



Analisis *Network Centric Warfare* dalam Integrasi Sistem Komando dan Kendali TNI Angkatan Udara: Tantangan Armada Multivendor dan Ketahanan Jaringan

(Assessing Network Centric Warfare Maturity in the Integration of the Indonesian Air Force Command and Control System: The Challenges of a Multi-Vendor Fleet and Network Resilience)

Ahmad Ilham Fahrissal^{1*}

¹Universitas Pertahanan Republik Indonesia

* ilhamkach@gmail.com

Abstrak. Konsep *Network Centric Warfare* (NCW) menuntut integrasi sensor, pengambil keputusan, dan unsur pelaksana ke dalam satu jaringan informasi. Kajian tentang NCW di Indonesia umumnya berhenti pada pernyataan bahwa integrasi "belum optimal" tanpa ukuran kematangan yang jelas dan tanpa memperhitungkan kondisi khas TNI Angkatan Udara (TNI AU), yaitu armada yang berasal dari banyak negara pemasok. Penelitian ini bertujuan menilai tingkat kematangan integrasi sistem komando dan kendali (K2) TNI AU, menjelaskan faktor penghambatnya, dan merumuskan strategi penguatan. Metode yang digunakan adalah analisis kualitatif berbasis dokumen terhadap literatur ilmiah, doktrin, dan sumber resmi, dengan bukti yang dikelompokkan menurut tingkat keandalannya. Penilaian memakai Model Kematangan K2 NATO (N2C2M2) pada empat ranah NCW, yaitu fisik, informasi, kognitif, dan sosial, yang kemudian diturunkan menjadi strategi melalui matriks SWOT-TOWS. Hasil telaah menunjukkan bahwa integrasi K2 TNI AU diperkirakan berada pada tingkat terdekonflik hingga terkoordinasi. Hambatan terbesar berada pada ranah informasi: platform dari blok pemasok berbeda tidak dapat bertukar data secara langsung, dan akses terhadap data link asing dibatasi oleh negara pemasok. Kebaruan artikel ini terletak pada tiga hal: penilaian kematangan berbasis bukti per ranah, konsep "utang integrasi" yang lahir dari diversifikasi pemasok, dan prinsip degradasi terkendali agar jaringan K2 tetap berfungsi saat terganggu. Penelitian ini merekomendasikan lapisan interoperabilitas berdaulat berupa standar data link dan *gateway* nasional, peta jalan bertahap dengan indikator gerbang, serta latihan operasi dalam kondisi jaringan terdegradasi.

Kata kunci: *Network Centric Warfare*; komando dan kendali; kematangan K2; interoperabilitas; armada multivendor; ketahanan jaringan; TNI Angkatan Udara

Abstract. *Network Centric Warfare* (NCW) requires sensors, decision makers, and shooters to be integrated into a single information network. Studies of NCW in Indonesia generally stop at stating that integration is "not yet optimal," without a clear maturity measure and without accounting for a defining feature of the Indonesian Air Force (TNI AU): a fleet sourced from many supplier countries. This study assesses the maturity of TNI AU command and control (C2) integration, explains its constraints, and formulates strengthening strategies. It applies qualitative document analysis to scholarly literature, doctrine, and official sources, with evidence graded by reliability. The assessment uses the NATO NEC C2 Maturity Model (N2C2M2) across the four NCW domains (physical, information, cognitive, and social), and strategies are derived through a SWOT-TOWS matrix. The review finds that TNI AU C2 integration is likely between the de-conflicted and coordinated levels. The main constraints lie in the information

domain: platforms from different supplier blocs cannot exchange data directly, and access to foreign data links is restricted by supplier states. The article contributes an evidence-based, domain-level maturity assessment, the concept of an "integration debt" created by supplier diversification, and a principle of controlled degradation so that the C2 network remains functional when disrupted. It recommends a sovereign interoperability layer based on a national data link standard and gateway, a phased roadmap with gate indicators, and exercises under degraded network conditions.

Keywords: *Network Centric Warfare; command and control; C2 maturity; interoperability; multi-vendor fleet; network resilience; Indonesian Air Force*

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi informasi, komunikasi, komputasi, dan sensor telah mengubah peperangan modern menuju operasi yang semakin terintegrasi, cepat, dan berbasis jaringan. Keunggulan militer tidak lagi semata-mata ditentukan oleh jumlah dan kualitas alutsista, tetapi juga oleh kemampuan mengumpulkan, mengolah, mendistribusikan, dan memanfaatkan informasi untuk mendukung pengambilan keputusan. Transformasi ini melahirkan konsep *Network Centric Warfare* (NCW), yang menempatkan jaringan informasi sebagai sumber keunggulan operasional melalui integrasi sensor, pengambil keputusan, dan unsur pelaksana (Cebrowski & Garstka, 1998; Alberts et al., 1999).

Literatur internasional menunjukkan bahwa manfaat NCW tidak datang secara otomatis. Jaringan meningkatkan kecepatan dan kualitas informasi, tetapi juga menimbulkan ketergantungan baru dan peluang bagi lawan untuk mengganggu atau menipu (Ferris, 2004; Gartzke & Lindsay, 2015). Keberhasilan adopsi juga sangat bergantung pada praktik organisasi dalam mengelola informasi, bukan hanya pada teknologi yang dibeli (Lindsay, 2020). Selain itu, kemampuan suatu negara mengadopsi inovasi militer ditentukan oleh kapasitas finansial dan modal organisasinya (Horowitz, 2010). Bagi negara berkekuatan menengah, persoalannya bukan apakah NCW perlu diadopsi, melainkan sampai tingkat mana dan dengan cara apa.

Sebagai komponen utama pertahanan udara nasional, TNI Angkatan Udara (TNI AU) bertanggung jawab menjaga kedaulatan wilayah udara melalui Operasi Militer untuk Perang (OMP) maupun Operasi Militer Selain Perang (OMSP). Wilayah udara kepulauan yang luas menuntut sistem komando dan kendali (K2) yang mampu

mengintegrasikan sensor, pusat komando, dan unsur pelaksana secara cepat dan berkelanjutan (Mabesau, 2019). Beberapa perkembangan terbaru membuat persoalan ini semakin mendesak. Kemhan mengontrak 13 radar *ground control interception* GM403 pada 2022 (Kemhan, 2023), dan dua unit pertama diserahkan pada Mei 2026 bersama sistem K2 udara SkyView (Asian Defence Journal, 2026). Enam pesawat Rafale pertama dari pesanan 42 unit juga tiba pada Mei 2026 (Bisnis.com, 2026). Pada tingkat organisasi, Komando Pertahanan Udara Nasional (Kohanudnas) dilebur ke dalam Komando Operasi Udara Nasional pada 2022, lalu diaktifkan kembali melalui Perpres No. 84 Tahun 2025 (detikNews, 2025).

Perkembangan itu terjadi di atas armada yang sangat beragam. Indonesia mengoperasikan atau memesan pesawat tempur dan latih dari Rusia, Amerika Serikat, Inggris, Korea Selatan, Prancis, dan Turki (Arthur, 2025; Basundoro, 2025). Diversifikasi pemasok mengurangi risiko embargo (Matthews et al., 2025), tetapi kajian nasional mencatat bahwa F-16 dan Su-27 tidak dapat saling bertukar data karena sistem data link-nya tidak kompatibel (Andrew, 2021). Akses terhadap Link 16 juga bergantung pada negosiasi dengan Amerika Serikat yang membatasi integrasi dengan sistem blok Timur (Rahadian, 2019). Dengan demikian, kesenjangan antara konsep ideal NCW dan kondisi aktual TNI AU tidak hanya bersifat teknologis, tetapi juga struktural dan politis.

1.1 Celah Penelitian dan Kebaruan

Kajian nasional tentang NCW di lingkungan TNI umumnya bersifat deskriptif. Andrew (2021) memetakan langkah awal transformasi NCW TNI dan hambatannya, sedangkan Rahadian (2019) menyoroti urgensi Link 16 bagi interoperabilitas. Kedua kajian itu belum menilai tingkat kematangan integrasi K2 secara terukur, belum membedakan ranah tempat hambatan muncul, dan belum mempertimbangkan risiko ketergantungan jaringan. Di tingkat internasional, model kematangan K2 (Alberts et al., 2010) dan kajian adopsi inovasi militer (Horowitz, 2010; Grissom, 2006; Raska, 2016) belum banyak diterapkan pada angkatan udara negara berkembang dengan armada multivendor.

Artikel ini menawarkan tiga kebaruan. **Pertama, kebaruan analitis:** artikel ini mengganti pernyataan umum "belum optimal" dengan penilaian kematangan K2 per ranah NCW, yaitu fisik, informasi, kognitif, dan sosial, menggunakan Model Kematangan K2 NATO (N2C2M2) dan bukti yang dikelompokkan menurut tingkat keandalannya. **Kedua, kebaruan konseptual:** artikel ini memperkenalkan konsep "utang integrasi", yaitu biaya interoperabilitas yang terus bertambah setiap kali platform dari pemasok baru dibeli tanpa lapisan integrasi bersama, serta mengusulkan "lapisan interoperabilitas berdaulat" sebagai jawabannya. **Ketiga, kebaruan normatif:** artikel ini menambahkan prinsip degradasi terkendali, yaitu kemampuan sistem K2 untuk turun ke tingkat kematangan yang lebih rendah secara terencana ketika jaringan diganggu, sehingga NCW tidak menjadi titik lemah baru.

1.2 Tujuan dan Pertanyaan Penelitian

Penelitian ini bertujuan (1) menilai tingkat kematangan integrasi sistem K2 TNI AU pada empat ranah NCW, (2) mengidentifikasi faktor yang memengaruhi efektivitas penerapannya, dan (3) merumuskan strategi penguatan yang bertahap dan terukur. Tiga pertanyaan penelitian memandu kajian ini. RQ1: pada tingkat kematangan mana integrasi K2 TNI AU berada, dan di ranah mana hambatan terbesarnya? RQ2: faktor apa yang menjelaskan hambatan tersebut? RQ3: strategi dan peta jalan apa yang dapat menaikkan kematangan K2 tanpa menciptakan kerentanan baru?

2. Tinjauan Pustaka

2.1 *Network Centric Warfare* dan Ranahnya

Cebrowski dan Garstka (1998) memperkenalkan NCW sebagai pergeseran dari peperangan berbasis platform (*platform-centric*) ke peperangan berbasis jaringan. Alberts et al. (1999) merumuskan hipotesis intinya: kekuatan yang terhubung dengan baik meningkatkan berbagi informasi, berbagi informasi meningkatkan kualitas informasi dan kesadaran situasi bersama, dan kesadaran situasi bersama memungkinkan kolaborasi serta sinkronisasi yang meningkatkan efektivitas misi. Hubungan ini bekerja melalui beberapa ranah. Ranah fisik mencakup sensor, platform, dan infrastruktur

komunikasi; ranah informasi mencakup pembuatan, pengolahan, dan distribusi data; ranah kognitif mencakup persepsi, pemahaman, dan keputusan; sedangkan ranah sosial mencakup interaksi, kepercayaan, dan budaya organisasi yang menentukan apakah informasi benar-benar dibagi (Alberts & Hayes, 2003, 2006).

Kritik terhadap NCW perlu diperhitungkan. Ferris (2004) menunjukkan bahwa harapan akan "transparansi medan perang" sering berlebihan, karena informasi yang lebih banyak tidak otomatis menghasilkan pemahaman yang lebih baik dan dapat dimanfaatkan lawan untuk menipu. Gartzke dan Lindsay (2015) menegaskan bahwa ketergantungan pada jaringan membuka peluang penipuan dan gangguan. Doktrin militer Tiongkok, misalnya, menempatkan perusakan sistem jaringan lawan sebagai inti konsep perangnya (Engstrom, 2018). Karena itu, analisis NCW perlu menilai bukan hanya seberapa terhubung suatu kekuatan, tetapi juga seberapa tangguh jaringannya.

2.2 Komando dan Kendali serta Model Kematangannya

Komando dan kendali (K2) adalah pelaksanaan kewenangan dan arahan oleh komandan atas kekuatan yang ditugaskan untuk mencapai misi (Joint Chiefs of Staff, 2020; NATO Standardization Office, 2019). Kecepatan siklus *observe–orient–decide–act* (OODA) yang dikembangkan John Boyd sering dipakai untuk menjelaskan keunggulan K2, dengan penekanan Boyd pada tahap orientasi sebagai inti pemahaman (Osinga, 2007). Kecepatan ini juga membawa risiko: ketika keputusan semakin dipercepat oleh otomatisasi, ruang bagi pertimbangan manusia dan stabilitas krisis dapat menyempit (Horowitz, 2019).

Alberts et al. (2010) mengembangkan Model Kematangan K2 NATO (*NATO NEC C2 Maturity Model*, N2C2M2) dengan lima tingkat. Pada tingkat terkonflik (*conflicted*), unsur-unsur beroperasi sendiri tanpa berbagi informasi. Pada tingkat terdekonflik (*de-conflicted*), unsur-unsur hanya memisahkan ruang dan waktu operasi untuk menghindari benturan. Pada tingkat terkoordinasi (*coordinated*), unsur-unsur berbagi rencana dan gambaran situasi. Pada tingkat kolaboratif (*collaborative*), unsur-unsur merencanakan dan menyinkronkan tindakan bersama. Pada tingkat *edge*, unsur-unsur menyinkronkan diri secara mandiri berdasarkan kesadaran situasi bersama. Model ini menilai tiga

dimensi: alokasi hak keputusan, pola interaksi, dan distribusi informasi. Alberts (2011) menambahkan bahwa tingkat yang lebih tinggi tidak selalu lebih tepat. Organisasi yang tangkas (*agile*) adalah organisasi yang dapat berpindah tingkat sesuai misi dan kondisi.

Gagasan penguasaan udara yang dirumuskan Douhet (1983) kini semakin ditentukan oleh kemampuan mengelola informasi, bukan hanya oleh jumlah pesawat dan senjata. Dalam operasi udara, prinsip kendali terpusat dan pelaksanaan terdesentralisasi (*centralized control, decentralized execution*) telah lama menjadi dasar doktrin (Kometer, 2007). Prinsip ini tidak bertentangan dengan NCW. Jaringan dapat dipakai untuk memperkuat kendali terpusat, misalnya melalui gambaran udara nasional yang lengkap, sekaligus untuk memberi pelaksana di lapangan informasi yang cukup agar dapat bertindak sesuai maksud komandan ketika komunikasi terputus (Shamir, 2011).

2.3 Interoperabilitas, Fusi Data, dan Keunggulan Informasi

Interoperabilitas adalah kemampuan sistem, satuan, atau kekuatan untuk bertukar layanan dan informasi serta beroperasi bersama secara efektif (NATO Standardization Office, 2019). Pengalaman operasi udara koalisi menunjukkan bahwa interoperabilitas lebih sulit dicapai daripada pengadaan platform, karena perbedaan standar data link, prosedur, dan klasifikasi informasi (Hura et al., 2000). Fusi data multisensor, yaitu penggabungan data dari banyak sensor untuk menghasilkan perkiraan yang lebih akurat daripada sensor tunggal, merupakan prasyarat bagi gambaran situasi bersama (Hall & Llinas, 1997). Kesadaran situasi sendiri mencakup tiga tingkat, yaitu persepsi, pemahaman, dan proyeksi (Endsley, 1995), sehingga gambaran situasi yang lengkap belum menjamin keputusan yang baik bila personel tidak dilatih untuk memahaminya.

2.4 Adopsi Inovasi Militer dan Konteks Indonesia

Teori kapasitas adopsi Horowitz (2010) menjelaskan bahwa penyebaran inovasi militer ditentukan oleh intensitas finansial yang dibutuhkan dan modal organisasi yang tersedia. NCW menuntut keduanya: investasi besar pada sensor dan jaringan, serta perubahan budaya dan prosedur organisasi. Grissom (2006) menambahkan bahwa

inovasi dapat muncul dari bawah melalui adaptasi satuan, bukan hanya dari kebijakan pusat. Lindsay (2020) menunjukkan bahwa sistem informasi militer berhasil bila sesuai dengan sifat masalah operasional dan cara organisasi menyelesaikannya. Pengalaman Singapura dengan konsep K2 terintegrasi berbasis pengetahuan menunjukkan bahwa negara kecil dapat mencapai keunggulan jaringan melalui kebijakan yang konsisten dan industri dalam negeri yang mendukung (Raska, 2016, 2021).

Dalam konteks Asia Tenggara, pengadaan senjata dari banyak pemasok sering didorong oleh pertimbangan politik, ekonomi, dan pengalaman embargo, bukan oleh logika integrasi kekuatan (Bitzinger, 2010). Indonesia termasuk contoh yang paling jelas: strategi akuisisinya menekankan diversifikasi pemasok dan kemandirian industri (Matthews et al., 2025), dan pengamat menilai pengadaannya masih bersifat silo sehingga melemahkan interoperabilitas (Arthur, 2025; Basundoro, 2025). Ringkasan penelitian terdahulu dan celahnya disajikan pada Tabel 1.

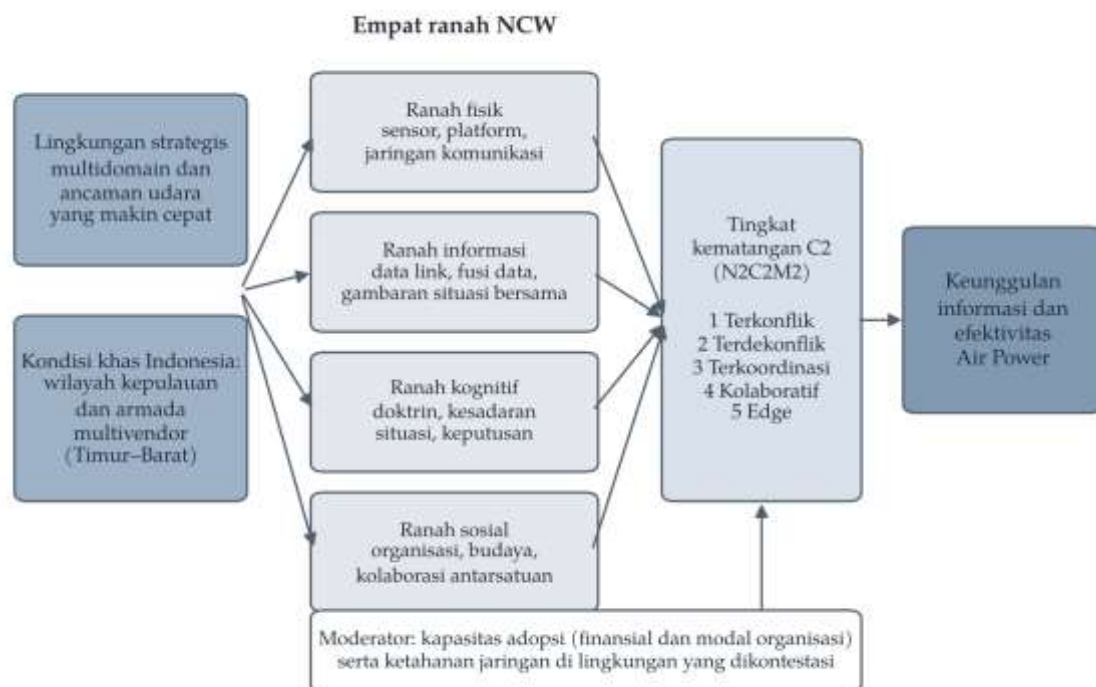
Tabel 1. Ringkasan Penelitian Terdahulu dan Celah Penelitian

Arus kajian	Penulis (tahun)	Temuan relevan	Celah terhadap penelitian ini
Konsep NCW dan K2	Cebrowski & Garstka (1998); Alberts et al. (1999); Alberts & Hayes (2003, 2006)	Rantai nilai NCW; empat ranah; konsep organisasi <i>edge</i>	Dikembangkan untuk kekuatan besar dengan armada seragam
Kematangan dan ketangkasan K2	Alberts et al. (2010); Alberts (2011)	Lima tingkat kematangan K2; tingkat yang tepat bergantung pada misi	Belum diterapkan pada TNI AU
Kritik dan kerentanan jaringan	Ferris (2004); Gartzke & Lindsay (2015); Engstrom (2018)	Informasi tidak otomatis menghasilkan pemahaman; jaringan membuka peluang penipuan dan perusakan	Belum dikaitkan dengan desain K2 negara berkembang
Adopsi inovasi militer	Horowitz (2010); Grissom (2006); Lindsay (2020); Raska (2016, 2021)	Kapasitas finansial dan organisasi menentukan adopsi; praktik informasi menentukan hasil	Belum memperhitungkan armada multivendor
Pengadaan Asia Tenggara dan Indonesia	Bitzinger (2010); Matthews et al. (2025)	Diversifikasi pemasok karena faktor politik dan embargo	Tidak membahas dampaknya pada integrasi K2
NCW di lingkungan TNI	Rahadian (2019); Andrew (2021)	Link 16 belum terintegrasi; F-16 dan Su-27 tidak dapat bertukar data; transformasi masih tahap awal	Deskriptif; tanpa ukuran kematangan dan analisis ketahanan

Sumber: telaah penulis (2026).

2.5 Kerangka Konseptual

Kerangka konseptual penelitian ini disajikan pada Gambar 1. Lingkungan strategis multidomain dan kondisi khas Indonesia, yaitu wilayah kepulauan dan armada multivendor, memengaruhi empat ranah NCW. Kondisi keempat ranah menentukan tingkat kematangan K2 menurut N2C2M2, dan tingkat kematangan itu memengaruhi keunggulan informasi serta efektivitas *Air Power*. Hubungan ini dimoderasi oleh kapasitas adopsi (Horowitz, 2010) dan ketahanan jaringan di lingkungan yang dikontestasi (Gartzke & Lindsay, 2015).



Gambar 1. Kerangka Konseptual Penelitian

Sumber: disusun penulis berdasarkan Alberts dan Hayes (2006), Alberts et al. (2010), dan Horowitz (2010).

3. Metode Penelitian

3.1 Pendekatan dan Desain

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan desain deskriptif-analitis berbasis dokumen. Desain ini dipilih karena data operasional K2 TNI AU sebagian besar bersifat terbatas, sehingga penilaian dilakukan melalui triangulasi sumber terbuka. Penelitian ini tidak mengklaim mengukur kinerja sistem secara langsung. Hasilnya

berupa penilaian kematangan yang bersifat estimasi dan perlu dikonfirmasi melalui wawancara, observasi latihan, atau data internal.

3.2 Sumber Data

Data penelitian terdiri atas tiga kelompok. Kelompok pertama adalah literatur ilmiah tentang NCW, K2, interoperabilitas, adopsi inovasi militer, dan pengadaan pertahanan, yang dicari melalui Scopus, Google Scholar, dan Portal Garuda/SINTA dengan kata kunci *network centric warfare*, *C2 maturity*, *interoperability*, *data link*, *air power*, dan TNI AU. Kelompok kedua adalah doktrin dan dokumen resmi, yaitu doktrin TNI AU, publikasi doktrin gabungan Amerika Serikat, dan glosarium NATO. Kelompok ketiga adalah sumber resmi dan pemberitaan tentang pengadaan radar, pesawat tempur, data link, dan reorganisasi komando pada 2022–2026. Literatur yang dipakai sebagai landasan teori adalah buku akademik, laporan lembaga riset kebijakan, dan artikel jurnal bereputasi. Metadata setiap artikel jurnal dicocokkan dengan laman penerbit atau basis data Crossref.

3.3 Teknik Analisis

Analisis dilakukan dalam empat tahap. Tahap pertama adalah reduksi dan pengodean data menurut empat ranah NCW. Tahap kedua adalah penilaian kematangan: setiap ranah dinilai terhadap deskripsi lima tingkat N2C2M2 (Alberts et al., 2010), dan setiap bukti diberi tingkat keandalan A (dokumen atau pernyataan resmi), B (artikel ilmiah), atau C (media atau industri). Penilaian tidak didasarkan pada bukti tingkat C saja. Tahap ketiga adalah analisis SWOT yang diturunkan menjadi strategi melalui matriks TOWS (Wehrich, 1982), sehingga setiap strategi menghubungkan faktor internal dan eksternal secara eksplisit. Tahap keempat adalah penyusunan peta jalan bertahap dengan indikator gerbang. Keabsahan data dijaga melalui triangulasi sumber, yaitu membandingkan dokumen resmi, kajian ilmiah, dan pemberitaan.

3.4 Keterbatasan

Penelitian ini hanya memakai sumber terbuka. Konfigurasi data link, arsitektur jaringan, dan hasil latihan TNI AU yang bersifat rahasia tidak dianalisis. Sebagian bukti

tentang perkembangan 2025–2026 berasal dari pemberitaan, sehingga penilaian kematangan merupakan estimasi yang harus dikonfirmasi pada penelitian lanjutan.

4. Hasil dan Diskusi

4.1 Penilaian Kematangan K2 per Ranah NCW

Penilaian kematangan per ranah disajikan pada Tabel 2. Secara keseluruhan, integrasi K2 TNI AU diperkirakan berada pada tingkat terdekonflik hingga terkoordinasi. Penilaian ini lebih spesifik daripada istilah "terintegrasi sistem" yang umum dipakai, karena menunjukkan bahwa sebagian unsur sudah berbagi gambaran situasi, sedangkan unsur lain masih hanya dipisahkan menurut ruang dan waktu operasi.

Tabel 2. Penilaian Kematangan K2 TNI AU per Ranah NCW

Ranah	Bukti utama	Tingkat bukti dan sumber	Penilaian
Fisik	Kontrak 13 radar GCI GM403 (2022); dua unit pertama diserahkan Mei 2026 bersama sistem K2 SkyView; target nasional 25 radar; belum ada pesawat peringatan dini (AEW&C) khusus	A: Kemhan (2023). C: Asian Defence Journal (2026); Bisnis.com (2026)	Sedang dimodernisasi; cakupan sensor bertambah, tetapi celah peringatan dini udara masih ada
Informasi	F-16 dan Su-27 tidak dapat bertukar data; integrasi Link 16 bergantung pada negosiasi dengan Amerika Serikat; data link nasional sedang dikembangkan industri dalam negeri; TNI AL melaporkan integrasi data link domestik pada armadanya	B: Andrew (2021); Rahadian (2019). C: Infoglobal (2026); GBP (2026)	Tingkat 2 (terdekonflik) antarplatform beda blok; tingkat 3 (terkoordinasi) di dalam rantai radar dan pusat komando
Kognitif	Pelatihan personel C4ISR dan latihan gabungan tiga matra mulai dilakukan; pembaruan doktrin untuk operasi berbasis jaringan perlu diverifikasi	B: Andrew (2021). A: Mabasau (2019)	Tingkat 2–3; kesadaran situasi bergantung pada kualitas fusi data
Sosial	Kohanudnas dilebur pada 2022 dan diaktifkan kembali pada 2025; Kogabwilhan dibentuk 2019; pengadaan dinilai bersifat silo	A/C: detikNews (2025). B: Andrew (2021). C: Arthur (2025)	Perubahan struktur yang sering mengganggu pembentukan prosedur dan kepercayaan antarsatuan

Keterangan: A = dokumen atau pernyataan resmi; B = artikel ilmiah; C = media atau industri. Penilaian merupakan estimasi penulis berdasarkan deskripsi tingkat N2C2M2 (Alberts et al., 2010).

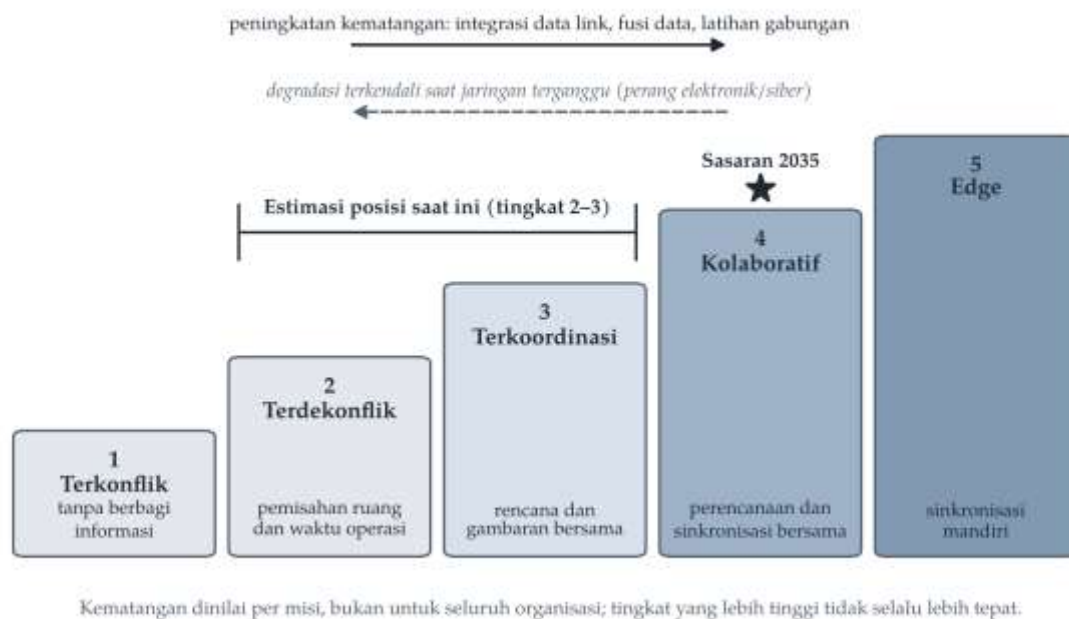
Pada ranah fisik, modernisasi sensor berjalan. Kontrak 13 radar GM403 dan penyerahan dua unit pertama bersama sistem K2 SkyView menunjukkan peningkatan

kemampuan menghasilkan gambaran udara (Kemhan, 2023; Asian Defence Journal, 2026). Namun, pengamat mencatat bahwa jangkauan dan kesadaran situasi pesawat tempur baru akan terbatas tanpa pesawat tanker dan peringatan dini udara (Bisnis.com, 2026). Sensor darat yang kuat tanpa sensor udara menghasilkan gambaran yang baik di atas daratan, tetapi berlubang di wilayah laut dan ketinggian rendah.

Ranah informasi merupakan hambatan terbesar. Kajian nasional mencatat bahwa F-16 dan Su-27 tidak dapat bertukar data karena sistem data link-nya tidak kompatibel (Andrew, 2021). Integrasi Link 16 memerlukan perjanjian dengan Amerika Serikat, termasuk CISMOA yang ditandatangani pada 2015, dan Amerika Serikat dilaporkan tidak mengizinkan integrasi dengan sistem blok Timur (Rahadian, 2019). Artinya, rantai radar dan pusat komando dapat mencapai tingkat terkoordinasi, tetapi hubungan antarplatform dari blok berbeda masih berada pada tingkat terdekonflik. Pada tingkat ini, koordinasi dilakukan dengan memisahkan sektor dan waktu operasi melalui suara, bukan dengan berbagi data secara digital.

Pada ranah kognitif dan sosial, persoalannya adalah kesinambungan. Pelatihan C4ISR dan latihan gabungan sudah dimulai (Andrew, 2021), tetapi kesadaran situasi pada tingkat pemahaman dan proyeksi (Endsley, 1995) hanya terbentuk bila prosedur dan kepercayaan antarsatuan stabil. Peleburan Kohanudnas pada 2022 dan pengaktifannya kembali pada 2025 (detikNews, 2025) menunjukkan struktur komando yang belum stabil. Dalam kerangka Lindsay (2020), perubahan struktur yang berulang membuat praktik informasi sulit melembaga.

Temuan ini juga perlu menafsirkan ulang klaim bahwa pola komando terpusat menghambat NCW. Dalam pertahanan udara nasional, kendali terpusat justru diperlukan untuk mengelola ruang udara dan mencegah salah sasaran (Kometer, 2007). Masalahnya bukan kendali terpusat itu sendiri, melainkan kendali terpusat yang bergantung pada satu jalur komunikasi. Bila jalur itu terputus, pelaksana di lapangan kehilangan gambaran situasi dan maksud komandan. NCW yang matang memungkinkan kendali terpusat dalam kondisi normal sekaligus pelaksanaan terdesentralisasi ketika jaringan terganggu (Shamir, 2011; Alberts, 2011).



Gambar 2. Posisi Kematangan K2 TNI AU, Sasaran, dan Degradasi Terkendali

Sumber: disusun penulis berdasarkan Alberts et al. (2010) dan Tabel 2.

4.2 Utang Integrasi: Diversifikasi Pemasok dan Interoperabilitas

Hambatan di ranah informasi bersumber dari pilihan strategis yang rasional. Indonesia mendiversifikasi pemasok untuk mengurangi risiko embargo dan memperoleh alih teknologi (Matthews et al., 2025), sebuah pola yang juga terlihat di negara Asia Tenggara lain (Bitzinger, 2010). Pada 2025, Indonesia menandatangani pembelian 48 pesawat Kaan dari Turki, setelah sebelumnya memesan 42 Rafale dan ikut mengembangkan KF-21 bersama Korea Selatan (Basundoro, 2025). Setiap keputusan itu masuk akal secara terpisah. Namun, setiap platform baru membawa data link, format pesan, dan sistem kriptografinya sendiri.

Artikel ini menyebut akibatnya sebagai **utang integrasi**: biaya interoperabilitas yang menumpuk setiap kali platform dari pemasok baru dibeli tanpa lapisan integrasi bersama. Seperti utang, biaya ini dapat ditunda, tetapi bunganya bertambah. Jumlah antarmuka yang harus dijembatani tumbuh lebih cepat daripada jumlah jenis platform, karena setiap jenis berpotensi perlu dihubungkan dengan setiap jenis lainnya. Dengan n jenis platform yang memakai data link berbeda, integrasi langsung antarpasangan memerlukan hingga $n(n-1)/2$ penghubung, sedangkan integrasi melalui satu *gateway*

bersama hanya memerlukan n penghubung. Dalam teori kapasitas adopsi (Horowitz, 2010), utang integrasi meningkatkan intensitas finansial NCW, sehingga kekuatan dengan armada multivendor membutuhkan anggaran integrasi yang lebih besar daripada kekuatan dengan armada seragam untuk mencapai tingkat kematangan yang sama.

Ketergantungan pada data link asing juga menimbulkan persoalan kedaulatan. Akses terhadap Link 16 bergantung pada izin negara pemasok, dan izin itu dapat membatasi platform mana yang boleh dihubungkan (Rahadian, 2019). Karena itu, artikel ini mengusulkan **lapisan interoperabilitas berdaulat**, yaitu standar data link dan *gateway* nasional yang dimiliki dan dikendalikan Indonesia. Lapisan ini menerjemahkan pesan dari data link asing ke format nasional dan sebaliknya. Pengembangan data link oleh industri dalam negeri untuk TNI AU (Infoglobal, 2026) dan laporan integrasi data link domestik pada armada TNI AL (GBP, 2026) menunjukkan bahwa fondasi untuk pendekatan ini mulai tersedia, meskipun detail teknis dan kinerjanya perlu diverifikasi. Pengalaman Singapura menunjukkan bahwa integrasi berbasis kemampuan dalam negeri dapat menjadi sumber keunggulan bagi negara kecil (Raska, 2016).

Lapisan ini juga memiliki batas. *Gateway* menambah latensi dan menjadi titik lemah baru bila tidak dirancang tangguh, dan penerjemahan pesan dapat menghilangkan sebagian informasi. Selain itu, kebijakan pengadaan perlu menetapkan syarat interoperabilitas sejak awal, misalnya kewajiban pemasok membuka spesifikasi antarmuka, agar utang integrasi tidak terus bertambah.

4.3 Ketahanan Jaringan dan Degradasi Terkendali

Semakin bergantung suatu kekuatan pada jaringan, semakin besar kerugiannya bila jaringan itu diganggu. Lawan dapat menyerang jaringan melalui perang elektronik, operasi siber, atau penipuan data (Gartzke & Lindsay, 2015), dan sebagian doktrin militer modern memang menjadikan kerusakan sistem jaringan lawan sebagai sasaran utama (Engstrom, 2018). Ferris (2004) juga mengingatkan bahwa kepercayaan berlebihan pada gambaran situasi digital dapat menyesatkan bila datanya dimanipulasi.

Karena itu, artikel ini mengusulkan prinsip **degradasi terkendali**: sistem K2 dirancang agar dapat turun dari tingkat kolaboratif atau terkoordinasi ke tingkat terdekonflik secara terencana ketika jaringan terganggu, tanpa kehilangan kendali atas ruang udara (Gambar 2). Prinsip ini menerapkan gagasan ketangkasan K2 (Alberts, 2011) pada kondisi jaringan yang dikontestasi. Dalam praktik, prinsip ini menuntut tiga hal: (1) prosedur cadangan berbasis suara dan zona yang dilatih secara rutin, (2) maksud komandan yang jelas agar pelaksana dapat bertindak mandiri (Shamir, 2011), dan (3) latihan dalam kondisi jaringan terdegradasi, bukan hanya dalam kondisi ideal.

4.4 Analisis SWOT dan Strategi TOWS

Faktor internal dan eksternal yang memengaruhi implementasi NCW dirangkum dalam matriks TOWS pada Tabel 3. Setiap strategi menghubungkan faktor internal dan eksternal tertentu, sehingga rekomendasi tidak bersifat daftar umum.

Tabel 3. Matriks SWOT–TOWS Implementasi NCW pada K2 TNI AU

	Kekuatan (S) S1 Radar GCI baru dan sistem K2 SkyView S2 Pengalaman latihan gabungan dan pelatihan C4ISR S3 Industri dalam negeri mulai mengembangkan data link	Kelemahan (W) W1 Data link tidak kompatibel antarblok W2 Belum ada AEW&C W3 Struktur komando berubah-ubah W4 Pengadaan bersifat silo
Peluang (O) O1 Kedatangan Rafale dan radar baru 2026 O2 Kerja sama industri (Len–Thales) O3 Komitmen kenaikan anggaran pertahanan	SO: Jadikan integrasi radar baru dan Rafale sebagai proyek percontohan lapisan interoperabilitas berdaulat (S1, S3, O1, O2)	WO: Tetapkan syarat interoperabilitas dan keterbukaan antarmuka dalam setiap kontrak pengadaan baru (W1, W4, O2, O3)
Ancaman (T) T1 Perang elektronik dan siber terhadap jaringan T2 Pembatasan akses data link oleh negara pemasok T3 Ancaman udara yang semakin cepat	ST: Kembangkan standar data link nasional dan latihan degradasi terkendali (S2, S3, T1, T2)	WT: Stabilkan struktur komando dan tetapkan peta jalan bergerbang agar investasi tidak terfragmentasi (W3, W4, T2, T3)

Sumber: analisis penulis berdasarkan Tabel 2 dan sumber yang dikutip; metode TOWS mengikuti Weihrich (1982).

4.5 Peta Jalan Bertahap dan Indikator Gerbang

Strategi TOWS diturunkan menjadi peta jalan tiga tahap (Tabel 4). Setiap tahap hanya dilanjutkan bila indikator gerbangnya terpenuhi. Rentang waktu dan ambang indikator merupakan usulan awal penulis yang perlu divalidasi bersama pakar dan pemangku kepentingan.

Tabel 4. Peta Jalan Penguatan K2 Berbasis Jaringan dan Indikator Gerbang

Tahap	Rentang (usulan)	Isi utama	Indikator gerbang (usulan)
I. Fondasi	2026–2028	Audit dasar kematangan K2 per ranah; penetapan standar data link nasional; integrasi radar GM403 ke gambaran udara nasional; stabilisasi struktur Kohanudnas	Audit selesai dan disahkan; standar data link ditetapkan; $\geq 80\%$ radar baru terintegrasi ke gambaran udara nasional
II. Integrasi lintas platform	2028–2031	<i>Gateway</i> nasional untuk Rafale, F-16, dan Su-27/30; kajian dan pengadaan AEW&C; latihan degradasi terkendali minimal sekali setahun	Pertukaran data digital antarplatform beda blok teruji dalam latihan; latihan degradasi terlaksana dan dievaluasi
III. Kolaborasi gabungan	2031–2035	Penghubung dengan data link TNI AL dan TNI AD; perencanaan dan sinkronisasi bersama pada misi pertahanan udara	Tingkat 4 (kolaboratif) tercapai pada misi pertahanan udara dalam latihan gabungan; prosedur degradasi teruji

Sumber: analisis penulis.

Sebagai kerangka yang perlu diuji, analisis ini menurunkan tiga proposisi untuk penelitian lanjutan. P1: semakin banyak jenis data link yang dihubungkan melalui *gateway* bersama, semakin rendah biaya dan waktu integrasi platform baru dibandingkan integrasi antarpasangan. P2: satuan yang rutin berlatih dalam kondisi jaringan terdegradasi mempertahankan kendali ruang udara lebih baik ketika jaringan diganggu. P3: stabilitas struktur komando berhubungan positif dengan kecepatan pelembagaan prosedur berbagi informasi antarsatuan.

5. Kesimpulan

Penelitian ini menilai kematangan integrasi K2 TNI AU dalam kerangka NCW. Jawaban atas RQ1: integrasi K2 TNI AU diperkirakan berada pada tingkat terdekongflik hingga terkoordinasi menurut N2C2M2. Rantai radar dan pusat komando bergerak menuju tingkat terkoordinasi, sedangkan hubungan antarplatform dari blok pemasok

berbeda masih berada pada tingkat terdekonflik. Hambatan terbesar terletak pada ranah informasi.

Jawaban atas RQ2: hambatan itu dijelaskan oleh utang integrasi yang lahir dari diversifikasi pemasok, pembatasan akses data link oleh negara pemasok, ketiadaan sensor peringatan dini udara, dan struktur komando yang belum stabil. Jawaban atas RQ3: kematangan K2 dapat ditingkatkan melalui lapisan interoperabilitas berdaulat berupa standar data link dan *gateway* nasional, syarat interoperabilitas dalam setiap kontrak pengadaan, latihan degradasi terkendali, dan peta jalan tiga tahap dengan indikator gerbang.

Secara teoretis, penelitian ini menunjukkan bahwa model kematangan K2 perlu dilengkapi dua dimensi ketika diterapkan pada negara berkembang, yaitu heterogenitas armada dan ketahanan jaringan. Secara praktis, rekomendasi utamanya adalah memperlakukan integrasi sebagai program tersendiri yang dianggarkan, bukan sebagai efek samping pengadaan platform. Keterbatasan penelitian ini adalah penggunaan sumber terbuka dan penilaian kematangan yang bersifat estimasi. Penelitian lanjutan dapat menguji proposisi P1–P3 melalui wawancara dengan perwira K2, observasi latihan, dan simulasi jaringan.

Daftar Pustaka

1. Buku, Laporan, dan Doktrin

- Alberts, D. S. (2011). *The agility advantage: A survival guide for complex enterprises and endeavors*. CCRP Publication Series.
- Alberts, D. S., Garstka, J. J., & Stein, F. P. (1999). *Network centric warfare: Developing and leveraging information superiority* (2nd ed.). CCRP Publication Series.
- Alberts, D. S., & Hayes, R. E. (2003). *Power to the edge: Command and control in the information age*. CCRP Publication Series.
- Alberts, D. S., & Hayes, R. E. (2006). *Understanding command and control*. CCRP Publication Series.
- Alberts, D. S., Huber, R. K., & Moffat, J. (2010). *NATO NEC C2 maturity model*. CCRP Publication Series.
- Douhet, G. (1983). *The command of the air* (D. Ferrari, Trans.). Office of Air Force History. (Karya asli diterbitkan 1921)

- Engstrom, J. (2018). *Systems confrontation and system destruction warfare: How the Chinese People's Liberation Army seeks to wage modern warfare* (RR-1708-OSD). RAND Corporation. <https://doi.org/10.7249/RR1708>
- Horowitz, M. C. (2010). *The diffusion of military power: Causes and consequences for international politics*. Princeton University Press.
- Hura, M., McLeod, G., Larson, E. V., Schneider, J., Gonzales, D., Norton, D. M., Jacobs, J., O'Connell, K. M., Little, W., Mesic, R., & Jamison, L. (2000). *Interoperability: A continuing challenge in coalition air operations* (MR-1235-AF). RAND Corporation.
- Joint Chiefs of Staff. (2020). *Joint Publication 1, Volume 1: Joint warfighting*. U.S. Department of Defense.
- Kometer, M. W. (2007). *Command in air war: Centralized versus decentralized control of combat airpower*. Air University Press.
- Lindsay, J. R. (2020). *Information technology and military power*. Cornell University Press.
- Mabesau. (2019). *Doktrin TNI Angkatan Udara Swa Bhuwana Paksa*. Markas Besar TNI Angkatan Udara.
- NATO Standardization Office. (2019). *NATO glossary of terms and definitions (AAP-06)*. NATO.
- Osinga, F. P. B. (2007). *Science, strategy and war: The strategic theory of John Boyd*. Routledge.
- Raska, M. (2016). *Military innovation in small states: Creating a reverse asymmetry*. Routledge.
- Shamir, E. (2011). *Transforming command: The pursuit of mission command in the U.S., British, and Israeli armies*. Stanford University Press.

2. Jurnal

- Andrew, T. (2021). Network centric warfare sebagai upaya transformasi perang TNI. *Defendonesia*, 5(1), 35–44.
- Bitzinger, R. A. (2010). A new arms race? Explaining recent Southeast Asian military acquisitions. *Contemporary Southeast Asia*, 32(1), 50–69. <https://doi.org/10.1355/cs32-1c>
- Cebrowski, A. K., & Garstka, J. J. (1998). Network-centric warfare: Its origin and future. *U.S. Naval Institute Proceedings*, 124(1), 28–35.
- Endsley, M. R. (1995). Toward a theory of situation awareness in dynamic systems. *Human Factors*, 37(1), 32–64. <https://doi.org/10.1518/001872095779049543>
- Ferris, J. (2004). Netcentric warfare, C4ISR and information operations: Towards a revolution in military intelligence? *Intelligence and National Security*, 19(2), 199–225. <https://doi.org/10.1080/0268452042000302967>

- Gartzke, E., & Lindsay, J. R. (2015). Weaving tangled webs: Offense, defense, and deception in cyberspace. *Security Studies*, 24(2), 316–348.
<https://doi.org/10.1080/09636412.2015.1038188>
- Grissom, A. (2006). The future of military innovation studies. *Journal of Strategic Studies*, 29(5), 905–934. <https://doi.org/10.1080/01402390600901067>
- Hall, D. L., & Llinas, J. (1997). An introduction to multisensor data fusion. *Proceedings of the IEEE*, 85(1), 6–23. <https://doi.org/10.1109/5.554205>
- Horowitz, M. C. (2019). When speed kills: Lethal autonomous weapon systems, deterrence and stability. *Journal of Strategic Studies*, 42(6), 764–788.
<https://doi.org/10.1080/01402390.2019.1621174>
- Matthews, R., Maharani, C., Jupriyanto, & Wu, S. S. (2025). Indonesia's defense acquisition strategy. *Asian Security*, 21(2), 125–148.
<https://doi.org/10.1080/14799855.2025.2527088>
- Rahadian, H. (2019). Urgensi sistem Link 16 sebagai penunjang interoperabilitas TNI di lapangan. *Defendonesia*, 4(1), 29–36.
- Raska, M. (2021). The sixth RMA wave: Disruption in military affairs? *Journal of Strategic Studies*, 44(4), 456–479. <https://doi.org/10.1080/01402390.2020.1848818>
- Weihrich, H. (1982). The TOWS matrix—A tool for situational analysis. *Long Range Planning*, 15(2), 54–66. [https://doi.org/10.1016/0024-6301\(82\)90120-0](https://doi.org/10.1016/0024-6301(82)90120-0)

3. Sumber Resmi, Media, dan Industri

- Arthur, G. (2025, 25 Maret). Indonesia still opts for silo procurement over interoperability. *Asian Military Review*.
<https://www.asianmilitaryreview.com/2025/03/indonesia-still-opts-for-silo-procurement-over-interoperability/>
- Asian Defence Journal. (2026, 22 Mei). Thales delivers first two GM403 radars to Indonesia. *Asian Defence Journal*. <https://adj.com.my/2026/05/22/thales-delivers-first-two-gm403-radars-to-indonesia/>
- Basundoro, A. (2025, 25 September). Indonesia's defence modernisation needs procurement discipline. *East Asia Forum*.
<https://eastasiaforum.org/2025/09/25/indonesias-defence-modernisation-needs-procurement-discipline/>
- Bisnis.com. (2026, 19 Mei). Rafale masuk, strategi pertahanan baru Prabowo dimulai. *Kabar24 Bisnis.com*. <https://kabar24.bisnis.com/read/20260519/15/1974505/rafale-masuk-strategi-pertahanan-baru-prabowo-dimulai>
- detikNews. (2025, 8 Agustus). Panglima TNI tunjuk Marsdya Andyawan Martono jadi Pangkohanudnas. *detikNews*. <https://news.detik.com/berita/d-8052144/panglima-tni-tunjuk-marsdya-andyawan-martono-jadi-pangkohanudnas>



GBP. (2026, 27 Januari). Jakarta secures sovereign skies and seas with indigenous data link integration. *Global Business Press*. <https://gbp.com.sg/stories/jakarta-secures-sovereign-skies-and-seas-with-indigenous-data-link-integration/>

Infoglobal. (2026, 12 Februari). TNI AU Communications and Electronics Coordination Meeting: Infoglobal highlights interoperability through tactical data link. *PT Infoglobal Teknologi Semesta*.
https://www.infoglobal.co.id/en/news/TNI_AU_Communications_and_Electronics_Coordination_Meeting_Infoglobal_Highlights_Interoperability_through_Tactical_Data_Link

Kemhan. (2023, 27 Juni). Indonesia akuisisi 13 radar ground control interception dari Thales, Prancis. *Kementerian Pertahanan Republik Indonesia*.
<https://www.kemhan.go.id/?p=28915>

Tentang Penulis

Ahmad Ilham Fahrissal, S.I.P., adalah perwira TNI Angkatan Udara berpangkat Mayor dari korps Elektronika. Penulis lulus dari Akademi Angkatan Udara (2007), Sekolah Dasar Kecabangan Elektronika (2008), SEKKAU Angkatan 102 (2017), Program S-1 Universitas Jenderal Achmad Yani (2023), dan Seskoau A-64 (2026). Saat ini penulis menempuh Program Magister (S-2) Program Studi Strategi Pertahanan Udara, Fakultas Strategi Pertahanan, Universitas Pertahanan Republik Indonesia, Tahun Akademik 2026/2027. Minat penelitiannya meliputi komando dan kendali, peperangan berbasis jaringan, dan elektronika pertahanan udara. Penulis dapat dihubungi melalui surel ilhamkach@gmail.com.