



# INTEGRASI JARINGAN SELULER NASIONAL DALAM RANGKA MENDUKUNG OPERASIONAL PESAWAT TERBANG TANPA AWAK TNI ANGKATAN UDARA

Galih Kusumayuda<sup>a</sup>, Asep Adang Supriyadi<sup>b</sup>, Novky Asmoro<sup>c</sup>,

<sup>a</sup>Prodi Strategi Pertahanan, Jurusan Strategi Pertahanan Udara,  
Universitas Pertahanan

Email: galihteng@gmail.com

## **Abstract**

*This study examines the integration of national cellular networks to support the operations of Unmanned Aerial Vehicles (UAV) of the Indonesian Air Force, which currently face challenges in Beyond Visual Line of sight (BVLOS) missions due to limitations in Ground Control Station (GCS) signal range and conventional control frequencies. The objective is to formulate strategies and policies that optimize the use of 4G and 5G networks provided by major Indonesian operators, and to assess the readiness of network systems, human resources, and operational aspects for modern UAV missions. Employing a descriptive-analytical and qualitative approach, the research method includes literature review, Gap Analysis, and SWOT analysis to identify opportunities, challenges, and implementation recommendations for the integrated system. Findings indicate that such integration can significantly enhance UAV BVLOS capabilities, particularly for platforms compatible with cellular frequencies, but requires improvements in antenna infrastructure, dedicated frequency allocation, personnel training, and cross-sector collaboration. Proposed policy implications include conducting pilot integration projects, establishing regulatory frameworks for frequency use, and developing technical training programs to ensure operational readiness in modern warfare contexts.*

**Keywords:** Cellular network integration, 4G, 5G, Unmanned Aerial Vehicle (UAV), Drone Beyond Visual Line of sight (BVLOS).

## **Abstrak**

Artikel ini membahas integrasi jaringan seluler nasional dalam rangka mendukung operasional Pesawat Terbang Tanpa Awak (PTTA) TNI Angkatan Udara, yang saat ini menghadapi kendala jangkauan dan kemampuan *Beyond Visual Line of sight* (BVLOS) akibat keterbatasan sinyal *Ground Control Station* (GCS) dan frekuensi kendali konvensional. Tujuan penelitian adalah merumuskan

strategi dan kebijakan untuk memaksimalkan pemanfaatan jaringan seluler 4G dan 5G dari operator besar di Indonesia, serta mengidentifikasi kesiapan sistem, sumber daya manusia, dan aspek operasional PTTA untuk mendukung misi modern. Metode yang digunakan adalah deskriptif-analisis dengan pendekatan kualitatif, meliputi studi kepustakaan, *Gap Analysis*, dan *SWOT analysis* untuk mengkaji peluang, tantangan, serta rekomendasi implementasi sistem integrasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi ini berpotensi meningkatkan kapabilitas BVLOS PTTA, terutama untuk platform dengan kecocokan frekuensi seluler, namun memerlukan peningkatan infrastruktur antenna, alokasi frekuensi khusus, pelatihan SDM, dan kolaborasi lintas sektor. Implikasi kebijakan yang diusulkan meliputi uji coba *pilot project*, penyusunan regulasi frekuensi, serta program pelatihan teknis yang mendukung kesiapan operasional di era perang modern.

**Kata Kunci:** Integrasi jaringan seluler, 4G, 5G, Pesawat Terbang Tanpa Awak (PTTA), *Beyond Visual Line of sight* (BVLOS).

## 1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi informasi dan sistem komunikasi yang pesat di era perang modern saat ini, telah membawa dampak signifikan terhadap sistem pertahanan dan keamanan. Ancaman perang modern tidak hanya terbatas pada serangan udara konvensional, tetapi juga mencakup penggunaan pesawat terbang tanpa awak (PTTA), *drone* otonom, dan teknologi canggih lainnya. Salah satu contoh nyata adalah penggunaan ribuan *drone* dalam perang Rusia-Ukraina yang beroperasi dengan sistem *Beyond Visual Line of sight* (BVLOS) (Kurnetova, 2023). Sistem BVLOS ini menggunakan jaringan komunikasi satelit dan seluler sehingga mampu melaksanakan pengoperasian jarak jauh di luar jangkauan visual operatornya (Gur, 2024). Sebagai salah satu contoh nyata, *drone* Shaheed Rusia yang telah membuktikan berhasil beroperasi dengan memanfaatkan jaringan seluler Ukraina. Taktik ini ditempuh dengan memakai kartu seluler 4G Ukraina pada sistem kendali Shaheed, sehingga dapat beroperasi di daerah musuh tanpa gangguan perang elektronika (Express, 2024). Fenomena ini menunjukkan pentingnya dua elemen dalam perang modern, yaitu operasi BVLOS dan integrasi

jaringan seluler yang menjadi kunci keunggulan strategis (*strategic enabler*) dalam operasional PTTA.

Dari sisi TNI AU, kita telah mengembangkan penggunaan PTTA sejak tahun 2015 dengan akuisisi Aerostar, dilanjutkan dengan CH-4 pada tahun 2021, dan Skywalker pada tahun 2023 (Achmad & Santosa, 2023; Koopsud, 2022; Tariden, 2021). Meskipun demikian, pada kondisi saat ini operasional PTTA TNI AU masih belum optimal dikarenakan kendala signifikan yang menjadi masalah. Terutama dalam pengoperasian BVLOS yang belum dapat dilaksanakan dan keterbatasan jangkauan sinyal *Ground Control Station* (GCS), yang menghambat gelar PTTA di luar pangkalan induknya (Prabowo, 2024). Dari hal tersebut, gambaran pokok-pokok permasalahan yang ditemukan adalah ketidakmampuan PTTA TNI AU untuk melaksanakan operasi BVLOS, pengawakan sistem yang mendukung operasional PTTA TNI AU, serta kesiapan operasional PTTA TNI AU itu sendiri. Permasalahan inilah yang mempengaruhi kesiapannya dalam menghadapi ancaman perang modern yang semakin kompleks.

Di sisi lain, Indonesia memiliki potensi yaitu jaringan seluler nasional yang dikelola oleh operator besar seperti Telkomsel, Indosat, dan XL, yang mencakup hampir seluruh wilayah, termasuk daerah terpencil. Keberadaan jaringan ini, didukung oleh landasan hukum seperti Undang-Undang RI No 36 Tahun 1999 Tentang Telekomunikasi dan Undang-Undang RI No 34 Tahun 2004 Tentang TNI, membuka peluang untuk meningkatkan kemampuan operasional PTTA TNI AU. Oleh karena itu, melalui integrasi jaringan seluler dengan sistem kendali PTTA akan memperluas jangkauan komunikasi yang memungkinkan operasi BVLOS. Dengan demikian, gambaran bagaimana jalan keluar mengatasi tantangan operasional PTTA TNI AU ini adalah dengan membentuk sistem integrasi jaringan seluler nasional, pengawakan integrasi yang melibatkan personel terlatih serta peningkatan kesiapan PTTA TNI AU agar mampu berintegrasi dengan jaringan seluler nasional. Sehingga pada akhirnya, PTTA TNI AU mampu beroperasi optimal dalam era perang modern.

## 2. Tinjauan Pustaka

### 2.1. Peraturan dan Perundang-Undangan.

a. Undang-Undang RI No 36 Tahun 1999 Tentang Telekomunikasi. UU ini memberikan legitimasi bagi TNI dan seluruh lembaga yang terkait dengan telekomunikasi untuk memberikan dan memanfaatkan sumber daya telekomunikasi nasional dalam rangka pertahanan negara. Hal ini termaktub dalam pasal 31 ayat (1) menegaskan bahwa pihak penyelenggara kegiatan telekomunikasi dapat memberikan akses pemanfaatan sumber daya spektrum elektromagnetik yang dimiliki untuk keperluan pertahanan dan keamanan yang diperlukan oleh TNI.

b. Undang-Undang RI No 3 Tahun 2002 Tentang Pertahanan Negara. UU ini memberikan kerangka hukum pada Pasal 20 ayat (2) yang menegaskan bahwa pemanfaatan teknologi didayagunakan untuk meningkatkan kemampuan pertahanan negara. Hal ini menjadi dasar bagi TNI AU untuk mengembangkan dan memanfaatkan teknologi termasuk *drone* dalam tugas pertahanan negara.

c. Undang-Undang RI No 34 Tahun 2004 Tentang TNI. UU ini mengatur peran TNI dalam menjaga kedaulatan negara, termasuk operasional Pesawat Terbang Tanpa Awak (PTTA) untuk misi pengawasan, intelijen, dan pertahanan. Pasal 7 ayat (1) menegaskan tugas TNI AU sebagai penegak kedaulatan udara, yang memerlukan dukungan infrastruktur komunikasi andal, termasuk jaringan seluler nasional.

d. Nota Kesepahaman No. 784 Tahun 1999 Tentang Sinergitas Pertahanan Negara. Nota kesepahaman ini menjadi landasan teknis bagi operator jaringan seluler nasional untuk memberikan dukungan sumber daya spektrum elektromagnetik bagi pertahanan negara. Lebih lanjut dalam pasal 2 tentang ruang lingkup, disepakati bahwa kedua kementerian akan bekerja sama dalam pemanfaatan spektrum frekuensi radio dan aplikasi informatika untuk keperluan pertahanan negara. Hal

ini menjadi fondasi bahwa jaringan seluler beserta aplikasi informatika yang dimiliki oleh para pelaku bisnis dapat digunakan untuk keperluan pertahanan dalam hal ini TNI AU sebagai operator PTTA. Untuk sampai saat ini tahun 2025 belum ada nota yang baru walaupun masa berlaku kesepakatan ini hanya lima tahun (2023). Namun sesuai pasal 4 ayat (3) tentang “masa berlaku” disampaikan bahwa perjanjian kesepakatan tetap berlangsung walaupun nota kesepakatan tersebut telah berakhir. Sehingga nota tahun 2019 tersebut masih menjadi dasar kerjasama.

e. Keputusan Panglima TNI No. 545/V/2019 Tentang Doktrin Swa Bhuana Paksa. Dalam doktrin ini disampaikan bahwa pada pasal 16, salah satu karakteristik dan kemampuan TNI AU yang harus dimiliki adalah daya jangkauan serta kemampuan integrasi komunikasi dan informasi. Hal ini menjadi dasar bagi pentingnya integrasi jaringan seluler nasional dalam rangka mendukung operasional PTTA TNI AU.

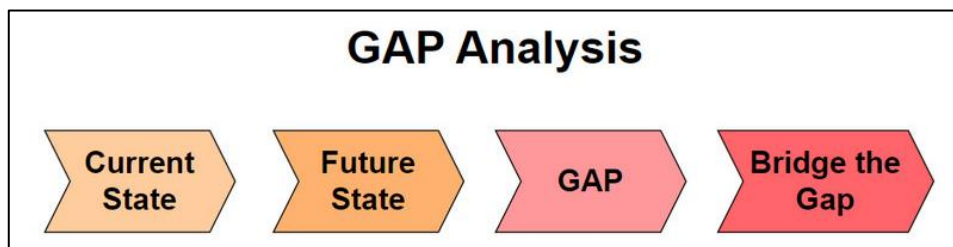
f. Keputusan Kasau No. 127/II/2016 Tentang Juknis Pengoperasian PTTA. Dalam Juknis ini disampaikan pada pasal 17, bahwa salah satu kemampuan PTTA adalah mampu menjangkau sasaran yang jauh. Hal ini merupakan aspek strategis yang ingin ditinjau pada naskah ini sebagai faktor utama operasional PTTA TNI AU yang akan dicapai melalui integrasi jaringan seluler nasional.

g. Keputusan Kasau No. 300/XI/2020 Tentang Juknis Pembinaan Dan Pengendalian Pengoperasian Penerbangan PTTA *Drone*. Pada Juknis ini disampaikan pada subpasal d.5, bahwa pengoperasian PTTA dengan kaidah BVLOS agar memiliki kemampuan *tracking system* sebagai sarana pemantauan PTTA. Juknis ini menjadi dasar bahwa integrasi jaringan seluler nasional dalam rangka mendukung operasional PTTA TNI AU agar memiliki fitur identifikasi sehingga saat PTTA tersebut keluar dari zona *line of sight* masih memiliki kemampuan mengidentifikasi posisi PTTA secara aktual.

## 2.2. Kerangka Teoretis

a. Teori *Air Power* oleh Melville (2014). Teori *Air Power* yang digunakan adalah oleh Billy Mitchel yaitu *control of the air* yang merupakan salah satu elemen utama *Air Power* (Melville, 2014). Salah satu kapabilitas dari *control of the air* adalah *reach* atau jangkauan yaitu memungkinkan identifikasi visual dan, *engagement* dan penghancuran (Melville, 2014). Sesuai teori ini, operasional PTTA pada dasarnya membutuhkan jangkauan untuk dapat melaksanakan misinya dengan optimal.

b. Teori *Gap Analysis* oleh Aulia (2023). *Gap Analysis* disebut juga analisis kesenjangan yaitu suatu kesenjangan atau kekurangan yang muncul karena perbedaan hasil, konsep, data bahkan teori dari hasil penelitian dengan yang ditemukan di lapangan (Aulia, 2023). *Gap* atau celah inilah yang menjadi faktor utama untuk dianalisis untuk penelitian integrasi jaringan seluler nasional untuk dukungannya terhadap operasional PTTA TNI AU. Adapun teori tersebut divisualisasikan oleh Morales (2023) terlihat pada Gambar 1.



Sumber: Morales (2023)

Gambar 1. Teori *Gap Analysis*

c. Teori *Strength, Weakness, Opportunity and Threat* (SWOT) oleh Easterday & Iverson (2014). Teori ini menggunakan pendekatan yang diambil dari analisis SWOT yang fokus mengkaji dua aspek yaitu, peluang dan tantangan (Easterday & Iverson, 2014). Hal ini disepakati untuk menjawab rumusan integrasi sebagai hal yang baru. Terlihat pada Gambar 2.

HASIL		
KONDISI	POSITIF	NEGATIF

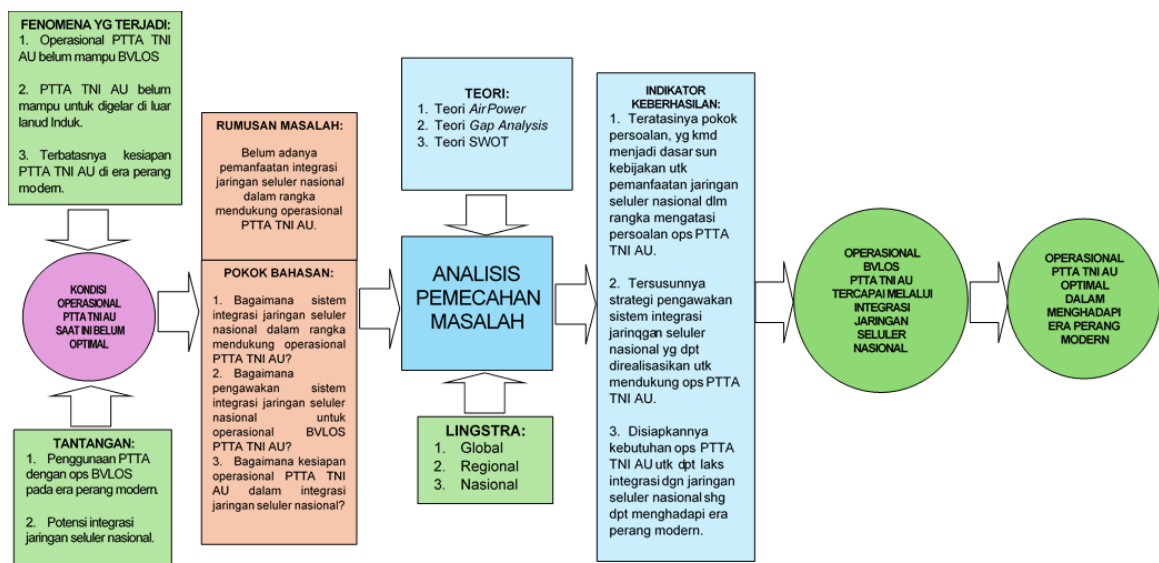
INTERNAL	Strength (Keuntungan)	Weakness (Kelemahan)
EKSTERNAL	Opportunity (Peluang)	Threat (Tantangan)

Sumber: Diolah oleh Penulis, 2025 dari Easterday & Iverson (2014)

Gambar 2. Matriks Teori SWOT

### 3. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif-analitis dengan pendekatan kualitatif untuk menggambarkan dan menganalisis kondisi aktual sistem komunikasi PTTA Angkatan Udara Indonesia serta potensinya untuk terintegrasi dengan jaringan seluler nasional. Teknik yang digunakan meliputi tinjauan literatur untuk mengumpulkan data dan teori pendukung, *Gap Analysis* untuk mengidentifikasi perbedaan antara kondisi *existing* dan ideal dari sistem terintegrasi, serta analisis SWOT untuk mengevaluasi kekuatan, kelemahan, peluang, dan ancaman yang dihadapi dalam implementasi sistem. Subjek penelitian meliputi personel Angkatan Udara Indonesia dan operator seluler, sementara objek penelitian berfokus pada sistem komunikasi tiga jenis PTTA—CH-4, Aerostar, dan Skywalker—serta jaringan seluler nasional 4G dan 5G. Terlihat pada Gambar 3.



Sumber: Diolah oleh Penulis, 2025

Gambar 3. Alur Pikir Penelitian

#### 4. Hasil dan Diskusi

##### 4.1. Sistem Integrasi Jaringan Seluler Dalam Rangka Mendukung Operasional PTTA TNI AU

Dalam analisis menggunakan Teori *Air Power* dari Billy Mitchell dalam Melville (2014) yang menitikberatkan pada tiga elemen utama: ketinggian (*height*), kecepatan (*speed*), dan jangkauan (*reach*), lihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Analisis Air Power Sistem Integrasi Jaringan Seluler Dalam Rangka Mendukung Operasional PTTA TNI AU

Elemen <i>Control of the air</i>	Kondisi PTTA TNI AU saat ini	Kemampuan BVLOS dengan Seluler	Prospek Integrasi
<i>Height</i> (Ketinggian)	Sesuai dengan spesifikasi (sd 18.000 ft)	Menurun sesuai dgn ketinggian sinyal seluler sd 1800-2000 ft	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Untuk PTTA CH-4 dan Aerostar kurang cocok terbang rendah 2000 ft tidak sesuai dengan profil pengintaian yang umumnya terbang tinggi di atas 5000 ft.</li> <li>2. Sangat cocok utk Skywalker krn profil terbang latihan sesuai pada 2000 ft.</li> </ol>
<i>Speed</i> (Kecepatan)	Sesuai spesifikasi (sd 100 kts)	Tidak ada perubahan	Tidak ada perubahan pada propulsi
<i>Reach</i> (Jangkauan)	Sesuai dengan spesifikasi dibatasi LOS (100-250 km)	Jangkauan bertambah sesuai dengan keberadaan sinyal seluler 4G	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Untuk PTTA CH-4 dan Aerostar dapat memberikan BVLOS namun kurang aman untuk profil penerbangan rendah disebabkan kedua PTTA berukuran besar.</li> <li>2. Untuk semua PTTA tidak bisa mendapatkan BVLOS di luar daratan karena ketiadaan antena seluler</li> <li>3. Sangat cocok untuk Skywalker pada semua profil penerbangan dan mampu memberikan BVLOS melebihi pangkalan induknya/GCS.</li> </ol>

Sumber: Diolah oleh Penulis, 2025.

Berdasarkan analisis, integrasi jaringan seluler dinilai paling efektif untuk mendukung operasional BVLOS PTTA Skywalker, sedangkan CH-4 dan Aerostar kurang memperoleh keuntungan karena keterbatasan ketinggian sinyal seluler yang hanya mencapai sekitar 2.000 kaki dan tidak mencakup wilayah perairan. Dari aspek

kecepatan, integrasi tidak memengaruhi performa mesin maupun propulsi karena fokusnya pada sistem kendali. Sementara itu, dari aspek jangkauan, jaringan seluler mampu memperluas area operasi Skywalker, tetapi bagi PTTA berukuran besar seperti CH-4 dan Aerostar, penerbangan rendah berisiko menurunkan tingkat kerahasiaan (*stealth*). Secara keseluruhan, hasil analisis menunjukkan bahwa PTTA Skywalker merupakan platform yang paling siap dan potensial untuk diintegrasikan dengan jaringan seluler nasional, khususnya 4G Indosat yang memiliki kesesuaian pita frekuensi dengan sistem kendalinya.

#### 4.2. Pengawasan Integrasi Jaringan Seluler Nasional Untuk Operasional PTTA TNI AU

Pengawasan integrasi jaringan seluler nasional untuk operasional Pesawat Terbang Tanpa Awak (PTTA) TNI Angkatan Udara) masih menghadapi sejumlah tantangan strategis, terutama dari aspek kesiapan sumber daya manusia (SDM). Rincian hasil analisis tersebut disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Gap Analysis Pengawasan Integrasi Jaringan Seluler Nasional Untuk Operasional PTTA TNI AU

Current State			Future Gap	Gap	Bridge the Gap
Kondisi saat ini	Hasil	Keterangan			
1. Ketersediaan SDM ahli untuk BVLOS	16%	SDM belum siap	SDM yang memadai dan ahli untuk integrasi dan BVLOS	Skeptis terhadap ketersediaan SDM yang memadai.	Mendukung kebijakan pemenuhan SDM ahli
2. Keyakinan kesiapan SDM untuk mendukung integrasi	30%	Pelaku belum meyakini	SDM siap dan berpengalaman dalam integrasi dan BVLOS	Pelaku belum siap menghadapi integrasi.	Mengadakan proyek BVLOS dan integrasi
3. Aspek SDM sebagai prioritas	76%	Prioritas pada SDM terlebih dahulu	SDM memadai secara kemampuan/skill	SDM belum menjadi prioritas	Pemenuhan SDM/skill sebagai aspek kunci.

	<i>Current State</i>		<i>Future Gap</i>	<i>Gap</i>	<i>Bridge the Gap</i>
4. Saran kebutuhan peningkatan SDM untuk mendukung integrasi dan BVLOS	82%	Kebutuhan SDM	Jumlah personel profesional memadai	Perlu penambahan personel profesional	Rekomendasi fokus pada pelatihan teknis, peningkatan kualitas operator, dan regenerasi SDM.
5. Kondisi SDM sebagai kelemahan operasional	54%	Kelemahan pada SDM	SDM pengawakan integrasi dan BVLOS memadai	Keterbatasan SDM ( <i>skill</i> , kuantitas, pelatihan) sebagai kelemahan utama.	Melaksanakan pelatihan dan uji kemampuan.
6. Kebutuhan kolaborasi untuk mendukung integrasi	24%	Kebutuhan bantuan eksternal	Kolaborasi dengan didukung akademisi dan industri	Belum ada kerja sama atau kolaborasi	Saran kerja sama dengan akademisi/ industri.
7. Keyakinan BVLOS harus direalisasi melalui integrasi jaringan seluler nasional	89%	Kemampuan BVLOS menjadi kebutuhan prioritas	Penguasaan BVLOS terintegrasi	BVLOS terintegrasi dengan seluler belum terwujud	Sepakat bahwa BVLOS sebagai <i>strategic enabler</i> perang masa depan.

Sumber: Diolah oleh Penulis, 2025.

Hasil menunjukkan bahwa aspek pengawakan sumber daya manusia (SDM) merupakan faktor paling krusial dalam keberhasilan integrasi jaringan seluler untuk operasional PTTA TNI AU. Berdasarkan hasil *Gap Analysis*, masih terdapat defisit kompetensi teknis dalam penguasaan operasi BVLOS, regenerasi SDM yang belum terarah, serta minimnya kolaborasi eksternal dengan akademisi dan industri. Kondisi ini diperparah oleh kurangnya insentif bagi personel ahli, ketidaksesuaian kurikulum pelatihan dengan kebutuhan teknologi modern seperti 4G/5G, dan budaya organisasi yang masih kurang mendukung inovasi.

Peran kepemimpinan dalam pengembangan SDM juga belum optimal sehingga implementasi kebijakan peningkatan kompetensi belum berjalan efektif. Untuk menjembatani kesenjangan tersebut, diperlukan langkah strategis berupa pelatihan dan sertifikasi teknis BVLOS, insentif karier dan akademik bagi personel ahli, serta pembentukan kolaborasi lintas sektor melalui *innovation hub* bersama perguruan tinggi dan industri telekomunikasi. Dengan menempatkan SDM sebagai penggerak utama

inovasi, TNI AU dapat mempercepat adopsi teknologi integrasi seluler dan meningkatkan kesiapan operasional dalam menghadapi tantangan pertahanan udara modern.

#### 4.3. Kesiapan Operasional PTTA TNI AU dalam integrasi jaringan seluler nasional

Sesuai teori *Gap Analysis*, dari data dan fakta yang telah diambil akan dibahas dengan memberikan tiga celah prioritas atau yang paling signifikan yang disampaikan pada Tabel 3.

Tabel 3. *Gap Analysis Operasional PTTA TNI AU Dalam Integrasi Jaringan Seluler Nasional*

Obyek	Current State	Future State	Gap	Bridge the Gap
Jaringan seluler nasional	1. Sudah mencakup daratan Indonesia, namun tidak perairan/laut 2. Memiliki pita frekuensi 4G yang mengakomodir PTTA. 3. Sinyal terbatas sampai ketinggian $\pm 1700$ ft AGL.	1. Dapat memberikan sinyal lepas pantai 2. Dapat mengakomodir frekuensi PTTA. 3. Sinyal dapat mencapai ketinggian operasional.	1. Cakupan 4G lepas pantai belum memadai 2. Frekuensi 4G blm digunakan utk PTTA. 3. Sinyal terbatas di ketinggian operasional $> 1700$ ft.	1. Memperluas cakupan sinyal lepas pantai. 2. Integrasi frekuensi melalui sistem khusus. 3. Penataan antena BTS untuk memberikan layanan PTTA.
PTTA TNI AU: 1. CH-4 2. Aerostar 3. Skywalker	1. Frekuensi PTTA pada kanal C-Band sama dengan sinyal 4G seluler 2. Hanya Skywalker yang memiliki frekuensi serupa dengan 4G nasional (Indosat) 3. CH-4 dan Aerostar beroperasi di pulau 3T dan di luar pulau Jawa shg cakupan sinyal seluler kurang dibandingkan Skywalker	1. Jaringan seluler dapat diintegrasikan utk BVLOS PTTA TNI AU. 2. BVLOS dgn jaringan seluler nasional dapat mendukung profil terbang operasional PTTA TNI AU. 3. Jaringan seluler nasional ditingkatkan utk Lanud induk PTTA TNI AU.	1. Sistem jaringan seluler nasional dengan sistem GCS PTTA belum diintegrasikan. 2. Jaringan seluler nasional belum semua mendukung profil operasional PTTA TNI AU. 3. Minimnya jaringan seluler di Lanud induk PTTA di luar pulau Jawa.	1. Integrasi frekuensi melalui sistem khusus. 2. Uji coba integrasi 4G Indosat dengan Skywalker sebagai <i>pilot project</i> . 3. Penambahan jaringan seluler yang dapat berintegrasi dengan Lanud Satuan PTTA

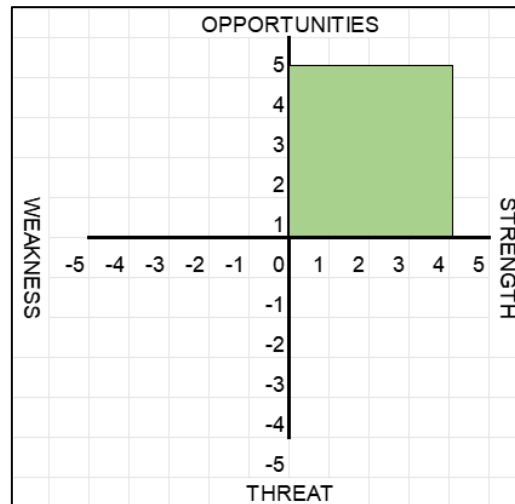
Sumber: Data diolah Penulis, 2025.

Selanjutnya untuk memperdalam pemahaman terhadap faktor-faktor strategis yang memengaruhi implementasi sistem ini, dilakukan analisis SWOT guna menilai kekuatan (*Strengths*), kelemahan (*Weaknesses*), peluang (*opportunities*), dan ancaman (*Threats*) dari integrasi jaringan seluler nasional dalam operasional PTTA TNI AU.

Tabel 4. SWOT Analysis Operasional PTTA TNI AU Dalam Integrasi Jaringan Seluler Nasional.

<b>Faktor Strategis Internal (IFAS)</b>		<b>Bobot</b>	<b>Rating</b>	<b>Score</b>
<i>Strength</i>	1. Jaringan seluler nasional sangat memadai untuk BVLOS di daratan Indonesia.	0,20	4,00	0,80
	2. Landasan hukum operasional untuk integrasi sudah lengkap.	0,20	4,00	0,80
	3. Integrasi seluler nasional tidak memerlukan biaya penggunaan sinyal.	0,10	3,00	0,30
<i>Weakness</i>	1. Ketinggian dan cakupan sinyal seluler terbatas di daratan.	0,20	5,00	1,00
	2. Tidak semua frekuensi PTTA TNI AU cocok dengan 4G nasional.	0,20	4,00	0,80
	3. TNI AU dan operator seluler belum punya pengalaman integrasi.	0,10	3,00	0,30
<b>TOTAL</b>		<b>1,00</b>		<b>4,20</b>
<b>Faktor Strategis Eksternal (EFAS)</b>		<b>Bobot</b>	<b>Rating</b>	<b>Score</b>
<i>Opportunities</i>	1. Teknologi BVLOS mudah dan murah untuk digunakan dan banyak contoh keberhasilan dari negara lain.	0,20	3,00	0,60
	2. Perkembangan dan pembangunan antena pemancar seluler nasional diproyeksikan meningkat dalam tahun-tahun mendatang.	0,20	5,00	1,00
	3. Integrasi seluler nasional sangat mendukung operasional BVLOS PTTA kelas kecil-mikro yang bersifat taktis dan masif untuk perang modern.	0,20	4,00	0,80
<i>Threats</i>	1. Penurunan performa layanan sipil bila prioritas digunakan militer.	0,10	4,00	0,40
	2. Kerahasiaan operasional PTTA TNI AU kelas MALE menurun karena menggunakan sinyal publik.	0,10	5,00	0,50
	3. Perlu pengamanan siber tambahan untuk integrasi seluler di kedua pihak.	0,20	5,00	1,00
<b>TOTAL</b>		<b>1,00</b>		<b>4,30</b>

Sumber: Data diolah Penulis, 2025.



Sumber: Data diolah Penulis, 2025.

Gambar 4. Diagram SWOT Analysis Operasional PTTA TNI AU Dalam Integrasi Jaringan Seluler Nasional

Berdasarkan analisis Tabel 4 dan Gambar 4, kesiapan operasional PTTA TNI AU dalam integrasi jaringan seluler nasional masih menghadapi sejumlah kendala strategis, baik dari aspek teknis maupun infrastruktur. Pertama, terdapat ketidakcocokan frekuensi operasional, di mana hanya PTTA Skywalker yang kompatibel dengan jaringan 4G Indosat (900 MHz), sementara CH-4 dan Aerostar menggunakan frekuensi C-Band (4.400–5.100 MHz) yang tidak sesuai dengan spektrum seluler nasional. Kedua, jangkauan sinyal seluler masih terfokus di wilayah urban Pulau Jawa, sedangkan area strategis seperti perbatasan laut dan pulau terluar minim infrastruktur pendukung. Ketiga, ketergantungan pada infrastruktur komersial menimbulkan kerentanan terhadap gangguan atau sabotase dalam situasi konflik. Selain itu, keamanan siber menjadi isu kritis karena penggunaan jaringan publik berpotensi terhadap serangan *jamming* dan peretasan. Dari sisi teknologi, implementasi 5G dan arsitektur antena seluler belum sepenuhnya mendukung ketinggian operasional PTTA kelas MALE yang melebihi 5.000 kaki, sehingga diperlukan modifikasi antena dan penguatan jaringan di sekitar pangkalan udara. Perbandingan penggunaan integrasi berbasis satelit LEO dan antena seluler darat pada Tabel 5.

Tabel 5. Tabel Komparasi Integrasi Jaringan Seluler dan Satelit Nasional

DATA	Antena seluler BTS	Satelit (GEO/LEO)
<b>Cakupan</b>	Terbatas 5-10 km	Sangat luas, cakupan global
<b>Lantensi/Kecepatan</b>	Lebih cepat	Lebih lambat karena jarak relai yang jauh
<b>Jumlah Operator</b>	7 operator PT. Hutchison 3 (Tri), PT. XL Axiata (XL), PT. Indosat (Indosat), PT. Sampoerna (Ceria), PT. Telkomsel, PT. Smartfren dan PT. Bakrie Telecom.	5 operator: Telkom, Indosat, PSN, MNC dan BRI
<b>Biaya operasional</b>	Lebih murah	Biaya awal yang lebih tinggi
<b>Gangguan</b>	Lebih kecil	Terkena gangguan cuaca dan efek kosmos
<b>Jangkauan vertikal Area</b>	1500 ft Daratan dan pantai	36000 km Darat dan lautan
<b>Masa pakai</b>	Lebih dari 20 tahun	15-20 tahun
<b>Frekuensi</b>	Terbatas	Mencapai ratusan transponder.
<b>Pemakaian energi</b>	Tinggi	Rendah

Sumber: Diolah Penulis, 2025 dari Almalki (2019)

Pada studi kasus *drone* Shaheed buatan Iran yang digunakan Rusia di perang Ukraina menunjukkan keberhasilan penerapan sistem kendali hibrida untuk operasi jarak jauh (BVLOS). *Drone* ini memanfaatkan kombinasi GPS, *inertial navigation system* (INS), dan sinyal seluler operator nasional Ukraina (Kyivstar) sebagai sistem cadangan kendali saat menghadapi gangguan GPS. Pada fase serangan di ketinggian rendah, sinyal seluler digunakan untuk meningkatkan akurasi posisi dan transmisi data, sehingga mampu menembus pertahanan elektronik lawan. Strategi ini menunjukkan bahwa integrasi jaringan seluler dapat berfungsi sebagai solusi pendukung dalam mempertahankan kendali *drone* di kondisi perang elektronik intensif. Penerapan sistem kendali hibrida pada *drone* Shaheed terlihat pada Gambar 5.



(a) Modem Berisi Kartu Seluler Kyivstar Pada Drone Shaheed (Priezkalns, 2023) (b) Spesifikasi Drone Shaheed (Iswnnews, 2024)

*Gambar 5. Penerapan Sistem Kendali Hibrida pada Drone Shaheed*

Secara keseluruhan, kesiapan operasional PTTA TNI AU dalam integrasi jaringan seluler nasional masih terbatas pada aspek teknis. Terutama akibat ketidakcocokan frekuensi, infrastruktur tidak merata, dan kerentanan keamanan siber. Untuk mencapai integrasi optimal, diperlukan: alokasi spektrum frekuensi khusus militer, pembangunan infrastruktur BTS pertahanan di wilayah 3T dan perairan, serta pengembangan teknologi enkripsi kuantum dan jaringan cadangan militer. Tanpa intervensi kebijakan dan teknologi yang sistematis, integrasi ini hanya akan efektif untuk operasi taktis terbatas, bukan misi strategis jangka panjang.

#### 4.4. Indikator Keberhasilan

Indikator keberhasilan ditetapkan untuk menilai sejauh mana strategi integrasi jaringan seluler nasional dapat mendukung kesiapan operasional PTTA TNI AU secara efektif. Indikator tersebut dibagi menjadi tiga kelompok utama, yaitu penyelesaian persoalan operasional, strategi pengawakan sistem integrasi, dan pemenuhan kebutuhan pertahanan modern.

Teratasinya pokok-pokok persoalan operasional PTTA TNI AU ditandai dengan penerapan strategi S-T dan W-O untuk mengatasi kendala teknis dan regulatif. Keberhasilan diukur melalui tiga capaian utama, yaitu: (1) alokasi frekuensi khusus militer (3,5–4,2 GHz) yang menjamin keamanan dan kompatibilitas komunikasi PTTA kelas MALE; (2) pembangunan infrastruktur hibrida (gabungan 4G/5G dan satelit) di

wilayah 3T melalui kolaborasi dengan operator nasional; serta (3) penerapan sistem prioritas dinamis *bandwidth* yang memastikan stabilitas komunikasi militer tanpa mengganggu layanan sipil.

Tersusunnya strategi pengawakan sistem integrasi menjadi indikator keberhasilan berikutnya dengan penerapan strategi S-O dan W-O. Langkah awalnya meliputi: (1) uji coba terbatas (*pilot project*) menggunakan PTTA Skywalker di Lanud Wiriadinata yang kompatibel dengan jaringan Indosat 900 MHz dan dapat dioptimalkan dengan *upgrade* baterai *Long Endurance* hingga 2,7 jam (Gambar 6), (2) modifikasi antena BTS dengan sudut *uptilt* terbatas 5°–10° untuk menjangkau ketinggian operasional 2.000–10.000 ft, dan (3) kolaborasi teknis dengan operator seluler melalui penerapan *software-defined radio* (SDR) dan penyediaan *dedicated bandwidth* untuk kebutuhan pertahanan.

Endurance	
5000 mAh battery option.....	30 min minimum
10000 mAh battery option.....	1 hour minimum
Long Endurance battery option.....	Up to 2.7 hours
Typical Cruising speed.....	45 km/h

Sumber: Airelectronics (2020)

Gambar 6. Opsi Upgrade Baterai Skywalker Dari Pabrikasi Airelectronics

Terpenuhinya kebutuhan operasional dalam menghadapi perang modern difokuskan pada strategi S-T dan W-T. Indikator keberhasilannya meliputi: (1) penerapan enkripsi adaptif untuk melindungi *datalink* dari *jamming* dan *spoofing*; (2) pembangunan jaringan komunikasi militer terpisah (*dedicated military network*) berbasis cadangan satelit LEO guna mengurangi ketergantungan pada infrastruktur komersial; dan (3) kemitraan dengan entitas siber nasional seperti BSSN serta startup keamanan siber untuk mengembangkan *firewall* berbasis AI dan pelatihan teknis bagi personel TNI AU.

Selain itu, keberhasilan strategis jangka panjang juga ditunjukkan melalui (4) revisi spesifikasi teknis pengadaan PTTA TNI AU, agar setiap unit baru memiliki kemampuan integrasi dengan jaringan seluler dan satelit nasional. Seperti disampaikan oleh Kadiskomleka Marsma TNI Dr. Penny Rajendra (wawancara, 25 Maret 2025), CH-4 seri

terbaru direncanakan memiliki kemampuan BVLOS berbasis satelit nasional. Namun, pengadaan PTTA Anka-S dari Turki masih terkendala secara administratif hingga awal 2025 (Perdana, 2025). Adapun spesifikasi komunikasi Anka-S yang menunjukkan keterbatasan kompatibilitas dengan frekuensi seluler nasional ditampilkan pada Gambar 7.



Sumber: Satgas Anka TNI AU (2023)

*Gambar 7. Spesifikasi Komunikasi Anka-S*

Secara keseluruhan, indikator-indikator tersebut menjadi tolok ukur konkret keberhasilan implementasi integrasi jaringan seluler dalam meningkatkan kapabilitas PTTA TNI AU menuju operasi udara modern yang tangguh, adaptif, dan berdaya saing tinggi di era pertahanan berbasis teknologi.

## 5. Kesimpulan

Dalam studi ini menunjukkan bahwa integrasi jaringan seluler nasional memiliki potensi besar untuk mendukung operasi pesawat tak berawak (UAV) Angkatan Udara Indonesia, terutama dalam mewujudkan kemampuan *Beyond Visual Line of sight* (BVLOS) yang menjadi tuntutan perang modern.

Integrasi jaringan seluler nasional dalam rangka mendukung operasional PTTA TNI AU memiliki peluang yang besar dengan tingkat keyakinan mencapai 89%. Sistem integrasi ini dapat dimungkinkan dengan adanya kecocokan frekuensi antara operator seluler dengan kendali PTTA TNI AU. Ditemukan bahwa PTTA Skywalker dari Skadik 103 unggul karena kompatibilitas frekuensi dengan jaringan 4G Indosat (900 Mhz)

sehingga memungkinkan operasi BVLOS. Sementara CH-4 dan Aerostar terhambat oleh ketidakcocokan frekuensi dan risiko deteksi saat terbang rendah.

Dalam pengawakan sistem integrasi ini ditemukan keterbatasan SDM dan infrastrukturnya sebagai kelemahan internal. Hanya 16% SDM TNI AU dan operator seluler yang diyakini kompeten untuk mendukung dalam operasi BVLOS. Lebih lanjut keterbatasan infrastruktur seluler nasional belum menjangkau wilayah maritim serta ketinggian operasional PTTA TNI AU yang dapat mencapai 18.000 ft.

Kesiapan operasional PTTA TNI AU dalam integrasi jaringan seluler nasional dalam menghadapi era perang modern menghadapi ancaman keamanan siber dan tantangan ketergantungan jaringan sipil sebagai faktor eksternal. Penggunaan jaringan publik berisiko terhadap serangan siber, sementara ketergantungan pada infrastruktur komersial rentan terhadap penumpukan dalam skenario konflik.

Untuk indikator keberhasilan, maka diperlukan strategi SWOT yang paling utama yaitu fokus pada *strength-opportunities* (S-O). Strategi ini adalah kombinasi kekuatan jaringan seluler yang memadai (*strength*) dengan peluang teknologi BVLOS yang murah (*opportunity*). Salah satu upaya perintis berupa uji coba PTTA Skywalker yang memanfaatkan jaringan 4G/5G Indosat tanpa modifikasi besar.

## 6. Ucapan Terima kasih

Artikel ini disusun di bawah bimbingan Marsda (Purn) Prof. Dr. Ir. Asep Adang Supriyadi, S.T., M.M., IPU., ASEAN.Eng., Letkol Tek Dr. Ir. Novky Asmoro, S.T., M.Si (Han), IPU., Kolonel Pas Dr. Drs. Marsono, M.Si., CIQnR., Kolonel Sus (Purn) Dr. Drs. Andi Arman, M.Si., dan Kolonel Inf (Purn) Dr. Almuchalif Suryo, S.I.P., M.A. Penulis dengan tulus mengucapkan terima kasih kepada para Profesor dan Dosen atas bimbingan dan masukan berharga yang diberikan selama proses penyusunan artikel ini.

## Daftar Pustaka

Achmad, N. M., & Santosa, B. (2023). KSAU Resmikan Skadron Pendidikan untuk Para Penerbang Drone Tempur. *KOMPAS.Com*.



[https://nasional.kompas.com/read/2023/08/22/13450151/ksau-resmikan-skadron-\*pendidikan-untuk-para-penerbang-drone-tempur\*](https://nasional.kompas.com/read/2023/08/22/13450151/ksau-resmikan-skadron-<i>pendidikan-untuk-para-penerbang-drone-tempur</i>)

- Airelectronics. (2020). *Products manual*.  
<https://airelectronics.es/products/solutions/skywalker/>
- Almalki, F. A. (2019). Comparative and QoS Performance Analysis of Terrestrial-aerial Platforms-satellites Systems for Temporary Events. In *ResearchGate*.  
[https://www.researchgate.net/figure/Comprehensive-Comparison-between-terrestrial-aerial-platforms-and-satellite-systems\\_tbl1\\_337835156](https://www.researchgate.net/figure/Comprehensive-Comparison-between-terrestrial-aerial-platforms-and-satellite-systems_tbl1_337835156)
- Aulia, T. (2023). *Research Gap: Definisi, Jenis dan Contohnya – UPT Jurnal*. In *UPT Jurnal*.  
<https://uptjurnal.umsu.ac.id/research-Gap-definisi-jenis-dan-contohnya/>
- Easterday, J. S., & Iverson, J. (2014). *Jus Post Bellum* (C. Stahn (ed.)). Oxford University Press.  
[https://www.google.co.id/books/edition/Jus\\_Post\\_Bellum/59bQAgAAQBAJ?hl=en&gbpv=1&dq=swot+analysis+military+theory&pg=PA542&printsec=frontcover](https://www.google.co.id/books/edition/Jus_Post_Bellum/59bQAgAAQBAJ?hl=en&gbpv=1&dq=swot+analysis+military+theory&pg=PA542&printsec=frontcover)
- Express, D. (2024). New MacGyvered Russian Drones Analyzed: Dissecting the Foam UAV with a SIM Card | Defense Express. In *Defense Express*. [https://en.defence-ua.com/weapon\\_and\\_tech/new\\_macgyvered\\_russian\\_drones\\_analyzed\\_dissecting\\_the\\_foam\\_uav\\_with\\_a\\_sim\\_card-11293.html](https://en.defence-ua.com/weapon_and_tech/new_macgyvered_russian_drones_analyzed_dissecting_the_foam_uav_with_a_sim_card-11293.html)
- Gur, E. (2024). Enhancing BVLOS Drone Operations with SATCOM Technology. In *Elsight*. <https://www.elsight.com/blog/how-satcom-is-used-for-bvlos-drone-flights/>
- Iswnews. (2024). Military Knowledge: Shahed-238 Suicide Drone; Advanced Version Of Shahed-136 Equipped With Jet Engine - Islamic World News. In *Islamic World News*. <https://english.iswnews.com/30580/military-knowledge-new-version-of-shahed-136-suicide-drone-equipped-with-jet-engine/>
- Nota Kesepahaman No. 784 Tahun 1999 Tentang Sinergitas Pertahanan Negara, (2019).
- Koopsud, I. (2022). Profil dan Sejarah Lanud Supadio – Koopsud I. In *Koopsud I*.  
<https://koopsud1.tni-au.mil.id/profil-dan-sejarah-lanud-supadio/>
- Kurnetova, D. (2023). *Drones have boots: Learning from Russia's war in Ukraine*. 44.  
<https://doi.org/10.1080/13523260.2023.2262792>
- Keputusan Kasau No. 127/II/2016 Tentang Juknis Pengoperasian PTTA, (2016).
- Keputusan Kasau No. 300/XI/2020 Tentang Juknis Pembinaan dan Pengendalian Pengoperasian Penerbangan PTTA Drone, (2020).
- Melville. (2014). *A VISUAL MODEL OF AIR POWER*. RAF.  
<https://www.raf.mod.uk/what-we-do/centre-for-air-and-space-power-studies/documents1/re-presenting-british-air-power-doctrine-a-visual-model-of-air-power/>

- Morales, J. (2023). Apa itu Analisis Kesenjangan dan Bagaimana Cara Kerja Analisis Kesenjangan. In *Mindonmap.Com*. <https://www.mindonmap.com/id/blog/what-is-gap-analysis/>
- Perdana, G. (2025). Dikabarkan Tiba di 2023, Ternyata Pengadaan *Drone* Tempur (UCAV) Anka Belum Kontrak Efektif. In *Indomiliter.Com*. <https://www.indomiliter.com/dikabarkan-tiba-di-2023-ternyata-pengadaan-drone-tempur-ucav-anka-belum-kontrak-efektif/>
- Prabowo, D. (2024). *Drone: "Game Changer"* Kekuatan Udara TNI AU Halaman all—*Kompas.com*. In *Kompas.com*. [https://nasional.kompas.com/read/2024/05/30/06000071/drone-game-changer-kekuatan-udara-tni-au?page=all#google\\_vignette](https://nasional.kompas.com/read/2024/05/30/06000071/drone-game-changer-kekuatan-udara-tni-au?page=all#google_vignette)
- Priezkalns, E. (2023). Russian Attack *Drone* Had Ukrainian Network SIM for Guidance or Remote Control | *Commsrisk*. In *Commsrisk*. <https://commsrisk.com/russian-attack-drone-had-ukrainian-sim-believed-to-have-been-used-for-guidance-and-control/>
- Satgas Anka TNI AU. (2023). *Laporan Kesiapan Satuan Tugas Anka*. Satgas Anka TNI AU.
- Undang-Undang RI No 36 Tahun 1999 Tentang Telekomunikasi, (1999).
- Undang-Undang RI No 3 Tahun 2002 Tentang Pertahanan Negara, (2002).
- Undang-Undang RI No 34 Tahun 2004 Tentang TNI, (2004).
- Tariden, T. (2021). Perkuat Pertahanan di Natuna, TNI AU Resmikan Skadron 52 dan Denhanud 477 Paskhas di Ranai—*Tribun-medan.com*. *Tribun-Medan.Com*. <https://medan.tribunnews.com/2021/10/22/perkuat-pertahanan-di-natuna-tni-au-resmikan-skadron-52-dan-denhanud-477-paskhas-di-ranai>
- Keputusan Panglima TNI No. 545/V/2019 Tentang Doktrin Swa Bhuana Paksa, (2019).