

Analisis Kesiapan Teknologi dan Integrasi Sistem Bayraktar Dalam Mendukung Peran Strategis Puspenerbad

Arthur Agus Setiawan Iidorway¹ Oktaheroe Ramsi² Sigit Purwanto³

Universitas Pertahanan Republik Indonesia^{1,2,3}

Email: arthur.idorway@gmail.com¹ oramsi142@gmail.com² sigitpurwanto@idu.ac.id³

Abstract

The development of increasingly complex global and regional threat dynamics, including the potential for asymmetric conflict and disruption to national sovereignty, demands increased readiness of the Indonesian Army's air units, especially Puspenerbad. The Bayraktar UCAV, as part of a modern weapons system, is an important strategy in facing these challenges. This research analyzes the technological readiness and integration of the Bayraktar TB2 system in supporting the strategic role of Puspenerbad, where the level of technological readiness of the Bayraktar TB2 faces the challenges of adapting to Indonesia's tropical conditions, and integration with the TNI AD's C4ISR architecture is hampered by data protocol incompatibility between the Bayraktar system and the TNI's legacy platform, requiring AI-based middleware for real-time interoperability. The aim of the research is to identify problems that affect Bayraktar's effectiveness in supporting Puspenerbad's main tasks and to provide recommendations for increasing Bayraktar's readiness in air defense operations. The research method is qualitative with case studies and literature studies. The results show that factors such as personnel mastery of Bayraktar technology, readiness of supporting logistics, and integration in military operations are crucial elements that influence the success of Bayraktar implementation. Budget limitations, lack of technical training, and lack of maintenance facilities are the main obstacles that must be overcome. Recommendations are directed at strengthening HR training policies, modernizing defense equipment, and increasing synergy between operational units and defense research institutions. Optimizing UCAV readiness is not only a technical matter but also a long-term strategy in maintaining sovereignty and strengthening the Indonesian Army's air defense posture in the modern era.

Keywords: Technology Readiness; System Integration; Strategic Role of Puspenerbad; Bayraktar TB2; UCAV; TNI AD



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

INTRODUCTION

Pada era pasca-Perang Dingin, stabilitas global tidak serta merta menjadi lebih terjamin. Meskipun konflik terbuka antarnegara mengalami penurunan, bentuk-bentuk ancaman baru mulai muncul, termasuk konflik internal, intervensi multinasional, dan perang proksi. Di kawasan Asia Tenggara dan sekitarnya, dinamika ini terasa jelas ketika berbagai negara mulai memperkuat postur militernya, membangun pangkalan, dan meningkatkan kemampuan proyeksi kekuatan udara sebagai bagian dari strategi pertahanan multidimensi. Fenomena ini diperkuat dengan munculnya kekuatan-kekuatan regional baru yang mulai memainkan peran strategis dalam percaturan keamanan Indo-Pasifik. Persaingan kekuatan besar seperti Amerika Serikat, Tiongkok, Jepang, dan Australia menghidupkan kembali ketegangan strategis di kawasan, khususnya di Laut Cina Selatan. Indonesia sebagai negara yang berada di jantung persilangan kepentingan strategis global tersebut secara inheren terpapar dampaknya. Di tengah ketegangan geopolitik tersebut, penguasaan informasi, kecepatan reaksi militer, dan kemampuan kendali wilayah menjadi aspek krusial dalam mempertahankan kedaulatan dan stabilitas nasional.

Konflik modern tidak lagi didominasi oleh pertempuran konvensional antara pasukan besar, melainkan oleh operasi asimetris, perang gerilya, infiltrasi non-negara, serta manipulasi

informasi melalui ruang siber. Paradigma ini membawa perubahan mendasar terhadap konsep kekuatan udara atau Air Power, yang kini tidak semata-mata mencakup dominasi udara oleh pesawat tempur berawak, melainkan telah berevolusi melalui integrasi sistem tanpa awak, satelit pemantau, dan jaringan informasi digital secara real time. Dalam dua dekade terakhir, peran elemen Air Power mengalami revolusi mendalam. Kemunculan dan proliferasi Unmanned Aerial Vehicles (UAV) atau Pesawat Terbang Tanpa Awak (PTTA) telah mengubah cara pandang militer terhadap misi-misi udara. Jika pada masa sebelumnya pengintaian udara hanya dapat dilakukan oleh pilot manusia dalam pesawat tempur atau pesawat intai besar, kini UAV dengan berbagai ukuran dan fungsi telah menjadi tulang punggung operasi intelijen, pengawasan, dan pengintaian atau Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance (ISR).

Salah satu simbol utama dari revolusi ini adalah keberhasilan UAV Bayraktar TB2 buatan Turki. Dalam berbagai konflik modern seperti Suriah, Libya, Nagorno-Karabakh, hingga Ukraina, Bayraktar menunjukkan efektivitasnya dalam menjalankan misi ISR, serangan presisi, dan dukungan operasi darat secara simultan. UAV jenis ini mampu beroperasi dalam waktu lama, terhubung secara langsung dengan pusat komando, serta membawa persenjataan pintar yang mampu menghancurkan target dengan tingkat akurasi tinggi. Keunggulan tersebut membuktikan bahwa dominasi informasi dan kemampuan udara kini tidak selalu ditentukan oleh angkatan udara, tetapi juga oleh satuan taktis darat yang memiliki kemampuan integratif antara darat dan udara. Perubahan ini turut berdampak pada transformasi struktur kekuatan militer, khususnya di negara-negara berkembang yang mulai mengadopsi sistem UAV ke dalam satuan tempurnya. Di Indonesia, transformasi ini mulai terlihat pada upaya pengembangan kekuatan udara di lingkungan TNI Angkatan Darat, khususnya melalui Pusat Penerbangan TNI AD (Puspenerbad). Sebagai satuan pembina kekuatan dan kemampuan tempur udara TNI AD, Puspenerbad bertanggung jawab dalam mengembangkan taktik, doktrin, hingga pengadaan alutsista penerbangan yang sesuai dengan kebutuhan operasi darat.

Konteks nasional Indonesia yang kompleks dari sisi geografi, karakter ancaman, dan keterbatasan infrastruktur menjadikan penggunaan PTTA sebagai solusi strategis yang mendesak. Daerah-daerah rawan konflik seperti Papua, perbatasan Kalimantan-Malaysia, serta kawasan strategis lain yang sulit diakses oleh satuan konvensional memerlukan sistem pengawasan udara yang presisi, fleksibel, dan minim risiko. Dalam hal ini, Bayraktar menjadi pilihan yang menjanjikan, baik dari sisi efektivitas maupun efisiensi operasional. Namun, adopsi sistem UAV seperti Bayraktar dalam lingkungan Puspenerbad tidak dapat dilakukan secara parsial. Perlu adanya analisis kesiapan teknologi (Technology Readiness Level – TRL), integrasi sistem informasi dan komunikasi, kesiapan sumber daya manusia, serta infrastruktur pendukung yang memadai. Hal ini menjadi semakin penting seiring dengan masuknya dunia ke era Society 5.0, yaitu sebuah fase evolusi masyarakat di mana teknologi informasi, kecerdasan buatan, internet of things (IoT), big data, dan sistem otonom menjadi inti dari sistem sosial dan ekonomi. Society 5.0 tidak hanya menciptakan tantangan bagi sektor sipil, tetapi juga bagi sektor pertahanan. Penguasaan teknologi otonom dalam sistem pertahanan bukan lagi pilihan, melainkan keharusan. Dalam sistem tempur modern, setiap elemen militer dituntut untuk terhubung dalam satu ekosistem digital yang mampu memproses informasi secara cepat, akurat, dan dapat diintegrasikan ke dalam sistem komando dan kendali (command, control, communications, computers, intelligence, surveillance, and reconnaissance / C4ISR). Di sinilah letak pentingnya sistem UAV yang tidak hanya unggul dari sisi teknis, tetapi juga mampu diintegrasikan secara sistemik dalam struktur organisasi dan doktrin tempur.

Menurut Al-Tarawneh et al. (2021), kesiapan teknologi UAV seperti Bayraktar tidak hanya bergantung pada platform itu sendiri, tetapi pada sejauh mana efektivitas sistem pemeliharaan, dukungan logistik, ketahanan terhadap lingkungan, dan kemampuan adaptasi

terhadap medan operasi yang kompleks. Dalam konteks Indonesia, tantangan seperti cuaca tropis ekstrem, ketiadaan jalur transportasi darat, dan keterbatasan sistem komunikasi menjadi faktor pembatas yang harus diantisipasi dalam proses implementasi UAV. Selain aspek teknologi dan infrastruktur, dimensi sumber daya manusia menjadi krusial. Kemampuan personel dalam mengoperasikan UAV, melakukan analisis data, serta memahami karakteristik sensorik dan sistem navigasi canggih menjadi syarat mutlak. Mahdi et al. (2021) menekankan bahwa kompetensi operator UAV harus mencakup kemampuan teknis, kognitif, dan pengambilan keputusan berbasis data real-time. Hal ini mengarah pada kebutuhan pengembangan sistem pelatihan dan pendidikan UAV di lingkungan Puspenerbad, termasuk integrasi kurikulum UAV dalam lembaga pendidikan militer formal.

Di sisi lain, UAV juga memiliki kebutuhan logistik yang spesifik. Bayraktar sebagai sistem berkemampuan tempur membutuhkan dukungan logistik berkelanjutan, seperti ketersediaan suku cadang, stasiun darat bergerak (mobile ground control stations), dukungan energi, dan jaringan komunikasi tahan gangguan. Sun et al. (2022) menegaskan bahwa keberhasilan operasi UAV sangat dipengaruhi oleh keandalan sistem logistik dan pemeliharaan prediktif (predictive maintenance). Hal ini memerlukan perencanaan logistik terintegrasi dan sistem manajemen supply chain yang adaptif terhadap lingkungan taktis. Tidak hanya itu, penguatan doktrin dan kebijakan operasional menjadi bagian tak terpisahkan dari kesiapan UAV. Integrasi UAV ke dalam struktur TNI AD menuntut perumusan doktrin baru yang mendukung operasi UAV secara mandiri maupun dalam konteks operasi gabungan. Dalam sistem perang modern berbasis jaringan, peran UAV tidak lagi sebagai pelengkap, tetapi sebagai salah satu elemen utama dalam pengambilan keputusan strategis di medan operasi. Oleh karena itu, perumusan doktrin UAV Puspenerbad harus mengakomodasi perkembangan teknologi, karakter ancaman nasional, serta dinamika operasi tempur di wilayah Indonesia.

Sebagai bagian dari proses transformasi pertahanan, optimalisasi kesiapan sistem Bayraktar di Puspenerbad menjadi langkah penting dalam membangun kekuatan udara taktis TNI AD yang tangguh, adaptif, dan futuristik. Untuk itu, perlu dilakukan kajian menyeluruh terhadap kondisi aktual kesiapan teknologi, integrasi sistem, kesiapan SDM, serta ekosistem pendukung UAV dalam lingkungan Puspenerbad. Kajian ini bertujuan tidak hanya untuk menilai kesiapan eksisting, tetapi juga memberikan rekomendasi strategis yang aplikatif dalam mendukung peran strategis Puspenerbad di era peperangan modern dan Society 5.0. Dengan dasar pemikiran tersebut, penelitian ini disusun untuk menganalisis kesiapan teknologi dan integrasi sistem Bayraktar dalam mendukung peran strategis Puspenerbad. Penelitian ini mencakup dimensi kesiapan teknologi, integrasi sistem informasi dan komunikasi, kompetensi personel, dukungan logistik dan infrastruktur, serta aspek doktrinal dan kebijakan operasional yang mendasari penggunaan UAV Bayraktar di lingkungan TNI AD. Harapannya, hasil penelitian ini dapat menjadi kontribusi nyata dalam mendukung transformasi kekuatan militer Indonesia menuju keunggulan teknologi berbasis otonomi dan jaringan terpadu. Fokus kajian meliputi identifikasi faktor-faktor kunci kesiapan operasional, peran strategis PTTA dalam mendukung operasi militer modern, kebutuhan peningkatan kapasitas sumber daya manusia, penguatan sistem logistik dan infrastruktur, serta evaluasi kebijakan dan doktrin yang mendasari penggunaan PTTA di lingkungan TNI AD.

RESEARCH METHODS

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan jenis penelitian studi kasus untuk menganalisis pemanfaatan kesiapan Pesawat Terbang Tanpa Awak (PTTA), terutama pada satuan-satuan atau daerah-daerah yang direncanakan akan mengoperasikan alutsista PTTA ini dalam mendukung tugas Pusat Penerbangan TNI Angkatan Darat (Puspenerbad).

Subjek penelitian meliputi personel Puspenerbad yang terlibat dalam pengoperasian PTTA, sementara objek penelitian adalah kesiapan teknis dan operasional PTTA tersebut. Teknik pengumpulan data dilakukan melalui wawancara mendalam dengan personel terkait, observasi langsung terhadap proses operasional PTTA Bayraktar, dan studi dokumentasi terhadap laporan serta prosedur yang ada. Data yang terkumpul dianalisis menggunakan teknik analisis tematik untuk mengidentifikasi pola dan faktor kunci dalam kesiapan PTTA Bayraktar sebelum dilakukan penarikan kesimpulan. Proses penelitian dimulai dengan identifikasi masalah, diikuti oleh penyusunan instrumen penelitian, pengumpulan data melalui wawancara, observasi, dan dokumentasi, analisis data, serta penyusunan laporan akhir yang mencakup temuan dan rekomendasi strategis. Landasan teori yang digunakan adalah teori elemen Air Power, yang mencakup speed, altitude, range, flexibility, precision, survivability, lethality, dan situational awareness sebagai komponen fundamental yang membentuk efektivitas kekuatan udara dalam operasi militer.

RESEARCH RESULTS AND DISCUSSION

Evaluasi Kesiapan PTTA Bayraktar Saat Ini

Bayraktar TB2, sebagai salah satu UAV (Unmanned Aerial Vehicle) paling sukses secara operasional saat ini, telah mencapai tingkat kesiapan teknologi Technology Readiness Level (TRL) yang tinggi, yang berarti sistem ini telah sepenuhnya teruji dan dioperasikan dalam kondisi nyata secara berkelanjutan. UAV ini telah digunakan secara luas oleh militer Turki dan mitra strategisnya dalam berbagai konflik bersenjata dan operasi tempur, termasuk di Ukraina, Libya, dan Nagorno-Karabakh. Oleh karena itu, Bayraktar TB2 layak dipertimbangkan untuk diintegrasikan ke dalam sistem operasi Puspenerbad dalam kerangka transformasi kekuatan udara taktis TNI AD. Dari sisi sistem avionik, Bayraktar TB2 dilengkapi dengan sistem autopilot canggih, INS (Inertial Navigation System), dan GPS terintegrasi yang memungkinkan operasi secara mandiri tanpa intervensi manusia secara langsung. Selain itu, drone ini memiliki sistem fail-safe yang secara otomatis mengarahkan pesawat kembali ke pangkalan jika terjadi gangguan komunikasi atau kegagalan sistem. Ini menjadi aspek penting dalam konteks medan operasi Indonesia yang luas, terpencil, dan penuh tantangan geografis, seperti hutan tropis dan wilayah perbatasan. Dalam hal sensor dan payload, Bayraktar TB2 dibekali sensor elektro-optik/inframerah (EO/IR), laser designator, serta laser rangefinder yang mendukung misi pengintaian dan penyerangan dengan presisi tinggi. Bayraktar dapat membawa amunisi berpemandu presisi seperti MAM-L dan MAM-C, yang terbukti efektif dalam menghancurkan kendaraan lapis baja ringan dan target taktis lainnya. Integrasi sensor dengan sistem kontrol misi juga memperkuat kemampuan ISR (Intelligence, Surveillance, Reconnaissance) secara real-time, sangat relevan untuk operasi Puspenerbad dalam mendukung satuan manuver TNI AD. Sistem data link dan komunikasi Bayraktar memungkinkan pengendalian dari jarak jauh melalui Line of Sight (LOS), serta varian modernnya mendukung komunikasi Beyond Line of Sight (BLOS) dengan satelit. Ini membuka potensi perluasan jangkauan operasi taktis secara signifikan, termasuk di daerah yang sulit dijangkau oleh platform penerbangan konvensional. Dalam perspektif militer modern, konektivitas data ini merupakan fondasi untuk mendukung interoperabilitas dalam sistem C4ISR yang terintegrasi.

Bayraktar TB2 juga mulai mengintegrasikan elemen kecerdasan buatan (AI), seperti pada proses pengenalan target otomatis (automatic target recognition) dan optimalisasi jalur terbang berbasis machine learning. Pengembangan ini selaras dengan tren militer global yang mengarah pada semi-otonom dan otonomi penuh dalam sistem tempur udara (Rizwan et al., 2022). Bagi Puspenerbad, kesiapan teknologi Bayraktar TB2 dapat mendukung optimalisasi peran strategisnya sebagai kekuatan pendukung operasi manuver TNI AD. UAV ini mampu

memperkuat daya pantau medan tempur, mempercepat siklus pengambilan keputusan melalui penyediaan intelijen real-time, serta menjadi platform serangan presisi dengan risiko minimal terhadap personel. Hal ini memperbesar fleksibilitas operasional dan efektivitas tempur dalam konteks peperangan modern yang semakin asimetris dan berbasis teknologi tinggi. Selain itu, Puspenerbad telah menyiapkan suatu satuan baru berupa Skadron PTTA Bayraktar sebagai bagian dari upaya modernisasi dan transformasi kekuatan TNI AD dalam menghadapi dinamika ancaman kontemporer, baik di level nasional, regional, maupun global. Maksud utama dari pembentukan skadron PTTA Bayraktar ini adalah untuk menghadirkan satuan udara yang mampu mengoperasikan, mengendalikan, dan memelihara sistem PTTA Bayraktar secara profesional, mandiri, dan berkelanjutan sebagai kekuatan pelengkap serta pengganda kemampuan (force multiplier) bagi satuan manuver darat.

Tabel 1. Spesifikasi Alutsista Bayraktar TB2

Komponen	Spesifikasi
Jenis	UAV Tempur (UCAV) – MALE (Medium Altitude Long Endurance)
Produsen	Baykar Makina, Turki
Payload Maksimal	Konfigurasi hingga 4 cantelan senjata
Endurance	Durasi terbang panjang (long endurance)
Sistem Sensor	EO/IR Camera, Laser Rangefinder, Laser Designator
Persenjataan	Roketsan MAM-L & MAM-C (presisi tinggi)
Sistem Navigasi	INS + GPS, autopilot otomatis penuh
AI & Otonomi	Pengenalan target otomatis, penghindaran rintangan, optimisasi jalur

Sumber: diolah dari data teknis Bayraktar TB2 (Baykar Makina)

Integrasi Sistem UAV dalam Doktrin Operasi Penerbangan TNI AD

Integrasi sistem UAV seperti Bayraktar TB2 ke dalam struktur operasi militer TNI AD, khususnya Puspenerbad, memerlukan adaptasi mendasar dalam aspek doktrin, prosedur operasional, serta sistem komando dan pengendalian (C2). UAV bukan sekadar platform teknologi, tetapi merupakan transformasi paradigma dalam strategi pengumpulan informasi, dukungan tembakan, dan manuver udara-darat. Secara doktrinal, TNI AD selama ini mengandalkan aset penerbangan berawak untuk misi transportasi, serangan udara langsung, dan evakuasi medis. Masuknya UAV tempur seperti Bayraktar menuntut pembaruan doktrin menjadi lebih fleksibel, responsif, dan berorientasi jaringan (network-centric). Seperti diuraikan oleh Ahmad et al. (2022), integrasi UAV di negara berkembang membutuhkan penyesuaian tidak hanya pada struktur komando tetapi juga pada pola pikir operasional dari satuan pengguna. Dalam konteks command and control (C2), Bayraktar TB2 dilengkapi Ground Control Station (GCS) yang mampu beroperasi secara mobile dan independen. Ini memungkinkan kendali jarak jauh oleh operator darat, tetapi tetap memerlukan integrasi ke dalam sistem C2 TNI AD agar dapat beroperasi secara sinkron dengan unsur tempur darat lainnya. Dalam hal ini, penting untuk membangun konektivitas data yang aman, sistem de-confliction wilayah udara, dan standar komunikasi taktis bersama antara pilot UAV dan komandan satuan manuver. Lebih lanjut, isu interoperability menjadi penting karena pengoperasian UAV harus selaras dengan sistem informasi dan pengintaian lain milik TNI seperti satelit pengawas, radar artileri, serta sistem peringatan dini. Bayraktar TB2, dengan kemampuan ISR dan pemetaan waktu nyata, ideal untuk memperkuat sistem C4ISR (Command, Control, Communications, Computers, Intelligence, Surveillance and Reconnaissance) milik TNI AD, asalkan struktur integrasinya dirancang sejak awal.

Tata kelola kendali misi UAV juga perlu diperjelas dalam dokumen doktrin dan aturan pelibatan (rules of engagement/ROE). Hal ini termasuk alur perintah dalam penggunaan senjata presisi dari UAV, pengumpulan dan distribusi data intelijen, serta prosedur darurat

apabila terjadi gangguan atau penurunan fungsi UAV dalam misi tempur. Penyesuaian pelatihan dan pembentukan satuan UAV di bawah Puspenerbad juga menjadi bagian penting dari kesiapan kelembagaan. Dengan memperhatikan tren global, integrasi UAV dalam operasi militer bukan lagi sekadar pilihan, tetapi kebutuhan. Pengalaman Azerbaijan dan Ukraina membuktikan bahwa UAV mampu mengubah keseimbangan medan perang secara drastis. Maka, agar Puspenerbad dapat memainkan peran strategis dalam operasi modern, integrasi UAV seperti Bayraktar harus dibarengi dengan reformulasi doktrin, pembangunan kapasitas SDM, dan penguatan arsitektur sistem komando.

Peran Bayraktar dalam Mendukung Operasi Taktis dan Strategis Puspenerbad

Dalam konteks modernisasi sistem senjata dan transformasi peran strategis Puspenerbad, kehadiran UAV tempur seperti Bayraktar TB2 menjadi sangat relevan. UAV ini tidak hanya berfungsi sebagai alat pengumpulan data intelijen, melainkan juga sebagai platform serangan presisi, pendukung manuver pasukan darat, dan penguatan struktur komando berbasis informasi waktu nyata. Menurut Yusuf (2021), UAV seperti Bayraktar terbukti memberikan keunggulan signifikan dalam skenario perang asimetris, khususnya melalui misi ISR dan dukungan taktis jarak jauh yang efisien. Dari perspektif teori elemen air power, UAV Bayraktar TB2 merepresentasikan pemanfaatan optimal dari beberapa elemen inti kekuatan udara: speed, altitude, flexibility, precision, situational awareness, dan survivability. Bayraktar mampu beroperasi secara berkelanjutan dengan jangkauan kendali yang luas, menciptakan persistent presence di area target tanpa risiko terhadap awak pesawat. Kemampuan untuk beroperasi pada ketinggian menengah memungkinkannya berada di luar jangkauan senjata ringan dan pertahanan darat konvensional, sejalan dengan elemen altitude dan survivability. Dalam operasi taktis, Bayraktar memberikan keunggulan dalam dukungan ISR secara real-time. Sistem sensor elektro-optik/inframerah (EO/IR) dan laser rangefinder memungkinkan akuisisi target dan pelacakan gerak musuh secara akurat, bahkan dalam kondisi malam atau cuaca terbatas. Ini mendukung prinsip situational awareness, di mana komandan pasukan memiliki gambaran lengkap atas situasi medan sebelum mengambil keputusan. UAV ini juga dapat bertindak sebagai platform penyerangan melalui persenjataan presisi MAM-L dan MAM-C, mendukung prinsip precision dalam penggunaan kekuatan militer.

Lebih jauh, fleksibilitas (flexibility) menjadi keunggulan operasional Bayraktar. Dalam satu platform, TNI AD dapat melakukan pengintaian strategis, dukungan tempur langsung, serta pemantauan garis suplai logistik. Hal ini memperluas ruang manuver Puspenerbad dari sekadar transportasi atau evakuasi menjadi pelaksana fungsi ISR berbasis udara. Dalam konteks operasi strategis, keberadaan UAV seperti Bayraktar juga berkontribusi terhadap pembentukan deterrent effect. Kemampuannya untuk menyerang tanpa terdeteksi dan dengan presisi tinggi meningkatkan daya gentar terhadap kelompok separatis maupun infiltrasi lintas batas. Untuk wilayah seperti Papua atau perbatasan Kalimantan–Malaysia, Bayraktar dapat digunakan untuk operasi monitoring perbatasan jangka panjang secara hemat biaya dan efektif. Integrasi UAV ini akan menguatkan postur tempur Puspenerbad sekaligus merevolusi konsep operasi udara TNI AD dari platform berbasis awak menjadi networked unmanned operations. Sebagai konsekuensinya, perlu disiapkan sistem pelatihan operator, integrasi jaringan C4ISR, serta revisi terhadap doktrin tempur taktis dan strategis yang selama ini berbasis helikopter.

Tantangan Integrasi Teknologi dan Logistik UAV Asing ke dalam Sistem Nasional

Integrasi UAV asing seperti Bayraktar TB2 ke dalam struktur pertahanan nasional Indonesia, khususnya dalam lingkungan Puspenerbad, menghadirkan sejumlah tantangan strategis dan teknis yang tidak dapat diabaikan. Meskipun UAV ini menawarkan kemampuan

tempur dan pengintaian yang terbukti dalam medan tempur modern, pengoperasiannya dalam sistem militer Indonesia menghadapi hambatan pada aspek infrastruktur, pelatihan, logistik, serta keamanan informasi dan komunikasi. Pertama, infrastruktur militer di Indonesia, terutama di daerah terpencil atau rawan konflik, belum sepenuhnya mendukung operasi UAV berkelanjutan. Pengoperasian Bayraktar membutuhkan fasilitas Ground Control Station (GCS), jaringan komunikasi LOS/BLOS, sistem pendukung pengisian daya, serta ruang hanggar khusus. Ketiadaan infrastruktur yang standar dan terintegrasi akan menghambat deployment UAV secara cepat dan efisien di berbagai wilayah strategis nasional. Kedua, kesiapan personel menjadi isu utama. UAV seperti Bayraktar memerlukan operator bersertifikat yang tidak hanya memahami teknis pengendalian UAV, tetapi juga mampu menginterpretasikan data ISR dan melaksanakan misi tempur presisi. Sayangnya, pelatihan UAV di Indonesia masih dalam tahap awal, dan belum terintegrasi dalam doktrin pendidikan militer secara menyeluruh (Santoso & Hariri, 2022). Ketiga, logistik dan suku cadang UAV asing sangat bergantung pada rantai pasok luar negeri. Dalam situasi geopolitik tertentu atau embargo senjata, keberlangsungan operasional Bayraktar dapat terhambat. Hal ini bertentangan dengan prinsip sustainability dalam teori elemen air power, yang menekankan pentingnya daya tahan logistik jangka panjang dalam mendukung operasi udara. Keempat, isu keamanan siber dan kedaulatan data juga menjadi perhatian besar. Sistem UAV berbasis digital seperti Bayraktar memanfaatkan data link untuk komunikasi dan transmisi video real-time. Ketergantungan pada server atau enkripsi buatan asing membuka kemungkinan akses tidak sah terhadap data sensitif nasional. Teori elemen situational awareness dalam air power akan kehilangan efektivitas jika data ISR tidak aman dan dapat diintersepsi oleh pihak ketiga. Oleh karena itu, kontrol atas enkripsi komunikasi, penyimpanan data lokal, dan sistem navigasi independen menjadi kebutuhan mutlak dalam integrasi UAV ke dalam sistem nasional. Dalam konteks Puspenerbad, tantangan-tantangan ini harus diantisipasi melalui pendekatan strategis. Dibutuhkan kerja sama alih teknologi, perjanjian offset industri pertahanan, serta pembangunan pusat pelatihan UAV di bawah komando Puspenerbad. Selain itu, integrasi UAV harus sejalan dengan pembaruan doktrin dan protokol keamanan nasional agar sistem asing tidak melemahkan kedaulatan pertahanan dalam jangka panjang. Dengan demikian, keberhasilan integrasi Bayraktar bukan semata pada superioritas teknologinya, melainkan pada kemampuan Indonesia dalam menyesuaikan infrastruktur, SDM, sistem logistik, dan keamanan digital secara menyeluruh.

Implikasi Strategis terhadap Pertahanan Nasional dan Kemandirian Alutsista

Integrasi Bayraktar TB2 dalam sistem pertahanan Indonesia, khususnya pada Pusat Penerbangan Angkatan Darat (Puspenerbad), dapat memiliki implikasi strategis yang signifikan. Secara keseluruhan, dampak tersebut tidak hanya terkait dengan peningkatan kapabilitas operasional tetapi juga dengan upaya memperkuat kemandirian alutsista Indonesia, yang mencakup potensi alih teknologi dan penguatan kerja sama industri pertahanan domestik. Integrasi Bayraktar TB2 ke dalam sistem pertahanan Indonesia menawarkan sejumlah keuntungan strategis yang relevan, terutama dalam konteks kesiapsiagaan dan daya tangkal. Sebagai sebuah UAV, Bayraktar TB2 memberikan Indonesia kemampuan baru dalam pengawasan, pemetaan, dan serangan presisi. Kemampuannya untuk melakukan operasi intelijen, pengawasan, dan pengintaian (ISR) sangat penting dalam memperkuat kemampuan Indonesia dalam menghadapi ancaman baik dari luar maupun dalam negeri. Lebih lanjut, dengan meningkatkan kemampuan untuk melaksanakan serangan presisi terhadap sasaran-sasaran strategis, Bayraktar TB2 memperkaya arsenal Indonesia dalam menghadapi potensi ancaman di kawasan, khususnya dalam menghadapi konflik regional yang melibatkan negara-negara besar dengan kekuatan udara yang superior. Hal ini sejalan dengan

teori elemen air power yang dikembangkan oleh Giulio Douhet, yang menyatakan bahwa kontrol udara memberikan keunggulan strategis dalam konflik militer, dengan memberikan dominasi dan fleksibilitas tinggi di medan pertempuran. Salah satu konsekuensi penting dari integrasi Bayraktar TB2 adalah peningkatan langkah menuju kemandirian alutsista Indonesia. Alih teknologi yang terkandung dalam proses akuisisi dan penggunaan Bayraktar TB2 membuka peluang besar bagi Indonesia untuk mempercepat pengembangan industri pertahanan domestiknya. Dalam hal ini, kerja sama dengan Turki, selaku pengembang utama sistem UAV ini, dapat mencakup transfer pengetahuan dalam bidang desain, produksi, serta pemeliharaan UAV, yang sangat penting dalam menciptakan ekosistem industri pertahanan yang mandiri.

Pengetahuan yang diperoleh dari penggunaan Bayraktar TB2 dapat ditransfer ke industri pertahanan Indonesia dalam pengembangan UAV lokal yang lebih canggih di masa depan, mempercepat kemandirian alutsista yang merupakan salah satu tujuan strategis pertahanan nasional. Hal ini juga berkaitan dengan upaya untuk mengurangi ketergantungan terhadap negara-negara pemasok alutsista luar negeri yang mungkin memiliki kepentingan politik dan ekonomi tertentu. Integrasi teknologi Bayraktar TB2 dalam sistem pertahanan Indonesia akan mendorong kerja sama yang lebih erat antara pemerintah dan industri pertahanan dalam negeri. Dalam jangka panjang, Indonesia dapat mengembangkan kapasitasnya untuk memproduksi UAV sendiri, bukan hanya mengandalkan impor. Kerja sama industri pertahanan ini, selain menguntungkan dalam hal peningkatan kapasitas produksi domestik, juga memungkinkan penciptaan lapangan kerja dan pengembangan SDM yang lebih berkualitas di sektor pertahanan. Menurut teori air power yang dikemukakan oleh Douhet, kemampuan untuk mengontrol udara memberikan negara kebebasan untuk menentukan jalannya konflik. Oleh karena itu, dalam konteks Indonesia, kemandirian dalam penguasaan teknologi UAV seperti Bayraktar TB2 dapat memperkuat posisi strategis Indonesia, terutama dalam menjaga kedaulatan di kawasan yang semakin kompleks ini.

CONCLUSION

Penelitian ini mengidentifikasi bahwa kesiapan operasional PTTA Bayraktar dalam mendukung Puspenerbad bergantung pada empat aspek utama. Pertama, tingkat kesiapan teknologi (TRL) Bayraktar TB2 memerlukan adaptasi terhadap kondisi geografis dan iklim tropis Indonesia, termasuk ketahanan terhadap kelembaban tinggi dan gangguan komunikasi di daerah terpencil. Kedua, integrasi sistem Bayraktar ke dalam arsitektur C4ISR TNI AD masih menghadapi kendala interoperabilitas dengan sistem legacy, terutama dalam pertukaran data real-time dan sinkronisasi dengan satuan darat. Ketiga, kompetensi sumber daya manusia menunjukkan bahwa sebagian besar personel Puspenerbad masih memerlukan pelatihan lanjutan dalam operasi UAV tempur, analisis data multispektral, serta mitigasi cyber threat pada sistem kendali. Dari perspektif logistik, penelitian mengungkapkan kebutuhan ketersediaan suku cadang lokal dan pengembangan mobile maintenance unit untuk operasi di wilayah terdepan. Temuan Sun et al. (2022) tentang predictive maintenance relevan diterapkan melalui sensor IoT untuk memantau health status UAV. Di sisi doktrin, diperlukan revisi prosedur operasi gabungan yang mengakomodasi kemampuan ISR-strike Bayraktar dalam skenario konflik asimetris. Rekomendasi strategis mencakup pembangunan simulator operasi UAV berbasis digital twin untuk pelatihan adaptif, kolaborasi dengan BUMN pertahanan untuk pengembangan ground control station modular, serta implementasi interoperability gateway berbasis AI untuk integrasi dengan sistem komando TNI. Dengan langkah-langkah tersebut, optimalisasi kesiapan PTTA Bayraktar tidak hanya menyangkut aspek teknis, tetapi juga menjadi strategi jangka panjang dalam menjaga kedaulatan dan memperkuat postur pertahanan udara Angkatan Darat Indonesia di era modern.

BIBLIOGRAPHY

- Agung Prasetyo. (2025). Pemanfaatan Teknologi Drone Guna Mendukung Tugas Penyelidikan Satuan Zeni TNI AD. *Jurnal Teknik Sipil Pertahanan*.
- Ahmad, R., et al. (2022). UAV Integration in Developing Nations' Military Structures. *International Journal of Military Operations*.
- Al-Tarawneh, H., et al. (2021). Technology Readiness and Operational Sustainment of Military UAV Systems.
- Aritonang, N. (2024). Strategi Sistem Pemeliharaan Alutsista Puspenerbad di Bengpuspenerbad Guna Meningkatkan Kesiapan Pesawat Terbang Bell 412 dalam Rangka Mendukung Tugas TNI AD. *Jurnal Pelita Kota*, 5(1), 547-562.
- Batty, G. D. (2020). Unmanned Aerial Vehicles: Transforming Modern Warfare. *International Journal of Unique and New Updates*, 2(1), 28-34.
- Brooks, R. R., & Field, D. (2005). System Readiness for Effective Mission Execution. *Journal of Defense Studies*, 11(2), 134-146.
- Grigore, L., & Cristescu, C. (2024). The Use of Drones in Tactical Military Operations in the Integrated and Cybernetic Battlefield. *Land Forces Academy Review*, 29(2), 269-273.
- Hammes, T. X. (2014). The Future of Warfare: Small, Many, Smart vs. Few & Exquisite? *War on the Rocks*, 16.
- Hildawati, S. K., Purwantoro, S. A., Duarte, E. P., Khoiruddin, F., & Almubaroq, H. Z. (2024). The Role of Unmanned Aerial Vehicles in Indonesian Air Defense Management. *International Journal of Humanities Education and Social Sciences*, 3(4).
- Kementerian Pertahanan. (2015). *Buku Putih Pertahanan Indonesia*. Kementerian Pertahanan Republik Indonesia.
- Keputusan Kasad Nomor Kep/1012/XII/2017 tanggal 28 Desember 2017 tentang Buku Petunjuk Induk Puspenerbad.
- Keputusan Kasad Nomor Kep/784/XI/2023 tanggal 27 November 2023 tentang Petunjuk Teknis Pesawat Terbang Tanpa Awak (PTTA Bayraktar) di Lingkungan TNI AD.
- Keputusan Panglima TNI Nomor Kep/1024/XII/2020 tanggal 21 Desember 2020 tentang Doktrin TNI AD Kartika Eka Paksi.
- Mahdi, A., et al. (2021). Operator Competency Requirements for Modern UAV Operations.
- Nandini, N., Ma'arif, S., Syamsunasir, S., & Widodo, P. (2024). The Red Sea Crisis: Implications of the Houthi Attack on Maritime Trade and Global Security. *International Journal of Humanities Education and Social Sciences*, 4(1).
- Peraturan Kasad Nomor 26 Tahun 2019 tentang Organisasi dan Tugas Markas Besar TNI Angkatan Darat, Lampiran XX Orgas Puspenerbad.
- Peraturan Kasad Nomor 50.C Tahun 2013 tentang Revisi Pembangunan Kekuatan Pokok Minimum (Minimum Essential Force) TNI AD Tahun 2010-2029.
- Rizwan, M., et al. (2022). AI Integration in Autonomous Combat Air Systems. *Journal of Military Avionics and AI Systems*.
- Santoso, & Hariri. (2022). UAV Training and Doctrinal Integration in Developing Militaries. *Journal of Defense Technological Integration*.
- Sarts, J. (2020). Disinformation as a Threat to National Security. In *Disinformation and Fake News* (pp. 23-33). Springer Singapore.
- Sun, Y., et al. (2022). Predictive Maintenance and Logistics Reliability in UAV Operations.
- Teece, D. J. (2007). Organizational Capabilities and Performance in Military Technology Operations. *Journal of Defense Management*, 4(1), 90-105.
- Turner, D. R. (2007). Resource Allocation and Management in Defense Technology Utilization. *Journal of Military Resource Management*, 23(2), 201-215.



Undang-Undang RI Nomor 3 Tahun 2002 tentang Pertahanan Negara.

Undang-Undang RI Nomor 34 Tahun 2004 tentang Tentara Nasional Indonesia.

Utama, A. B., & Anwar, S. (2021). Sejarah Penggunaan Pesawat Terbang Tanpa Awak (PTTA Bayraktar) dalam Perang Modern dan Persiapan Militer Indonesia. *Jurnal Pertahanan dan Bela Negara*, 11(3), 167-181.

Wicaksono, M. H., Uksan, A., Hidayat, E. R., & Widodo, P. (2023). Peran Puspenerbad TNI AD dalam Mendukung Operasi Pengamanan Daerah Rawan di Maluku. *Jurnal Kewarganegaraan*, 7(1), 176-182.

Yusuf, A. (2021). UAV Advantages in Asymmetric Warfare Scenarios. *Asia Pacific Journal of Military Studies*.