



Pengembangan Operasi Udara Berbasis Teknologi Manned-Unmanned Teaming (MUM-T) guna Membangun Superioritas Udara TNI AU

*Development of Manned-Unmanned Teaming (MUM-T)-Based Air Operations to
Build Indonesian Air Force Air Superiority*

Yubie Kinara Wangsa, S.T., MCapMgt.¹

Program SPU Unhan, Sentul, Indonesia

Email: yubie07@gmail.com

Abstrak

Dinamika lingkungan strategis modern yang diwarnai oleh proliferasi kapabilitas Anti-Access/Area Denial (A2/AD) menuntut transformasi fundamental dalam operasi udara, dari yang bersifat platform-centric menuju network-centric. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis bagaimana konsep Manned-Unmanned Teaming (MUM-T) dapat dikembangkan dan diintegrasikan ke dalam struktur kekuatan TNI Angkatan Udara (TNI AU) guna membangun superioritas udara. Metode yang digunakan adalah kualitatif deskriptif dengan pendekatan multidisiplin berdasarkan Teori Network Centric Warfare (NCW), Teori System of Systems (SoS), dan Teori Strukturasi Adaptif (AST). Data dikumpulkan melalui studi kepustakaan dan analisis dokumen strategis, kemudian dianalisis menggunakan matriks SWOT untuk merumuskan strategi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa MUM-T secara fundamental mampu meningkatkan efektivitas tempur melalui percepatan siklus kill chain dan meningkatkan survivabilitas melalui delegasi risiko. Namun, tingkat kesiapan TNI AU saat ini masih berada pada tahap awal, terkendala oleh tiga kelemahan utama: ketiadaan doktrin baku, rendahnya interoperabilitas alpalhan, dan paradigma pendidikan SDM yang belum sesuai. Kesimpulannya, implementasi MUM-T memerlukan pendekatan bertahap berbasis Grand Strategy Weaknesses-Opportunities, dimulai dari aspek non-materiil seperti pengembangan konsep operasi (CONOPS) dan revitalisasi kurikulum pendidikan sebelum melangkah ke akuisisi teknologi jangka panjang.

Kata Kunci: MUM-T, Superioritas Udara, NCW, Interoperabilitas, TNI AU

Abstract

The dynamics of the modern strategic environment, characterized by the proliferation of Anti-Access/Area Denial (A2/AD) capabilities, demand a fundamental transformation in air operations, shifting from a platform-centric to a network-centric approach. This study aims to analyze how the Manned-Unmanned Teaming (MUM-T) concept can be developed and integrated into the Indonesian Air Force (TNI AU) force structure to build air superiority. The method used is descriptive qualitative with a multidisciplinary approach based on Network Centric Warfare (NCW) Theory, System of Systems (SoS) Theory, and Adaptive Structuration Theory (AST). Data were

collected through literature study and strategic document analysis, then analyzed using a SWOT matrix to formulate strategies. The results show that MUM-T is fundamentally capable of enhancing combat effectiveness by accelerating the kill chain cycle and improving survivability through risk delegation. However, the TNI AU's current readiness level is still in its initial stages, constrained by three main weaknesses: the absence of standardized doctrine, low interoperability of weapon systems, and a human resource training paradigm that is not yet aligned. In conclusion, MUM-T implementation requires a phased approach based on a Weaknesses-Opportunities Grand Strategy, starting with non-material aspects such as Concept of Operations (CONOPS) development and educational curriculum revitalization before proceeding to long-term technology acquisition.

Keywords: MUM-T, Air Superiority, NCW, Interoperability, Indonesian Air Force

1. Pendahuluan

Pembangunan kekuatan Tentara Nasional Indonesia Angkatan Udara (TNI AU) menuju postur yang AMPUH (Adaptif, Modern, Profesional, Unggul, Humanis) menuntut adanya penyesuaian signifikan terhadap dinamika lingkungan strategis global dan regional. Era kompetisi antar negara besar (*great power competition*) telah kembali mewarnai panggung geopolitik dunia, di mana calon lawan potensial telah secara signifikan mengembangkan kapabilitas *Anti-Access/Area Denial* (A2/AD). Kemampuan ini dirancang untuk menyangkal kebebasan manuver kekuatan udara konvensional di spektrum elektromagnetik dan ruang udara yang diperebutkan (Stringer, 2022).

Untuk mempertahankan keunggulan dalam medan tempur yang semakin kompleks, mematikan, dan ter-disrupsi ini, angkatan udara modern di seluruh dunia, termasuk Amerika Serikat dan sekutunya, secara masif mentransformasi doktrin dan operasi mereka. Pergeseran paradigma yang terjadi adalah dari operasi yang bertumpu pada keunggulan platform individu (*platform-centric*) menjadi keunggulan berbasis jaringan (*network-centric*). Dalam paradigma baru ini, teknologi seperti otonomi sistem, *data link* berkecepatan tinggi, dan kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*) menjadi kunci utama untuk meraih keunggulan tempur yang menentukan (Penney & Olsen, 2022).

Salah satu perwujudan paling mutakhir dan strategis dari pergeseran ini adalah konsep operasi *Manned-Unmanned Teaming* (MUM-T). MUM-T didefinisikan sebagai sebuah strategi operasi yang mensinkronkan dan mengolaborasikan platform berawak (*manned platforms*) dengan platform nirawak (*unmanned systems*) untuk mencapai tujuan misi bersama. Kolaborasi ini bertujuan untuk meningkatkan daya gempur (*lethality*) melalui perluasan jangkauan sensor dan senjata, serta meningkatkan daya tahan (*survivabilitas*) aset berawak dengan mendelegasikan misi berisiko tinggi kepada aset nirawak (Heatherington, 2022). Konsep ini sejalan dengan mandat TNI AU untuk melaksanakan tugas matra udara di bidang pertahanan dan menegakkan hukum serta menjaga keamanan di wilayah udara yurisdiksi nasional sebagaimana diamanatkan oleh Undang-Undang RI Nomor 34 Tahun 2004.

Namun demikian, di tengah desakan tren global yang begitu cepat, TNI AU dihadapkan pada kesenjangan kapabilitas (*capability gap*) yang signifikan dan multidimensi. Terdapat diskrepansi yang nyata antara kondisi ideal peperangan jaringan yang dicita-citakan dengan kondisi aktual (*das sein*) organisasi saat ini. Kesenjangan ini memunculkan serangkaian tantangan strategis yang perlu segera diidentifikasi dan diatasi.

Pertama, keterbatasan interoperabilitas alat peralatan pertahanan dan keamanan (alpalhankam) atau alat peralatan pertahanan dan keamanan (alpalhan). Keragaman alpalhankam yang dimiliki TNI AU, yang berasal dari berbagai blok negara produsen (Barat dan Timur), menjadi kendala teknis fundamental dalam mewujudkan jaringan tempur terpadu. Tantangan ini merupakan isu klasik dalam operasi koalisi, di mana perbedaan standar komunikasi, protokol data, dan arsitektur sistem seringkali menghambat efektivitas misi dan memerlukan solusi non-materiil untuk menjembatannya (Hura et al., 2000).

Kedua, tantangan dalam pengembangan kapabilitas otonom dan doktrin. Seringkali terjadi kesenjangan pemahaman antara kebutuhan operasional prajurit tempur di lapangan dengan kemampuan teknis para perekayasa teknologi. Hal ini diperparah

dengan belum adanya kerangka kerja, doktrin, dan konsep operasi (CONOPS) MUM-T yang baku di lingkungan TNI AU (Penney & Olsen, 2022). Tanpa panduan doktrinal yang jelas, integrasi teknologi baru berisiko berjalan tanpa arah.

Ketiga, kesenjangan kompetensi Sumber Daya Manusia (SDM). Penerapan MUM-T menuntut evolusi peran seorang penerbang tempur. Mereka tidak lagi cukup hanya menjadi seorang "pilot" yang mahir menerbangkan pesawat (*stick and rudder skills*), melainkan harus bertransformasi menjadi seorang "*battle manager*" yang mampu mengelola berbagai aset nirawak, memadukan data sensor, dan mengambil keputusan taktis yang kompleks dalam tempo tinggi. Perubahan ini menuntut adaptasi mendasar dalam sistem pendidikan dan latihan TNI AU untuk mendukung visi modernisasi pertahanan (Kementerian Pertahanan RI, 2015).

Rangkaian tantangan tersebut menunjukkan bahwa pendekatan konvensional yang memisahkan operasi platform berawak dan nirawak dalam "silo-silo" terpisah tidak lagi memadai untuk menghadapi ancaman modern. Oleh karena itu, penerapan dan pengembangan konsep operasi berbasis MUM-T menawarkan solusi strategis untuk menjembatani kesenjangan yang ada. Dengan mengintegrasikan Pesawat Terbang Tanpa Awak (PTTA) sebagai *force multiplier*, TNI AU dapat mengatasi keterbatasan jumlah platform, meningkatkan jangkauan sensor, dan meminimalisir risiko bagi personel.

Berdasarkan uraian tersebut penelitian ini bertujuan menganalisis implementasi MUM-T dalam pembangunan superioritas udara TNI AU melalui tiga fokus kajian, yaitu efektivitas konsep, kesiapan organisasi, dan strategi implementasi.

2. Tinjauan Pustaka

Perkembangan lingkungan strategis modern telah mengubah paradigma peperangan dari penggunaan platform tempur secara individual menuju sistem operasi yang saling terhubung melalui jaringan informasi. Pergeseran tersebut melahirkan konsep

Network Centric Warfare (NCW) yang dikembangkan oleh Alberts, Garstka, dan Stein (1999). NCW menjelaskan bahwa keunggulan tempur tidak lagi semata ditentukan oleh kemampuan masing-masing platform, tetapi oleh kemampuan seluruh elemen kekuatan untuk berbagi informasi secara cepat, akurat, dan berkesinambungan sehingga menghasilkan *shared situational awareness* yang mendukung kecepatan pengambilan keputusan.

Dalam perspektif NCW, superioritas informasi (*information superiority*) menjadi prasyarat utama untuk memperoleh superioritas udara. Keterhubungan antara sensor, pengambil keputusan, dan sistem senjata memungkinkan proses *Find, Fix, Track, Target, Engage*, dan *Assess* (F2T2EA) berlangsung lebih cepat dibandingkan siklus keputusan lawan. Dengan demikian, keberhasilan operasi udara modern bergantung pada kemampuan membangun jaringan yang mampu mengintegrasikan berbagai platform berawak maupun nirawak ke dalam satu sistem operasi yang terpadu.

Konsep *Manned-Unmanned Teaming* (MUM-T) merupakan implementasi langsung dari paradigma NCW. Dalam operasi tersebut, pesawat nirawak tidak hanya berfungsi sebagai wahana pengintai, tetapi juga menjadi bagian dari jaringan sensor, *electronic warfare*, hingga *strike support* yang mendukung pesawat berawak sebagai *battle manager*. Oleh karena itu, teori NCW digunakan sebagai *grand theory* untuk menjelaskan bagaimana integrasi informasi dapat meningkatkan efektivitas operasi udara sekaligus mempercepat siklus pengambilan keputusan pada lingkungan tempur yang kompleks.

Implementasi MUM-T tidak hanya bergantung pada teknologi platform, tetapi juga pada kemampuan mengintegrasikan berbagai sistem yang memiliki fungsi, organisasi, dan karakteristik berbeda. Kondisi tersebut dijelaskan melalui *System of Systems* (SoS) Theory yang dikemukakan oleh Maier (1998). Teori ini memandang bahwa suatu kapabilitas strategis dibangun melalui kolaborasi sejumlah sistem

independen yang tetap memiliki fungsi masing-masing, tetapi mampu menghasilkan kemampuan baru ketika diintegrasikan.

Dalam konteks operasi udara, pesawat tempur, pesawat nirawak, radar, sistem komando dan kendali (*Command and Control*), *data link*, satelit komunikasi, hingga pusat operasi udara merupakan subsistem yang harus bekerja secara simultan. Keberhasilan MUM-T tidak ditentukan oleh kecanggihan salah satu platform, melainkan oleh interoperabilitas seluruh subsistem tersebut.

Perspektif SoS menjadi relevan bagi TNI AU karena struktur alpalhan yang dimiliki berasal dari berbagai negara produsen dengan standar komunikasi dan arsitektur sistem yang berbeda. Perbedaan tersebut berpotensi menghambat pertukaran data secara real-time sehingga mengurangi efektivitas operasi gabungan. Oleh sebab itu, teori SoS digunakan untuk menganalisis tingkat kesiapan organisasi, interoperabilitas alpalhan, serta tantangan integrasi sistem yang menjadi prasyarat implementasi MUM-T.

Transformasi organisasi akibat adopsi teknologi baru tidak hanya dipengaruhi oleh kemampuan teknologi itu sendiri, tetapi juga oleh bagaimana organisasi mengadaptasi teknologi tersebut ke dalam struktur, budaya, serta proses pengambilan keputusan. Pendekatan tersebut dijelaskan melalui *Adaptive Structuration Theory* (AST) yang dikembangkan oleh DeSanctis dan Poole (1994).

AST menjelaskan bahwa hubungan antara teknologi dan organisasi bersifat timbal balik. Teknologi akan memengaruhi pola kerja organisasi, sementara organisasi juga membentuk cara teknologi dimanfaatkan melalui doktrin, prosedur, pelatihan, dan budaya kerja. Dengan demikian, keberhasilan implementasi MUM-T tidak cukup dilakukan melalui pengadaan platform nirawak, tetapi memerlukan perubahan konseptual berupa penyusunan doktrin, konsep operasi (*Concept of Operations/CONOPS*), organisasi, pendidikan, serta latihan yang mendukung pola operasi baru.

Dalam penelitian ini, AST digunakan untuk merumuskan rekomendasi kebijakan mengenai transformasi organisasi TNI AU agar mampu mengadopsi MUM-T secara bertahap sesuai kebutuhan operasional dan perkembangan teknologi.

Kajian mengenai MUM-T berkembang sangat pesat dalam beberapa tahun terakhir seiring meningkatnya penggunaan sistem nirawak pada berbagai konflik modern. Heatherington (2022) menjelaskan bahwa kolaborasi antara platform berawak dan nirawak mampu meningkatkan efektivitas tempur melalui pembagian fungsi sensor, *electronic warfare*, dan serangan sehingga risiko terhadap awak pesawat dapat dikurangi secara signifikan.

Penney dan Olsen (2022) menekankan bahwa keberhasilan implementasi MUM-T di Angkatan Udara Amerika Serikat tidak hanya ditentukan oleh perkembangan teknologi, tetapi juga oleh perubahan doktrin, organisasi, serta sistem pendidikan penerbang. Studi tersebut menunjukkan bahwa transformasi organisasi merupakan faktor yang sama pentingnya dengan modernisasi alpalhankam.

Perkembangan tersebut semakin diperkuat oleh program *Collaborative Combat Aircraft* (CCA) yang dijelaskan Hadley (2024). Program tersebut menunjukkan arah pembangunan kekuatan udara masa depan, yaitu penggunaan pesawat nirawak otonom sebagai *loyal wingman* yang mampu mendukung pesawat tempur generasi kelima dan keenam dalam melaksanakan berbagai misi berisiko tinggi.

Sementara itu, berbagai penelitian mengenai konflik Rusia-Ukraina menunjukkan bahwa penggunaan wahana nirawak telah mengubah karakter peperangan modern. Ucko dan Renz (2024) menjelaskan bahwa integrasi drone dengan sistem komando, sensor, dan artileri mampu mempercepat siklus keputusan sekaligus meningkatkan efektivitas serangan presisi. Temuan serupa disampaikan DeVore (2023) yang menyatakan bahwa keberhasilan operasi drone lebih banyak dipengaruhi oleh kemampuan integrasi jaringan dibandingkan spesifikasi teknis platform semata.

Meskipun demikian, sebagian besar penelitian tersebut berfokus pada pengembangan teknologi, taktik operasi, maupun implementasi MUM-T di negara-

negara maju. Penelitian yang mengkaji kesiapan organisasi, interoperabilitas alpalhan multivendor, serta implikasi kebijakan implementasi MUM-T dalam konteks pembangunan kekuatan udara TNI AU masih sangat terbatas.

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

Penulis	Fokus	Temuan	Kesenjangan
Heatherington (2022)	MUM-T	Efektivitas operasi	Tidak membahas kesiapan organisasi
Penney & Olsen (2022)	USAF	Doktrin	Tidak membahas interoperabilitas
Hadley (2024)	CCA	Loyal Wingman	Tidak membahas implementasi di Indonesia
Ucko & Renz (2024)	Ukraina	Drone Warfare	Tidak membahas transformasi organisasi

Sumber: Diolah oleh penulis

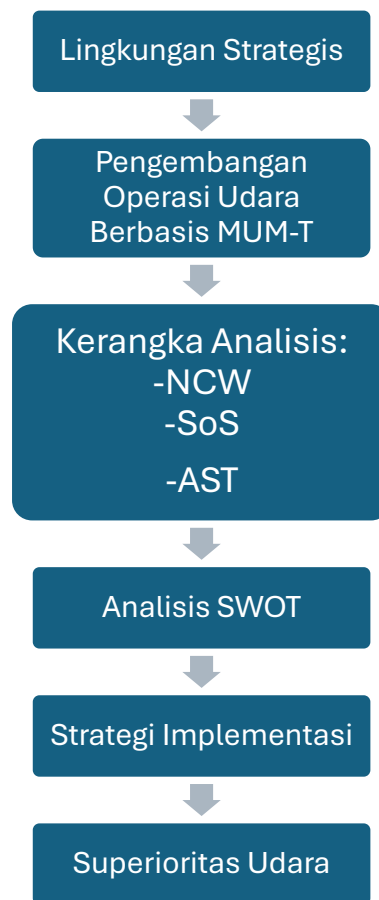
Berdasarkan telaah pustaka, terdapat kesenjangan penelitian (*research gap*) yang menjadi dasar dilaksanakannya penelitian ini. Penelitian sebelumnya umumnya menitikberatkan pada aspek teknologi, pengembangan platform nirawak, maupun konsep operasi yang diterapkan oleh negara-negara dengan sistem pertahanan udara yang telah sepenuhnya berbasis jaringan. Sebaliknya, masih sedikit penelitian yang menganalisis bagaimana konsep MUM-T dapat diterapkan pada organisasi angkatan udara yang menghadapi tantangan interoperabilitas alpalhan, keterbatasan doktrin, serta kesiapan sumber daya manusia sebagaimana dialami TNI AU.

Selain itu, penelitian terdahulu belum banyak mengintegrasikan perspektif teknologi, organisasi, dan kebijakan dalam satu kerangka analisis yang komprehensif. Padahal implementasi MUM-T tidak hanya merupakan persoalan modernisasi alpalhankam,

tetapi juga memerlukan perubahan doktrin, organisasi, pendidikan, serta tata kelola sistem pertahanan udara.

Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan pendekatan multidisiplin dengan mengintegrasikan *Network Centric Warfare* sebagai *grand theory*, *System of Systems* sebagai *middle theory*, dan *Adaptive Structuration Theory* sebagai *operational theory*. Ketiga teori tersebut digunakan untuk menganalisis efektivitas konsep MUM-T, mengevaluasi tingkat kesiapan organisasi TNI AU, serta merumuskan strategi implementasi yang sesuai dengan kondisi nasional melalui analisis SWOT.

Kerangka pemikiran penelitian ini berangkat dari perubahan lingkungan strategis yang ditandai oleh meningkatnya ancaman *Anti-Access/Area Denial* (A2/AD). Kondisi tersebut menuntut transformasi operasi udara menuju sistem berbasis jaringan melalui implementasi MUM-T. Keberhasilan implementasi selanjutnya dianalisis berdasarkan aspek interoperabilitas sistem, kesiapan organisasi, sumber daya manusia, dan kebijakan, sehingga menghasilkan rekomendasi strategi pengembangan operasi udara TNI AU yang mampu mendukung terwujudnya superioritas udara secara berkelanjutan.



Gambar 2.1 Kerangka Berpikir

Sumber: Diolah oleh penulis

3. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kualitatif deskriptif untuk menganalisis pengembangan konsep *Manned-Unmanned Teaming* (MUM-T) dalam pembangunan superioritas udara TNI Angkatan Udara. Pendekatan ini dipilih karena mampu memberikan pemahaman yang komprehensif terhadap fenomena yang melibatkan aspek teknologi, organisasi, doktrin, dan kebijakan secara terpadu.

Data penelitian merupakan data sekunder yang diperoleh melalui studi kepustakaan (*library research*). Sumber data meliputi dokumen kebijakan dan strategi pertahanan nasional, peraturan perundang-undangan yang relevan, doktrin militer, jurnal ilmiah

nasional maupun internasional, laporan lembaga riset pertahanan, serta publikasi mengenai perkembangan teknologi dan implementasi MUM-T di berbagai negara.

Pengumpulan data dilakukan melalui identifikasi, seleksi, dan telaah kritis terhadap berbagai sumber yang memiliki relevansi dengan fokus penelitian. Selanjutnya, data diklasifikasikan berdasarkan tema-tema utama yang berkaitan dengan efektivitas operasi udara, kesiapan organisasi, interoperabilitas alpalhan, sumber daya manusia, serta kebijakan pengembangan MUM-T di lingkungan TNI AU.

Analisis data dilakukan secara kualitatif melalui tiga tahapan. Pertama, reduksi data untuk memilih informasi yang sesuai dengan tujuan penelitian. Kedua, penyajian data secara tematik berdasarkan fokus kajian penelitian. Ketiga, penarikan kesimpulan melalui interpretasi terhadap hubungan antar-temuan sehingga diperoleh rekomendasi pengembangan operasi udara berbasis MUM-T.

Sebagai kerangka analisis, penelitian ini menggunakan tiga perspektif teoretis yang telah diuraikan pada bagian tinjauan pustaka. Network Centric Warfare (NCW) digunakan untuk menganalisis kontribusi MUM-T terhadap peningkatan efektivitas operasi udara melalui *information superiority* dan percepatan *kill chain*. System of Systems (SoS) digunakan untuk mengevaluasi kesiapan interoperabilitas organisasi dan alpalhan dalam mendukung implementasi MUM-T. Selanjutnya, Adaptive Structuration Theory (AST) digunakan untuk menganalisis kebutuhan transformasi organisasi, doktrin, dan sumber daya manusia sebagai prasyarat implementasi MUM-T di TNI AU.

Hasil analisis tersebut kemudian dipadukan dengan analisis SWOT untuk mengidentifikasi faktor internal dan eksternal yang memengaruhi implementasi MUM-T. Sintesis dari keseluruhan analisis digunakan sebagai dasar dalam merumuskan strategi dan rekomendasi kebijakan pengembangan operasi udara berbasis MUM-T guna mendukung pembangunan superioritas udara TNI AU.

4. Hasil dan Diskusi

4.1 Konsep MUM-T Menjawab Tantangan Efektivitas dan Survivabilitas

Pertanyaan kajian pertama berupaya menjawab bagaimana konsep MUM-T dapat mengatasi tantangan efektivitas tempur dan survivabilitas dalam operasi udara modern. Pembahasan ini dilakukan dengan menganalisis aplikasi prinsip-prinsip *Network Centric Warfare* (NCW) dalam konteks operasi gabungan berawak-nirawak.

Peningkatan Efektivitas melalui Akselerasi Kill Chain

Analisis menggunakan kerangka teori NCW menunjukkan bahwa MUM-T menawarkan solusi fundamental untuk meningkatkan efektivitas tempur. Dalam jaringan MUM-T, siklus kill chain F2T2EA (Find, Fix, Track, Target, Engage, Assess) dapat dipercepat secara radikal.

Platform nirawak (PTTA) yang memiliki *endurance* tinggi dan profil *low observable* difungsikan sebagai sensor depan untuk melaksanakan fungsi *Find*, *Fix*, dan *Track* secara terus-menerus di area berisiko tinggi. Data target yang diperoleh kemudian ditransfer secara *real-time* melalui jaringan *data link* taktis kepada pesawat berawak yang bertindak sebagai *shooter* atau *battle manager* di posisi yang aman. Pesawat berawak kemudian melaksanakan fungsi *Target* dan *Engage* dengan presisi tinggi. Setelah serangan, fungsi *Assess* atau *Battle Damage Assessment* (BDA) dapat kembali dilakukan oleh PTTA.

Distribusi tugas ini menciptakan *Shared Situational Awareness* (SSA) yang unggul. Pilot pesawat tempur tidak lagi terbatas pada jangkauan sensor *on-board* pesawatnya sendiri, melainkan memiliki "mata" tambahan yang dapat melihat melampaui cakrawala. Hal ini secara drastis memangkas waktu yang dibutuhkan untuk mengambil keputusan (*speed of command*) dan meningkatkan tempo operasi, sehingga musuh tidak memiliki waktu untuk bereaksi (Alberts et al., 1999).

Peningkatan Survivabilitas melalui Delegasi Risiko

Dari sisi survivabilitas, MUM-T memungkinkan penerapan konsep pendelegasian risiko yang revolusioner. Dalam lingkungan A2/AD yang mematikan, mengirim pesawat tempur berawak untuk menembus pertahanan udara musuh adalah tindakan yang berisiko sangat tinggi bagi keselamatan awak pesawat dan kelangsungan aset bernilai tinggi (high value asset).

Dengan MUM-T, peran berbahaya seperti *Suppression of Enemy Air Defenses* (SEAD) atau pengintaian taktis jarak dekat (*close-in reconnaissance*) didelegasikan kepada platform nirawak yang bersifat *attritable* (dapat dikorbankan) atau *expendable*. PTTA dapat berperan sebagai umpan (*decoy*) untuk memancing radar musuh, melakukan serangan *jamming stand-in*, atau bahkan melakukan serangan kinetik awal untuk membuka koridor aman bagi pesawat berawak.

Hal ini sejalan dengan tren pengembangan teknologi global, seperti program *Collaborative Combat Aircraft* (CCA) di Amerika Serikat dan MQ-28A *Ghost Bat* di Australia (Hadley, 2024; Boeing Australia, 2025). Program-program ini bertujuan mengembangkan "loyal wingman" cerdas yang dapat beroperasi bersama pesawat tempur generasi ke-5 dan ke-6, memberikan lapisan perlindungan dan daya gempur tambahan.

4.2 Kesiapan Organisasi, SDM, dan Alpalhan TNI AU

Pertanyaan kajian kedua mengevaluasi sejauh mana kesiapan TNI AU saat ini dalam mengadopsi konsep operasi berbasis MUM-T. Analisis menggunakan teori *System of Systems* (SoS) mengungkapkan bahwa kesiapan TNI AU saat ini masih berada pada tahap awal dan bersifat parsial. TNI AU memiliki komponen-komponen sistem yang kuat secara individu (seperti skadron tempur dan skadron PTTA), namun belum terintegrasi sebagai satu kesatuan sistem yang koheren.

Kesiapan Organisasi: Tantangan "Silo" Operasional

Teori SoS menyoroti pentingnya integrasi manajerial dan operasional. Saat ini, Skadron Udara Tempur (misalnya Skadron 3, 14, 16) dan Skadron Udara PTTA (Skadron 51, 52) beroperasi dalam kultur "silo" yang terpisah. Masing-masing satuan memiliki doktrin turunan, prosedur operasional, dan siklus latihan yang berbeda dan berjalan sendiri-sendiri.

Belum ada struktur organisasi atau mekanisme latihan gabungan yang secara rutin memfasilitasi operasi terintegrasi antara kedua jenis satuan ini di level taktis. Komunikasi dan pertukaran data antar-satuan seringkali masih dilakukan secara manual dan berjenjang melalui komando atas, bukan melalui koneksi *data link* langsung (*machine-to-machine*) yang *real-time*. Ketiadaan integrasi horizontal ini menghambat terbentuknya sinergi operasional yang menjadi inti dari MUM-T.

Kesiapan Sumber Daya Manusia (SDM): Kesenjangan Kompetensi

Terdapat kesenjangan paradigma pelatihan SDM yang signifikan. Kurikulum pendidikan penerbang di TNI AU saat ini sebagian besar masih berorientasi platform-centric, yang fokus pada penguasaan keterampilan teknis mengendalikan satu jenis pesawat (*stick and rudder skills*).

Sementara itu, konsep MUM-T menuntut kompetensi baru yang jauh lebih kompleks. Seorang penerbang dalam formasi MUM-T harus bertindak sebagai *battle manager* atau "komandan misi di udara". Ia dituntut memiliki kemampuan kognitif untuk mengelola pergerakan aset nirawak pendamping, memadukan data dari berbagai sensor, dan mengambil keputusan taktis dalam lingkungan jaringan yang dinamis, sembari tetap menerbangkan pesawatnya sendiri. Kompetensi manajemen pertempuran multi-aset ini belum sepenuhnya terakomodasi dalam silabus pendidikan dan latihan saat ini.

Kesiapan Alpalhan: Tantangan Interoperabilitas

Tantangan terbesar dan paling fundamental dari perspektif teknik dan SoS adalah keberagaman platform alpalhan (interoperabilitas). Sesuai data yang dihimpun, TNI AU mengoperasikan berbagai jenis pesawat tempur dari blok Barat (F-16, Hawk 100/200, T-50i) dan blok Timur (Su-27/30), serta PTTA dari berbagai negara produsen (CH-4 dari Tiongkok, Aerostar dari Israel).

Setiap platform ini memiliki standar *data link*, protokol komunikasi, dan arsitektur avionik yang berbeda-beda dan seringkali bersifat *proprietary* (tertutup). Misalnya, F-16 menggunakan Link-16 standar NATO, sementara Su-27/30 menggunakan sistem komunikasi standar Rusia. Keduanya tidak dapat saling bertukar data secara langsung. Demikian pula dengan PTTA yang memiliki sistem *ground control* yang terpisah. Ketiadaan "bahasa teknis" yang sama ini menciptakan hambatan arsitektural yang serius bagi pertukaran data secara *seamless* dan *real-time*, yang merupakan prasyarat mutlak bagi keberhasilan operasi MUM-T (Hura et al., 2000).

Analisis SWOT: Identifikasi Posisi Strategis

Berdasarkan pemetaan kondisi di atas, analisis SWOT mengidentifikasi faktor-faktor kunci sebagai berikut:

- **Kekuatan (Strengths):** SDM penerbang tempur yang profesional dan berpengalaman (S1), pengalaman operasional PTTA dalam misi ISR (S2).
- **Kelemahan (Weaknesses):** Keberagaman platform alpalhan yang menghambat interoperabilitas (W1), ketiadaan *software* baku berupa doktrin/CONOPS MUM-T (W2), paradigma pelatihan SDM yang masih *platform-centric* (W3), keterbatasan anggaran (W4).
- **Peluang (Opportunities):** Kemajuan teknologi global di bidang AI dan otonomi (O1), kebijakan pemerintah mendukung kemandirian industri pertahanan (O2), tersedianya *lesson learned* dari konflik kontemporer seperti Rusia-Ukraina (O3).

- **Ancaman (Threats):** Modernisasi kekuatan udara negara kawasan yang pesat (T1), proliferasi sistem pertahanan udara canggih (A2/AD) (T2).

Interaksi antara faktor-faktor ini mengarahkan pada pemilihan **Grand Strategy W-O (Weaknesses-Opportunities)**, yaitu strategi yang memprioritaskan pemanfaatan peluang eksternal untuk menutupi dan memperbaiki kelemahan internal organisasi.

4.3 Rekomendasi Kebijakan: Implementasi Strategi W-O

Berdasarkan analisis SWOT dan panduan teori Strukturasi Adaptif (AST), dirumuskan serangkaian rekomendasi kebijakan yang bersifat holistik dan bertahap. Pendekatan ini menekankan pada pembangunan aspek non-materiil (*software* dan *brainware*) sebagai fondasi sebelum melangkah ke aspek materiil (*hardware*) jangka panjang.

Pengembangan Konsep Operasi (CONOPS) MUM-T

Untuk mengatasi kelemahan ketiadaan doktrin (W2), TNI AU perlu secara proaktif memanfaatkan peluang berupa lesson learned dari konflik kontemporer (O3). Direkomendasikan pembentukan Kelompok Kerja (Pokja) gabungan lintas-sektoral (Sopsau, Diskomlekau, Skadron, Seskoau) untuk merumuskan Naskah Awal Konsep Operasi (CONOPS) MUM-T TNI AU.

Dokumen ini akan menjadi landasan konseptual yang "hidup", menjabarkan secara detail taktik, teknik, dan prosedur (TTP) integrasi aset berawak dan nirawak. Penyusunan CONOPS tidak dimulai dari nol, melainkan mengadopsi dan mengadaptasi praktik terbaik (*best practices*) dari angkatan udara negara maju dan pelajaran dari medan tempur modern seperti penggunaan drone di Ukraina.

Pembentukan Unit Eksperimental (Experimental Unit)

Guna mempercepat proses adaptasi organisasi dan teknologi secara bottom-up (sesuai prinsip AST), direkomendasikan pembentukan "Unit Eksperimental MUM-T"

atau "Sel Uji Coba" di tingkat skadron operasional. Unit ini, yang dapat dibentuk di Skadron Udara 16 atau Skadron Udara 3, berfungsi sebagai wadah inkubator bagi para penerbang dan operator PTTA untuk berkolaborasi secara langsung.

Tugas utama unit ini adalah menguji coba draf TTP yang disusun oleh Pokja CONOPS, melakukan eksperimentasi taktik menggunakan simulator, dan memberikan umpan balik praktis untuk penyempurnaan doktrin. Pendekatan ini memungkinkan terjadinya proses *appropriation*, di mana pengguna langsung menyesuaikan teknologi dengan kultur dan kebutuhan operasional nyata di lapangan.

Revitalisasi Kurikulum Pendidikan dan Pelatihan

Untuk mengatasi kesenjangan kompetensi SDM (W3), kurikulum di lembaga pendidikan strategis TNI AU (AAU, Sekbang, Seskoau) harus direvisi dan dimutakhirkan. Materi-materi baru yang relevan harus diintegrasikan, seperti pengenalan sistem nirawak, konsep peperangan berbasis jaringan (*network-centric warfare*), manajemen pertempuran multi-aset, dan etika penggunaan kecerdasan buatan (AI).

Selain itu, metode pelatihan harus bergeser dari latihan konvensional menuju pemanfaatan teknologi simulasi canggih. Direkomendasikan pengadaan dan penggunaan sistem pelatihan berbasis LVC (*Live-Virtual-Constructive*). Teknologi ini memungkinkan integrasi antara pesawat asli yang sedang terbang (*Live*), simulator di darat (*Virtual*), dan entitas yang digerakkan oleh komputer (*Constructive*) dalam satu skenario latihan yang sama. LVC menawarkan solusi efisien (mengatasi W4/anggaran) untuk melatih skenario MUM-T yang kompleks dan masif tanpa harus mengerahkan seluruh aset secara fisik (Tirpak, 2022).

Penetapan Interoperabilitas sebagai Syarat Mutlak Akuisisi

Untuk mengatasi masalah fundamental keberagaman platform dan rendahnya interoperabilitas (W1) dalam jangka panjang, Mabesau perlu menetapkan kebijakan strategis dalam pengadaan alpalhankam. Kebijakan ini harus menegaskan bahwa interoperabilitas dan arsitektur sistem terbuka (open architecture) adalah syarat teknis mutlak yang tidak dapat ditawar dalam setiap kontrak pengadaan alpalhankam masa depan, baik pesawat tempur maupun PTTA.

Kebijakan ini harus didukung dengan sinergi antara TNI AU (sebagai *user*), Kementerian Pertahanan (sebagai *regulator*), dan Industri Pertahanan Nasional (sebagai penyedia solusi). Industri dalam negeri, seperti PT Len Industri dan PT Dirgantara Indonesia, harus didorong dan diberdayakan (memanfaatkan O2) untuk mengembangkan teknologi kunci seperti *gateway data link* nasional yang mampu menjembatani komunikasi antar-platform yang berbeda (barat dan timur), serta mengembangkan platform PTTA tempur (*combat drone*) yang sejak awal didesain sesuai dengan arsitektur jaringan TNI AU.

5. KESIMPULAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa konsep *Manned-Unmanned Teaming* (MUM-T) secara fundamental mampu menjawab tantangan efektivitas dan survivabilitas operasi udara TNI AU dalam menghadapi lingkungan strategis modern yang diwarnai ancaman A2/AD. MUM-T bukan sekadar penambahan alat, melainkan sebuah transformasi cara bertempur yang menawarkan keunggulan melalui percepatan siklus keputusan dan pendelegasian risiko.

Namun, implementasi konsep ini dihadapkan pada realitas tingkat kesiapan organisasi yang masih parsial dan belum terintegrasi. Tiga hambatan utama yang teridentifikasi adalah ketiadaan doktrin/CONOPS yang baku, kesenjangan kompetensi SDM yang masih berorientasi *platform-centric*, dan rendahnya interoperabilitas teknis akibat keberagaman alpalhan.

Oleh karena itu, transformasi menuju kekuatan udara berbasis MUM-T tidak dapat dilakukan secara instan hanya melalui pembelian alpalhankam canggih semata. Diperlukan pendekatan strategis yang terukur dan bertahap berbasis *Grand Strategy* W-O. Prioritas utama harus diarahkan pada pembenahan aspek non-materiil (*software* dan *brainware*) melalui pengembangan CONOPS, pembentukan unit eksperimental, dan revitalisasi pendidikan SDM. Secara paralel, kebijakan akuisisi yang ketat terhadap standar interoperabilitas harus diterapkan untuk membangun fondasi aspek materiil (*hardware*) jangka panjang.

Langkah-langkah ini krusial untuk memastikan bahwa investasi pertahanan yang dilakukan tidak sia-sia dan TNI AU mampu bertransformasi menjadi angkatan udara yang adaptif, modern, dan memiliki daya gentar (*deterrence*) yang kredibel dalam menjaga kedaulatan negara di masa depan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Buku

- Alberts, D.S., Garstka, J.J., & Stein, F.P. (1999). *Network Centric Warfare: Developing and Leveraging Information Superiority* (2nd ed.). Washington, DC: C4ISR Cooperative Research Program.
- Alberts, D.S., & Hayes, R.E. (2007). *Network Centric Warfare: What's the Point?* Washington, DC: CCRP Publication Series.
- Cook, M.L. (2021). *The Air Force Way of War*. Maxwell AFB, AL: Air University Press.
- Raditio, H. (2024). *Geopolitik dan Tantangan Pertahanan Indonesia di Era Modern*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Smith, E.A. (2003). *Effects Based Operations: Applying Network Centric Warfare in Peace, Crisis, and War*. Washington, DC: CCRP Publication Series.

2. Jurnal

- Baker, J. (2012). The Technology–Organization–Environment Framework. Dalam *Information Systems Theory* (pp. 231–245). Springer.
- DeSanctis, G., & Poole, M.S. (1994). Capturing the Complexity in Advanced Technology Use: Adaptive Structuration Theory. *Organization Science*, 5(2), 121–147.
- Maier, M.W. (1998). Architecting Principles for Systems-of-Systems. *Systems Engineering*, 1(4), 267–284.
- Orlikowski, W.J. (2000). Using Technology and Constituting Structures: A Practice Lens for Studying Technology in Organizations. *Organization Science*, 11(4), 404–428.

3. Sumber Dokumen

- Heatherington, D. (2022). *The Manned-Unmanned Teaming Revolution*. The Mitchell Institute for Aerospace Studies.
- Hura, M., et al. (2000). *Interoperability: A Continuing Challenge in Coalition Air Operations*. RAND Corporation.
- Johnson, D.E. (2021). *Mosaic Warfare: Exploiting Artificial Intelligence and Autonomous Systems to Implement Decision-Centric Operations*. RAND Corporation.
- Jones, S.G., Bair, J., & McCabe, R. (2021). *The Nagorno-Karabakh War and the Future of Drone Warfare*. Center for Strategic and International Studies.
- Kementerian Pertahanan RI. (2015). *Buku Putih Pertahanan Indonesia*. Kementerian Pertahanan.
- Penney, D., & Olsen, J. (2022). *Restoring the Combat Credibility of the U.S. Air Force*. The Mitchell Institute for Aerospace Studies.
- TNI Angkatan Udara. (2011). *Petunjuk Dasar Operasi Udara*. Markas Besar TNI Angkatan Udara.

TNI Angkatan Udara. (2019). *Doktrin TNI AU Swa Bhuwana Paksa*. Markas Besar TNI Angkatan Udara.

U.S. Joint Chiefs of Staff. (2013). *JP 3-60: Joint Targeting*. Joint Staff.

4. Media Online

Boeing Australia. (2025). *MQ-28A Ghost Bat: Program Update*.

CAE Inc. (2024). *Geospatial Environment for Synthetic Information (GESI)*.

Collins Aerospace. (2024). *SCi-Toolset: Simulation and Training Solutions*.

DeVore, M. (2023). *Drones in Ukraine: A Glimpse of the Future of War?* Foreign Policy Research Institute.

Hadley, G. (2024). *Five Companies Win Air Force Contracts for Collaborative Combat Aircraft*. *Air & Space Forces Magazine*.

Kopp, C. (2011). *Assessing the Sukhoi Su-35S*. Air Power Australia.

Stringer, K. (2022). *The A2/AD Challenge in the Indo-Pacific*. Center for a New American Security.

Tirpak, J.A. (2022). *Live, Virtual, Constructive Training Will Define the Future of Air Combat*. *Air & Space Forces Magazine*.

Ucko, D.H., & Renz, B. (2024). *The FPV Drone: A New Mainstay of the Ukrainian Battlefield*. Royal United Services Institute.

5. Peraturan Perundang-Undangan

Indonesia. (2002). *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 3 Tahun 2002 tentang Pertahanan Negara*.

Indonesia. (2004). *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 34 Tahun 2004 tentang Tentara Nasional Indonesia*.

Tentang Penulis



Penulis bernama lengkap Yubie Kinara Wangsa. Pada saat tulisan ini dibuat, penulis berpangkat Mayor dengan Korps Teknik dan spesialisasi TPT. Dilahirkan di Jakarta pada tanggal 9 Desember 1985 sebagai anak ke-1 dari 3 bersaudara, Penulis menyelesaikan pendidikan sekolah dasar pada tahun 1998 di SDN Maospati III, kemudian melanjutkan ke SLTPN I Maospati tamat tahun 2001, menyelesaikan pendidikan SMUN Maospati pada tahun 2004. Penulis menyelesaikan pendidikan tinggi Sarjana di Institut Teknologi Bandung tahun 2013 dan pendidikan Pasca Sarjana di University of New South Wales tahun 2024. Pendidikan militer pertama penulis dimulai dari Akademi Angkatan Udara dan dilantik pada tahun 2007 dengan pangkat Letnan Dua. Pendidikan Militer yang pernah penulis ikuti diantaranya adalah Sekkau A-105 di Jakarta pada tahun 2019, Australian Command and Staff School (Capability Management) pada tahun 2024 dan Seskoau A-63 di Lembang pada tahun 2025. Penulis menikah dengan Yenni Pramitasari, Amd. Kep dan dikaruniai dua orang anak yang bernama Afif Abdurrahman Zakki Kinaraputra dan Nada Azzahra Kinaraputri. Saat penulisan naskah ini, keluarga bertempat tinggal di Semarang.