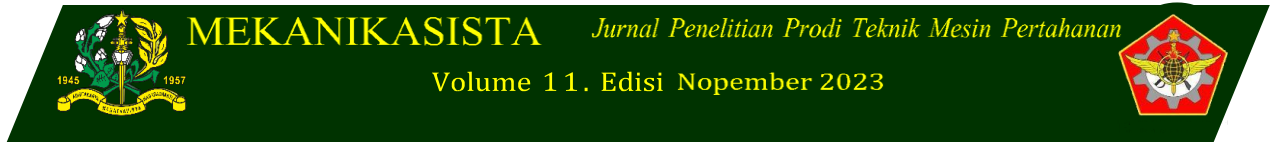
- a. Bagi Akmil, disarankan untuk: (1) merevisi struktur kurikulum dengan menambahkan beban SKS pada mata kuliah mekatronika, sistem kendali cerdas, dan *data analytics* sebagai mata kuliah wajib; (2) mengimplementasikan metode pembelajaran *problem-based learning* dan *project-based learning* dengan proporsi minimal 40% dari total jam pembelajaran; (3) mengembangkan laboratorium simulasi dan *virtual reality* untuk pelatihan pemeliharaan Alutsista yang tidak memerlukan akses fisik ke peralatan aktual; (4) menjalin kerja sama strategis dengan PT Pindad, PT Dirgantara Indonesia, dan satuan Alutsista TNI AD dalam bentuk magang, dosen praktisi, dan pengembangan kurikulum bersama; serta (5) menerapkan sistem *tracer study* berkala dan *continuous professional development* bagi dosen untuk memastikan pembaruan kompetensi pengajar (Nurjannah dkk., 2021; *Software Acquisition Workforce Initiative*, 2020).
- b. Bagi TNI AD, disarankan untuk: (1) mengembangkan *competency framework* spesifik untuk perwira teknik Alutsista yang memetakan KSA (*knowledge, skills, abilities*) secara detail; (2) memfasilitasi mekanisme umpan balik sistematis antara komandan satuan dengan Akmil mengenai performa lulusan; (3) menyediakan akses terbatas terhadap dokumen teknis Alutsista untuk keperluan pengembangan kurikulum dengan tetap memperhatikan aspek keamanan; dan (4) mendukung program *lifelong learning* bagi perwira teknik melalui pendidikan berjenjang dan sertifikasi kompetensi teknis (Project Athena, 2021; Marwansyah, 2014); dan



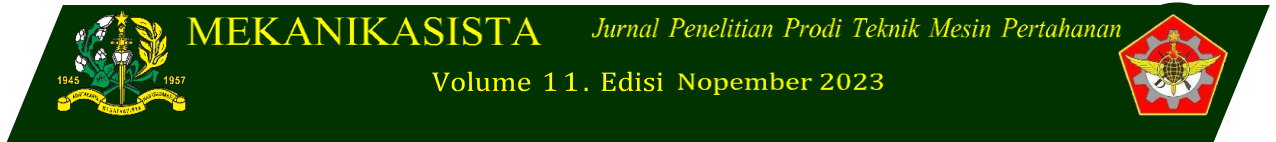
- c. Bagi peneliti lanjutan, disarankan untuk melakukan studi longitudinal dengan *tracer study* komprehensif terhadap performa lulusan dalam jangka waktu 5-10 tahun, pengembangan model prediktif kebutuhan kompetensi berbasis *foresight* teknologi Alutsista, serta evaluasi implementasi rekomendasi pengembangan kurikulum dengan metode *action research*. Penelitian ini membuka ruang bagi pengembangan kerangka teoritis *defense engineering education* yang kontekstual dengan kebutuhan TNI AD dan industri pertahanan Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- A Case Study: Gap Competency Between Mechanical Engineering Graduates of Vocational High School and The Demand in Workplace. (2021). *Journal of Physics: Conference Series*, 1808, 012027. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1808/1/012027>
- ABET. (2025). *Criteria for accrediting engineering technology programs, 2025-2026*. <https://www.abet.org/accreditation/accreditation-criteria/criteria-for-accrediting-engineering-technology-programs-2025-2026/>
- Aligning Engineering Curriculum With Industry Needs. (2025). LinkedIn Top Content. <https://www.linkedin.com/top-content/career/engineering-career-guidance/aligning-engineering-curriculum-with-industry-needs/>
- Anwar, S. (2016). Modelling the competencies required by defence attaches in accomplishing their duties: Study on the Indonesian defence attaches. *Journal of Defense Management*, 6(3). <https://www.longdom.org/open-access/modelling-the-competencies-required-by-defence-attaches-in-accomplishing-their-duties-study-on-the-indonesian-defence-at-23913.html>
- Cleveland Clinic. (2025). A decision-oriented approach to evaluating a leadership curriculum in fellowship. *Journal of Graduate Medical Education*. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11025398/>
- Engineering of Defense Systems Guidebook. (2022). *Engineering of defense systems guidebook*. Defense Acquisition University. https://ac.cto.mil/wp-content/uploads/2022/02/Eng-Defense-Systems_Feb2022-Cleared-slp.pdf
- Fraenkel, J. R., Wallen, N. E., & Hyun, H. H. (2012). *How to design and evaluate research in education* (8th ed.). McGraw-Hill.
- Habib, M. K. (2006). Mechatronics engineering the evolution, the needs and the challenges. *Proceedings of the IEEE IECON 2006—32nd Annual Conference on IEEE Industrial Electronics*, 4510–4515. <https://doi.org/10.1109/IECON.2006.347723>
- Heydarifard, Z., & Jahanbin, A. (2025). Questionnaire development quality assessment the curricula and courses in health. *Education Journal*, 14(3), 154–159. <https://doi.org/10.11648/j.edu.20251403.18>
- Hosseini, S. M., Ashktorab, T., Bagheri, F., Rahimi, H., & Ebrahimi, H. (2024). A psychometric assessment using exploratory factor analysis. *BMC Medical Education*, 24, 1251. <https://doi.org/10.1186/s12909-024-06307-z>
- Kurikulum Program Studi Teknik Mesin Pertahanan Akmil. (2021). *Kurikulum Program Studi Teknik Mesin Pertahanan Program Diploma IV (D-IV) Akademi Militer*. Markas Besar TNI Angkatan Darat.
- Laporan Tahunan PT Pindad. (2016). *Kontribusi Berkelanjutan untuk Kemandirian Alutsista*.
- Liagkou, V., Stylios, C., Pappa, L., & Petunin, A. (2021). Challenges and opportunities in industry 4.0 for mechatronics, artificial intelligence and cybernetics. *Electronics*, 10(16), 2001. <https://doi.org/10.3390/electronics10162001>
- Luque-Vara, T., Linares-Manrique, M., Fernández-Gómez, E., Martín-Salvador, A., Sánchez-Ojeda, M. A., & Enrique-Mirón, C. (2020). Content validation of an instrument for the assessment of school teachers' levels of knowledge of diabetes through expert judgment. *International*



- Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(22), 8605. <https://doi.org/10.3390/ijerph17228605>
- Martilla, J. A., & James, J. C. (1977). Importance-Performance Analysis. *Journal of Marketing*, 41(1), 77-79. (Dikutip dalam Wu dkk., 2023).
- Marwansyah. (2014). *Transformation of Indonesian Army personnel to produce professional soldiers*.
- Nurjannah, I., Cholik, M., Muhaji, Wiyanto, T., Wijanarko, D. V., & Arsana, I. M. (2021). Development of OBE-based learning evaluation model in mechanical engineering education program. *Proceedings of the International Joint Conference on Science and Engineering 2021 (IJCSE 2021)*. Atlantis Press. <https://doi.org/10.2991/aer.k.211215.002>
- Pradeep, S., Anand, V., Harish Kumar, R., & Ragu, R. (2018). Design and fabrication of sentry gun based on mechatronics system. *International Journal of Trend in Scientific Research and Development (IJTSRD)*, 2(2), 499–505. <https://doi.org/10.31142/ijtsrd9434>
- Project Athena: Enabling leader self-development. (2021). *Military Review*. <https://www.armyupress.army.mil/Journals/Military-Review/English-Edition-Archives/July-August-2021/Masaracchia-Project-Athena/>
- PT Pindad. (2016). *Kontribusi Berkelanjutan untuk Kemandirian Alutsista: Laporan Tahunan 2016*.
- Rezende, A. L. T., Chagas, C. F. M., Rodrigues, G. S., & Magalhães, S. M. C. (2023). CDIO and competency-based learning integration in military engineering education: The IME experience. *CDIO 2023 Proceedings*. <https://www.cdio.org/sites/default/files/documents/CDIO%202023%20Proceedings%20%2840%29.pdf>
- Rohmy, dkk. (2020). Human Resource Management of the Indonesian Armed Forces Special Operations Command. *Jurnal Jimkes*. <https://jurnal.ibik.ac.id/index.php/jimkes/article/download/3845/2748> [Open Access].
- SERC. (2016). *RT-149: Leadership Development Framework for the Department of Defense Systems Engineering Workforce*. Systems Engineering Research Center. https://sercuarc.org/wp-content/uploads/2025/05/1525983971-SERC-2016-TR-111-Technical_Leadership_Development_RT-149.pdf [Open Access]
- Shi, X. (2024). Evaluation of practice courses in preschool education based on CIPP evaluation model. *SHS Web of Conferences*, 193, 01018. <https://doi.org/10.1051/shsconf/202419301018>
- Software Acquisition Workforce Initiative for the Department of Defense. (2020). *Software acquisition workforce initiative for the Department of Defense*. RAND Corporation. https://www.rand.org/pubs/research_reports/RR3145.html
- Statistics Solutions. (2023). *Using an audit trail to demonstrate trustworthiness in qualitative research*. <https://www.statisticssolutions.com/using-an-audit-trail-to-demonstrate-trustworthiness-in-qualitative-research/>
- Steltenpohl, C. N., Reed, E. K., & Kirschner, P. A. (2025). Open science for qualitative research. *BMJ Evidence-Based Medicine*. <https://doi.org/10.1136/bmjebm-2024-113158>
- Stufflebeam, D. L. (1968). The Use of Experimental Design in Educational Evaluation. *Journal of Educational Measurement*, 5(2), 103-108. (Dikutip dalam Cleveland Clinic, 2025; Shi, 2024).
- USMA West Point. (2023). *Academic program*. <https://www.westpoint.edu/academics/academic-program>
- Whitcomb, C. A., Khan, R., & White, C. (2016). Curriculum alignment use case for competency frameworks at the Naval Postgraduate School. *Proceedings of the 26th Annual INCOSE International Symposium (IS 2016)*. <https://calhoun.nps.edu/server/api/core/bitstreams/a456408a-3d80-47b2-a90a-1777456049f3/content>
- Wu, C. H., Kuo, P. L., Yang, C. H., Chang, Y. C., & Chen, T. L. (2023). Importance–performance analysis (IPA) in analyzing the satisfaction of administrative support in teaching practice research programs. *Sustainability*, 15(3), 1943. <https://doi.org/10.3390/su15031943>



Zamanzadeh, V., Ghahramanian, A., Rassouli, M., Abbaszadeh, A., Alavi-Majd, H., & Nikanfar, A. R. (2015). Design and implementation content validity study: Development of an instrument for measuring patient-centered communication. *Journal of Caring Sciences*, 4(2), 165–178. <https://doi.org/10.15171/jcs.2015.017>