

Strategi Pemanfaatan UAV dan Informasi Geospasial untuk Deteksi Dini Tugas Pamrahan TNI AD

Alfa Erydani¹ Moch Afifuddin² Rudy Sutanto³

Program Studi Strategi Pertahanan Darat, Fakultas Strategi Pertahanan, Universitas
Pertahanan Republik Indonesia, Jakarta, Indonesia^{1,2,3}

Email: alfa.erydani@idu.ac.id¹ moch.afifuddin@idu.ac.id² rudy.sutanto@idu.ac.id³

Abstrak

Penelitian ini bertujuan menganalisis karakteristik wilayah dan kebutuhan operasional deteksi dini, mengkaji pemanfaatan Unmanned Aerial Vehicle (UAV) dan informasi geospasial, mengidentifikasi kendala pemanfaatannya, serta merumuskan strategi pemanfaatannya guna mendukung tugas Pengamanan Daerah Rawan (Pamrahan) TNI Angkatan Darat di Distrik Kenyam, Kabupaten Nduga. Penelitian menggunakan pendekatan kualitatif dengan desain studi kasus eksploratif-deskriptif. Informan terdiri atas komandan pos, operator UAV, analis informasi geospasial, tokoh masyarakat, dan akademisi yang dipilih secara purposive. Data dikumpulkan melalui wawancara, observasi, dan dokumentasi, lalu dianalisis secara tematik. Hasil penelitian menunjukkan karakteristik geografis Distrik Kenyam yang didominasi pegunungan dan hutan lebat membatasi pengawasan konvensional sehingga meningkatkan kebutuhan deteksi dini berbasis teknologi. Integrasi UAV dengan informasi geospasial memperluas cakupan pengawasan, mempercepat perolehan informasi, dan meningkatkan kualitas pengambilan keputusan, meskipun masih menghadapi kendala teknis dan nonteknis. Penelitian merumuskan strategi melalui peningkatan kompetensi sumber daya manusia, modernisasi UAV, integrasi data real-time, penguatan sistem informasi geospasial, penyempurnaan prosedur operasional, serta penguatan dukungan kelembagaan.

Kata Kunci: UAV, Informasi Geospasial, Deteksi Dini, Strategi Pertahanan

Abstract

This study analyzes regional characteristics and operational needs for early detection, examines the utilization of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) and geospatial information, identifies the constraints of their utilization, and formulates strategies for their use to support the Indonesian Army's High-Risk Area Security Operations (Pamrahan) in Kenyam District, Nduga Regency. This study employed a qualitative approach with an exploratory-descriptive case study design. Informants consisted of post commanders, UAV operators, geospatial information analysts, community leaders, and academics selected purposively. Data were collected through interviews, observation, and documentation, then analyzed thematically. Results show the mountainous, densely forested geography of Kenyam District limits conventional surveillance, increasing the need for technology-based early detection. Integrating UAVs with geospatial information expands surveillance coverage, accelerates information acquisition, and improves decision-making quality, although technical and non-technical constraints remain. The study formulates a strategy through strengthening human resource competence, UAV modernization, real-time data integration, geospatial system reinforcement, refining operating procedures, and strengthening institutional support.

Keywords: UAV, Informasi Geospasial, Deteksi Dini, Strategi Pertahanan



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

PENDAHULUAN

Lingkungan strategis global saat ini ditandai oleh perubahan karakter ancaman keamanan yang semakin kompleks. Ancaman tidak lagi didominasi oleh konflik konvensional antarnegara, tetapi berkembang menjadi bentuk multidimensional yang melibatkan aktor negara maupun nonnegara, mulai dari separatisme, gangguan keamanan lintas wilayah, hingga kejahatan yang memanfaatkan kondisi geografis untuk menghindari pengawasan aparat

keamanan. Kondisi tersebut mendorong organisasi pertahanan di berbagai negara untuk memperkuat kemampuan pengawasan wilayah, pengumpulan informasi, dan deteksi dini sebagai bagian penting dari sistem pertahanan modern. Organisasi pertahanan dewasa ini juga dituntut membangun kesadaran situasional (situational awareness) yang memungkinkan pengambil keputusan memahami kondisi lapangan secara tepat waktu, karena kemampuan memperoleh informasi secara cepat, akurat, dan berkelanjutan menjadi faktor penentu keberhasilan operasi keamanan.

Perkembangan teknologi penginderaan jauh dan sistem tanpa awak turut mendorong transformasi cara organisasi pertahanan membangun kesadaran situasional tersebut. Watts et al. (2012) menjelaskan bahwa Unmanned Aerial Vehicle (UAV) mampu menghasilkan data penginderaan jauh secara efektif dengan fleksibilitas yang tinggi dibandingkan metode pengamatan konvensional, sementara Colomina dan Molina (2014) menegaskan bahwa perkembangan UAV telah meningkatkan kualitas akuisisi data spasial untuk kebutuhan pemetaan dan pemantauan wilayah. Nilai UAV akan semakin besar apabila diintegrasikan dengan informasi geospasial, karena informasi geospasial memungkinkan data hasil pengamatan udara diolah menjadi gambaran kondisi ruang, karakteristik wilayah, pola aktivitas, dan potensi ancaman pada suatu lokasi (Longley et al., 2005). Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2011 tentang Informasi Geospasial menegaskan bahwa informasi geospasial memiliki peran penting dalam mendukung perencanaan, pengelolaan wilayah, dan pengambilan keputusan, sehingga penguasaan informasi menjadi sama pentingnya dengan penguasaan wilayah dalam konteks pertahanan negara.

Kebutuhan terhadap sistem deteksi dini berbasis informasi semakin penting bagi Indonesia sebagai negara kepulauan dengan luas wilayah lebih dari delapan juta kilometer persegi dan karakteristik geografis yang sangat beragam. Kondisi tersebut menciptakan tantangan tersendiri dalam pelaksanaan pengawasan wilayah dan pengamanan kedaulatan negara. TNI Angkatan Darat sebagai salah satu komponen utama pertahanan negara melaksanakan tugas Pengamanan Daerah Rawan (Pamrahwan) untuk menjaga stabilitas keamanan pada wilayah yang memiliki tingkat kerawanan tinggi melalui kegiatan pengawasan, pemantauan, pengamanan, dan deteksi dini terhadap berbagai potensi ancaman. Keberhasilan tugas Pamrahwan sangat dipengaruhi oleh kemampuan satuan memperoleh informasi lapangan secara cepat dan akurat sehingga mampu mendukung pengambilan keputusan operasional. Papua, khususnya Provinsi Papua Pegunungan, merupakan salah satu wilayah dengan kompleksitas keamanan tinggi karena posisi geografis yang berbatasan langsung dengan Papua Nugini, kondisi medan yang berat, serta masih adanya aktivitas kelompok bersenjata yang memanfaatkan karakteristik geografis untuk melakukan mobilitas dan menghindari pengawasan aparat keamanan. Distrik Kenyam sebagai ibu kota Kabupaten Nduga memiliki posisi strategis sekaligus rawan gangguan keamanan karena berfungsi sebagai pusat pemerintahan sekaligus wilayah yang beberapa kali menghadapi peristiwa penyerangan terhadap aparat keamanan dan masyarakat. Wilayah ini didominasi pegunungan, lembah sempit, dan hutan tropis yang rapat, dengan keterbatasan infrastruktur transportasi dan komunikasi (BPS Provinsi Papua, 2025).

Kondisi geografis tersebut menyebabkan pengawasan berbasis patroli darat tidak selalu mampu menjangkau seluruh area operasi secara optimal, sehingga berpotensi menimbulkan kesenjangan informasi yang dapat mengurangi kemampuan satuan Pamrahwan mengenali perkembangan situasi sejak tahap awal. Kondisi ideal pelaksanaan tugas Pamrahwan menuntut tersedianya sistem deteksi dini yang mampu menghasilkan informasi secara cepat, akurat, dan berkelanjutan sehingga satuan dapat memperoleh gambaran situasi wilayah secara real-time dan mendistribusikan informasi tersebut kepada pengambil keputusan dalam waktu singkat.

Kapasitas pengawasan konvensional yang tersedia saat ini belum sepenuhnya mendukung kebutuhan tersebut, sedangkan pemanfaatan UAV berpotensi mengurangi sebagian besar keterbatasan tersebut karena mampu melakukan pengamatan udara pada wilayah yang sulit dijangkau patroli darat tanpa meningkatkan risiko terhadap personel.

Penelitian terdahulu telah mengkaji pemanfaatan UAV dan informasi geospasial pada berbagai bidang dan menjadi rujukan penting bagi kajian ini. Sumampouw dan Nurisnaeny (2025) menunjukkan kontribusi geospatial intelligence dalam menganalisis pola ancaman keamanan di Kabupaten Nduga, Papua Pegunungan. Li dan Deliberty (2022) serta Budiharto et al. (2021) menunjukkan bahwa integrasi UAV dan Sistem Informasi Geografis mampu meningkatkan kualitas informasi spasial dan mendukung pengambilan keputusan berbasis lokasi, sedangkan Adiputra et al. (2024), Ali et al. (2022), dan Walter (2010) memperlihatkan peran UAV dan informasi geospasial dalam kegiatan monitoring serta sistem peringatan dini pada konteks kebencanaan dan cuaca ekstrem. Rifai et al. (2024) mengkaji pemanfaatan geospatial intelligence untuk penentuan titik pos lintas batas guna penguatan pertahanan teritorial Negara Kesatuan Republik Indonesia. Buku Putih Pertahanan Indonesia dan Doktrin Kartika Eka Paksi TNI Angkatan Darat menempatkan deteksi dini sebagai unsur penting dalam menjaga stabilitas keamanan dan mencegah berkembangnya ancaman menjadi gangguan yang lebih besar. Penguasaan wilayah dan penguasaan informasi ditegaskan sebagai dua faktor yang saling melengkapi dalam mendukung efektivitas penyelenggaraan pertahanan negara. Dalam konteks tersebut, kemampuan mendeteksi ancaman sejak tahap awal memungkinkan satuan TNI AD mengambil langkah antisipatif sebelum ancaman berkembang menjadi gangguan keamanan yang lebih besar, sekaligus memperkuat fungsi pembinaan teritorial yang menempatkan satuan kewilayahan sebagai unsur terdepan dalam memahami kondisi wilayah dan masyarakat setempat.

Penelitian-penelitian tersebut masih didominasi oleh aspek teknis penggunaan UAV, pengelolaan data geospasial, pemetaan, dan mitigasi bencana pada konteks yang relatif umum. Kajian yang secara khusus mengintegrasikan teknologi UAV dan informasi geospasial untuk mendukung deteksi dini pada pelaksanaan tugas Pamrahan TNI AD, dengan mempertimbangkan karakteristik wilayah operasi, kebutuhan operasional satuan, kesiapan sumber daya manusia, infrastruktur pendukung, prosedur operasional, serta dukungan kelembagaan secara bersamaan, masih sangat terbatas. Kesenjangan tersebut menunjukkan adanya research gap yang perlu dijawab melalui perumusan strategi pemanfaatan kedua teknologi tersebut secara terintegrasi, khususnya pada wilayah dengan tingkat kerawanan dan kompleksitas medan yang tinggi seperti Distrik Kenyam. Kebaruan (novelty) artikel ini terletak pada perumusan strategi yang disesuaikan dengan karakteristik wilayah Kenyam, kebutuhan operasional tugas Pamrahan, kesiapan sumber daya manusia, infrastruktur, prosedur operasional, dan dukungan kelembagaan secara menyeluruh.

Berdasarkan uraian tersebut, artikel ini bertujuan menganalisis karakteristik wilayah dan kebutuhan operasional yang memengaruhi pelaksanaan deteksi dini, mengkaji kondisi pemanfaatan UAV dan informasi geospasial, mengidentifikasi kendala teknis dan nonteknis yang dihadapi, serta merumuskan strategi pemanfaatan UAV dan informasi geospasial yang sesuai dengan karakteristik wilayah dan kebutuhan operasional guna memperkuat deteksi dini dalam pelaksanaan tugas Pamrahan TNI AD di Distrik Kenyam, Kabupaten Nduga, Provinsi Papua Pegunungan. Hasil kajian ini diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan strategis bagi Markas Besar TNI Angkatan Darat dalam pengembangan kemampuan deteksi dini dan pengawasan wilayah pada daerah rawan konflik lain di Indonesia.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode kualitatif dengan desain studi kasus eksploratif-deskriptif untuk memperoleh pemahaman mendalam mengenai strategi pemanfaatan UAV dan informasi geospasial dalam mendukung deteksi dini pada tugas Pamrahan TNI AD. Pendekatan kualitatif dipilih karena permasalahan penelitian menyangkut proses, pengalaman, dan konteks operasional yang memengaruhi efektivitas pemanfaatan teknologi (Creswell & Poth, 2018). Desain studi kasus digunakan untuk menyelidiki fenomena secara mendalam dalam konteks kehidupan nyata (Yin, 2018), sedangkan pendekatan eksploratif-deskriptif diarahkan untuk menggali faktor-faktor yang memengaruhi fenomena sekaligus menghasilkan deskripsi yang kaya berdasarkan perspektif partisipan (Stebbins, 2001). Penelitian difokuskan pada Distrik Kenyam, Kabupaten Nduga, Provinsi Papua Pegunungan, dan dilaksanakan pada periode Agustus 2025 hingga Maret 2026. Informan dipilih melalui teknik purposive sampling berdasarkan pengetahuan, pengalaman, dan keterlibatan dalam kegiatan operasional di lapangan. Kategori dan peran informan penelitian disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kategori dan Peran Informan Penelitian

No	Kategori Informan	Jumlah	Peran dalam Penelitian
1	Komandan Pos/Unsur Operasi	2 orang	Kebijakan dan pelaksanaan operasi Pamrahan
2	Operator UAV	1 orang	Pengoperasian dan pengumpulan data UAV
3	Analisis Informasi Geospasial	1 orang	Pengolahan dan analisis data spasial
4	Personel Pelaksana Pos	2 orang	Pelaksanaan pengawasan dan patroli lapangan

Pengumpulan data dilakukan melalui empat teknik, yaitu wawancara semiterstruktur, observasi nonpartisipatif, dokumentasi, dan studi pustaka (Merriam & Tisdell, 2016; Sugiyono, 2023; Ridley, 2012). Wawancara dilakukan kepada informan yang memiliki pengetahuan mengenai pelaksanaan tugas Pamrahan, pengoperasian UAV, pengelolaan informasi geospasial, dan pengambilan keputusan operasional. Observasi dilakukan hanya pada aspek yang dapat diakses dan telah memperoleh izin, tanpa mencakup informasi operasional yang bersifat rahasia. Dokumentasi meliputi laporan kegiatan, pedoman operasional, peta umum, dan data wilayah yang tidak bersifat rahasia, sedangkan studi pustaka digunakan untuk memperkuat landasan konseptual penelitian. Data dianalisis menggunakan analisis tematik yang dikembangkan oleh Braun dan Clarke (2006), meliputi tahap familiarisasi data, pengodean, pembentukan kategori, pengembangan tema, interpretasi, dan penyusunan laporan penelitian. Familiarisasi data dilakukan dengan mentranskripsikan seluruh hasil wawancara dan membacanya berulang kali untuk memahami konteks dan keterkaitan informasi antarinforman. Pengodean data menghasilkan kode awal berupa karakteristik wilayah, kebutuhan operasional, pemanfaatan UAV, pemanfaatan informasi geospasial, kesiapan sumber daya manusia, dukungan infrastruktur, prosedur operasional, serta kendala teknis dan nonteknis, yang kemudian dikelompokkan menjadi kategori dan dikembangkan menjadi tema utama penelitian. Interpretasi tema dilakukan dengan menghubungkan hasil penelitian pada teori strategi Ends-Ways-Means dari Lykke (1989) dan konsep strategy bridge dari Gray (2010) untuk menghasilkan alternatif strategi yang selanjutnya dianalisis berdasarkan faktor internal dan eksternal melalui pendekatan analisis SWOT sederhana. Kredibilitas penelitian dijaga melalui triangulasi sumber antarinforman dan antarteknik pengumpulan data, member checking terhadap hasil wawancara, serta penyusunan audit trail yang mendokumentasikan seluruh proses analisis mulai dari transkrip wawancara hingga penyusunan tema (Nowell et al., 2017; Castleberry & Nolen, 2018). Seluruh informasi mengenai posisi satuan, jalur patroli, dan data operasional yang bersifat sensitif tidak disajikan secara rinci dalam artikel ini untuk menjaga aspek kerahasiaan operasional.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada Satuan Tugas Pamrahan TNI AD yang bertugas di Distrik Kenyam, Kabupaten Nduga. Karakteristik wilayah penelitian didominasi oleh pegunungan, lembah sempit, dan hutan tropis yang rapat dengan keterbatasan akses transportasi darat. Kondisi tersebut menyebabkan sebagian ruang operasi tidak dapat diamati secara optimal melalui patroli konvensional. Kebutuhan operasional yang paling menonjol adalah percepatan perolehan informasi lapangan, perluasan cakupan pengawasan, dan integrasi data dari berbagai sumber untuk mendukung pengambilan keputusan komandan satuan secara tepat waktu. Ancaman keamanan yang berkembang di Distrik Kenyam memiliki dimensi lebih luas dibandingkan sekadar serangan bersenjata terhadap aparat keamanan, karena juga mencakup gangguan terhadap objek vital, sarana transportasi udara, serta stabilitas aktivitas sosial dan ekonomi masyarakat. Kelompok bersenjata memanfaatkan pegunungan, lembah, dan tutupan vegetasi yang rapat sebagai ruang manuver untuk menghindari pengawasan aparat keamanan, sehingga ancaman di wilayah ini memiliki dimensi spasial yang kuat. Pemanfaatan UAV pada satuan Pamrahan berfungsi sebagai instrumen Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance (ISR) yang digunakan untuk pengamatan udara, identifikasi jalur mobilitas, dan pemantauan area yang sulit dijangkau patroli darat. Informasi geospasial dimanfaatkan untuk mengintegrasikan citra hasil pengamatan UAV dengan data topografi, jalur transportasi, lokasi objek penting, dan tingkat kerawanan wilayah, sehingga menghasilkan gambaran situasi yang lebih komprehensif dibandingkan penggunaan salah satu teknologi secara terpisah. Bentuk pemanfaatan UAV dan informasi geospasial berdasarkan fungsi operasionalnya disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Bentuk Pemanfaatan UAV dan Informasi Geospasial Berdasarkan Fungsi Operasional

Fungsi Operasional	Bentuk Pemanfaatan
Pengawasan wilayah	Pengamatan udara pada area yang sulit dijangkau patroli darat
Pemetaan dan analisis spasial	Integrasi citra UAV dengan data topografi dan jalur mobilitas
Perencanaan patroli	Penentuan prioritas dan jalur patroli berbasis peta kerawanan
Deteksi dan peringatan dini	Penyusunan informasi situasional dan peta ancaman

Efektivitas keberhasilan misi UAV sangat dipengaruhi oleh kegiatan perencanaan penerbangan, identifikasi kondisi cuaca, penentuan rute, dan pengendalian misi. Data hasil pengamatan UAV baru memiliki nilai operasional apabila telah diolah menjadi informasi yang dapat digunakan komandan untuk menentukan prioritas patroli, mengidentifikasi jalur mobilitas kelompok bersenjata, dan menempatkan personel pada area rawan. Informasi hasil integrasi UAV dan sistem informasi geospasial juga digunakan sebagai dasar penyusunan peta ancaman dan peta kerawanan wilayah yang mendukung early warning satuan. Meskipun UAV dan informasi geospasial telah meningkatkan jangkauan pengawasan, pemanfaatannya masih menghadapi berbagai kendala teknis dan nonteknis. Kendala teknis meliputi pengaruh cuaca ekstrem, gangguan sinyal komunikasi pada wilayah perbukitan dan lembah, keterbatasan daya tahan baterai UAV, serta proses pengolahan data yang masih memerlukan waktu dan perangkat khusus. Kendala nonteknis meliputi keterbatasan kompetensi operator UAV dan analisis geospasial, koordinasi antarunsur yang belum sepenuhnya sinkron, keterbatasan dukungan infrastruktur dan kelembagaan, serta tingkat penerimaan masyarakat terhadap penggunaan teknologi pengawasan. Rincian kendala tersebut disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Kendala Teknis dan Nonteknis dalam Pemanfaatan UAV dan Informasi Geospasial

Kategori	Bentuk Kendala
Teknis	Cuaca ekstrem, gangguan sinyal komunikasi, keterbatasan daya tahan baterai, waktu pengolahan data

Nonteknis	Kompetensi operator dan analis, koordinasi antarunsur, dukungan infrastruktur, penerimaan masyarakat
-----------	--

Hasil analisis kekuatan, kelemahan, peluang, dan ancaman (SWOT) menunjukkan bahwa satuan Pamrahan telah memiliki modal dasar yang cukup kuat berupa pengalaman operasi, pemahaman medan, dan dukungan komando, yang dapat menjadi fondasi pengembangan kemampuan deteksi dini berbasis UAV dan informasi geospasial. Faktor eksternal berupa perkembangan teknologi UAV, kemajuan sistem geospasial, dan transformasi digital TNI menciptakan peluang bagi peningkatan kemampuan pengawasan wilayah, sementara kelemahan pada aspek kompetensi personel dan integrasi data, serta ancaman berupa dinamika ancaman dan kondisi cuaca yang tidak menentu, menuntut strategi mitigasi yang berorientasi pada penguatan kapasitas organisasi. Berdasarkan tema-tema tersebut, dirumuskan strategi pemanfaatan UAV dan informasi geospasial melalui model yang terdiri atas komponen input, process, output, dan outcome. Komponen input mencakup sumber daya manusia, perangkat UAV, sistem informasi geospasial, kebijakan, dan infrastruktur pendukung. Komponen process mencakup akuisisi data, analisis, integrasi, dan verifikasi informasi. Komponen output berupa informasi situasional, peta ancaman, dan peta kerawanan wilayah, sedangkan komponen outcome berupa peningkatan kemampuan deteksi dini, efektivitas pengawasan wilayah, dan percepatan pengambilan keputusan operasional dalam pelaksanaan tugas Pamrahan TNI AD.

Pembahasan

Karakteristik wilayah Distrik Kenyam menunjukkan bahwa tantangan utama pelaksanaan tugas Pamrahan tidak hanya berasal dari ancaman keamanan yang berkembang, tetapi juga dari kondisi geografis yang secara langsung memengaruhi kemampuan satuan membangun kesadaran situasional. Temuan ini memperkuat pandangan Fahmi et al. (2024) bahwa efektivitas sistem early warning sangat dipengaruhi oleh kemampuan memperoleh informasi secara cepat dan berkelanjutan dari wilayah yang menjadi objek pengawasan. Semakin besar hambatan geografis yang dihadapi, semakin besar pula kebutuhan terhadap sistem yang mampu mengurangi ketidakpastian situasi, sehingga karakteristik geografis Kenyam berfungsi bukan hanya sebagai latar lingkungan operasi, tetapi juga sebagai variabel strategis yang menentukan kebutuhan teknologi dan pola pelaksanaan deteksi dini.

Perspektif strategi Lykke (1989) menjelaskan bahwa keberhasilan suatu strategi ditentukan oleh keseimbangan antara ends, ways, dan means. Tujuan pelaksanaan Pamrahan di Distrik Kenyam adalah menjaga stabilitas keamanan wilayah, sedangkan metode yang tersedia masih didominasi patroli darat yang belum mampu menjangkau seluruh wilayah operasi secara efektif. Kesenjangan antara tujuan dan kemampuan sarana pengawasan tersebut sejalan dengan konsep strategy bridge dari Gray (2010), yang menegaskan bahwa strategi berfungsi sebagai jembatan yang menghubungkan sumber daya dengan tujuan melalui proses adaptasi terhadap lingkungan strategis. Temuan ini memiliki kesamaan dengan Sumampouw dan Nurisnaeny (2025) yang menunjukkan bahwa Kabupaten Nduga merupakan wilayah dengan tingkat kerawanan tinggi akibat kombinasi faktor geografis dan aktivitas kelompok bersenjata, sekaligus memperluas temuan tersebut dengan menunjukkan bahwa permasalahan utama tidak hanya terletak pada kebutuhan analisis ancaman, tetapi juga pada keterbatasan kemampuan memperoleh informasi dari wilayah yang sulit dijangkau.

Pemanfaatan UAV dalam tugas Pamrahan memperlihatkan fungsi utamanya sebagai bagian dari kemampuan Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance (ISR). Austin (2010) menjelaskan bahwa keunggulan UAV terletak pada kemampuannya melakukan pengamatan wilayah secara cepat, fleksibel, dan relatif aman dibandingkan pengamatan langsung oleh

personel. Temuan penelitian ini memperkuat argumentasi tersebut sekaligus memperluas pandangan Austin (2010) dengan menunjukkan bahwa pada medan pegunungan Papua, faktor lingkungan memiliki pengaruh yang jauh lebih dominan dibandingkan wilayah operasi yang relatif terbuka, sehingga keberhasilan misi UAV sangat bergantung pada kemampuan operator mengadaptasikan prosedur operasi terhadap kondisi lapangan yang dinamis. Kualitas komunikasi data selama penerbangan juga menjadi faktor kritis sebagaimana ditegaskan Gargalakos (2021), karena proses pengawasan, navigasi, dan transmisi informasi berlangsung secara simultan.

Data hasil pengamatan UAV pada dasarnya hanya menggambarkan kondisi permukaan wilayah, dan nilai strategisnya baru muncul ketika citra tersebut dihubungkan dengan informasi mengenai topografi, jalur mobilitas, dan tingkat kerawanan keamanan. Temuan ini memperkuat konsep informasi geospasial yang dikemukakan Longley et al. (2005), Heywood et al. (2011), serta Bolstad dan Manson (2022), bahwa data spasial hanya akan memiliki makna ketika diintegrasikan, dianalisis, dan disajikan dalam bentuk informasi yang menjelaskan hubungan antarobjek dalam ruang geografis. Jensen (2016) menambahkan bahwa analisis spasial memungkinkan organisasi memahami pola dan hubungan yang tidak terlihat melalui observasi langsung. Manfaat terbesar bukan berasal dari UAV maupun sistem informasi geospasial secara terpisah, melainkan dari integrasi keduanya, sejalan dengan temuan Li dan Deliberty (2022) yang menunjukkan bahwa integrasi UAV dan Sistem Informasi Geografis meningkatkan kualitas situational awareness karena memungkinkan berbagai informasi spasial dianalisis secara simultan dalam satu platform. Perbedaan konteks penelitian ini terletak pada penerapannya pada operasi keamanan dan pertahanan di wilayah rawan konflik, bukan pada konteks pemetaan atau ketahanan masyarakat sipil sebagaimana pada penelitian Li dan Deliberty (2022) maupun Budiharto et al. (2021).

Kendala teknis yang ditemukan, yaitu pengaruh cuaca, gangguan sinyal, dan keterbatasan daya tahan baterai, memperkuat argumentasi Watts et al. (2012) dan Colomina dan Molina (2014) bahwa efektivitas UAV pada wilayah yang luas sangat dipengaruhi oleh kemampuan sistem beradaptasi terhadap kondisi lingkungan serta keterbatasan durasi penerbangan yang dapat membatasi cakupan pengawasan. Implikasinya, wilayah yang tidak terpantau secara berkelanjutan berpotensi menjadi blind spot keamanan yang memerlukan prioritas pengamatan dan pembagian misi ke dalam beberapa tahap. Kendala terbesar dalam pemanfaatan UAV dan informasi geospasial justru berkaitan dengan aspek sumber daya manusia dan organisasi. Austin (2010) menegaskan bahwa UAV merupakan bagian dari sistem sosio-teknis yang mengintegrasikan manusia, prosedur, dan teknologi dalam satu kesatuan operasional, sehingga keterbatasan kompetensi operator dan analisis geospasial berpotensi mengurangi manfaat teknologi yang sebenarnya telah tersedia. Temuan ini sejalan dengan Adiputra et al. (2024) dan Rifai et al. (2024) yang menunjukkan bahwa hambatan utama transformasi digital pada sektor pertahanan sering kali bukan berasal dari perangkat, melainkan dari kesiapan sumber daya manusia dan organisasi. Perbedaannya, penelitian ini dilakukan pada lingkungan operasi Pamrahwan dengan kompleksitas geografis dan ancaman yang lebih tinggi, sehingga kebutuhan kompetensi teknis menjadi lebih mendesak. Dukungan masyarakat sebagai sumber informasi awal juga memengaruhi efektivitas deteksi dini, sejalan dengan temuan Walter (2010) bahwa keberhasilan sistem peringatan dini sangat dipengaruhi oleh tingkat partisipasi aktor lokal dalam proses pengumpulan dan validasi informasi.

Strategi pemanfaatan UAV dan informasi geospasial yang dirumuskan dalam penelitian ini menegaskan bahwa peningkatan kemampuan deteksi dini tidak dapat dicapai hanya melalui pengadaan perangkat baru, tetapi harus ditempatkan dalam kerangka strategi yang komprehensif. Sarjito (2023) menegaskan bahwa strategi pertahanan harus dibangun

berdasarkan kondisi riil lingkungan operasi sehingga mampu menjembatani antara kemampuan organisasi dan tuntutan tugas yang dihadapi. Siswanto (2021) dan Nasution (2025) menambahkan bahwa keberhasilan pengamanan wilayah sangat dipengaruhi oleh kemampuan satuan kewilayahan mengenali perubahan situasi sejak tahap awal melalui fungsi pembinaan teritorial. Model strategi input-process-output-outcome yang dihasilkan penelitian ini memperluas kerangka Ends-Ways-Means Lykke (1989) dengan menempatkan penguatan kompetensi sumber daya manusia, modernisasi UAV, integrasi data real-time, penguatan sistem informasi geospasial, penyempurnaan prosedur operasional, dan penguatan dukungan kelembagaan sebagai unsur ways dan means yang saling melengkapi untuk mencapai efektivitas deteksi dini sebagai ends operasional satuan Pamrahan TNI AD di Distrik Kenyam.

KESIMPULAN

Karakteristik wilayah Distrik Kenyam yang didominasi pegunungan, lembah, dan hutan lebat, disertai keterbatasan akses transportasi dan komunikasi, menyebabkan pengawasan konvensional kurang optimal sehingga meningkatkan kebutuhan operasional terhadap sistem deteksi dini yang mampu menghasilkan informasi secara cepat, akurat, dan berkelanjutan guna mendukung pengambilan keputusan satuan Pamrahan TNI AD. Pemanfaatan UAV dan informasi geospasial terbukti membantu meningkatkan kemampuan pengawasan wilayah, pengumpulan informasi, identifikasi potensi ancaman, dan penyajian informasi situasional, karena integrasi keduanya memperkuat kemampuan early warning melalui penyediaan informasi yang lebih cepat, akurat, dan relevan. Pemanfaatan kedua teknologi tersebut masih menghadapi kendala teknis, berupa cuaca ekstrem, gangguan komunikasi, keterbatasan daya tahan perangkat, dan proses pengolahan data, serta kendala nonteknis berupa keterbatasan kompetensi sumber daya manusia, koordinasi antarunsur, dan dukungan kelembagaan. Kendala-kendala tersebut menegaskan bahwa efektivitas deteksi dini ditentukan oleh kesiapan teknologi, personel, organisasi, dan lingkungan operasi secara terpadu, bukan oleh ketersediaan perangkat semata. Berdasarkan temuan tersebut, dirumuskan strategi pemanfaatan UAV dan informasi geospasial melalui model input-process-output-outcome yang mengintegrasikan sumber daya manusia, perangkat UAV, sistem informasi geospasial, kebijakan, dan infrastruktur ke dalam proses akuisisi data, analisis, integrasi, dan verifikasi informasi, sehingga menghasilkan informasi situasional, peta ancaman, peta kerawanan, dan early warning yang berkontribusi terhadap peningkatan efektivitas pelaksanaan tugas Pamrahan TNI AD di Distrik Kenyam.

Penelitian ini memiliki keterbatasan karena hanya dilaksanakan pada satu wilayah operasi dengan pendekatan kualitatif studi kasus, sehingga temuan dan model strategi yang dihasilkan belum tentu sepenuhnya berlaku pada wilayah rawan konflik lain dengan karakteristik geografis dan tingkat ancaman yang berbeda. Penelitian selanjutnya perlu menguji model strategi ini pada konteks operasi lain, mengembangkan pendekatan kuantitatif untuk mengukur pengaruh masing-masing komponen strategi, serta mengintegrasikan kecerdasan buatan dan analitik data besar ke dalam sistem UAV dan informasi geospasial guna meningkatkan kemampuan analisis ancaman secara prediktif. Penulis menyampaikan terima kasih kepada pembimbing dan penelaah Program Studi Strategi Pertahanan Darat, Fakultas Strategi Pertahanan, Universitas Pertahanan Republik Indonesia, serta kepada Satuan Tugas Pamrahan Yonif 733/Masariku atas dukungan data dan informasi yang diberikan selama proses penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiputra, A., Dahlia, S., Alwin, & Al Hakim, W. (2024). Kaji cepat dampak bencana gempa bumi Cianjur berbasis unmanned aerial vehicle (UAV). *Jurnal Geografi, Edukasi dan Lingkungan (JGEL)*, 8(1), 83–93. <https://doi.org/10.22236/jgel.v8i1.14291>
- Ali, A., Hairully Umam, I., Heningtyas, H., Charolidya, R., Sanditya, B., Cempaka, A. P., Setyawan, T., & Ali, K. (2022). Pengembangan sistem peringatan dini cuaca ekstrem terintegrasi berbasis Y-Model WebGIS Development Methodology (Y-WDM). *Jurnal Geografi, Edukasi dan Lingkungan (JGEL)*, 6(2), 87–100. <https://doi.org/10.22236/jgel.v6i2.8222>
- Austin, R. (2010). *Unmanned aircraft systems: UAVs design, development and deployment*. Wiley.
- Badan Pusat Statistik Provinsi Papua. (2025). *Provinsi Papua Pegunungan dalam angka 2025*. Badan Pusat Statistik Provinsi Papua.
- Bolstad, P., & Manson, S. (2022). *GIS fundamentals: A first text on geographic information systems*. Elder Press.
- Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77–101. <https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa>
- Budiharto, W., Irwansyah, E., Suroso, J. S., Chowanda, A., Ngarianto, H., & Gunawan, A. A. S. (2021). Mapping and 3D modelling using quadrotor drone and GIS software. *Journal of Big Data*, 8(1), Article 48. <https://doi.org/10.1186/s40537-021-00436-8>
- Castleberry, A., & Nolen, A. (2018). Thematic analysis of qualitative research data: Is it as easy as it sounds? *Currents in Pharmacy Teaching and Learning*, 10(6), 807–815. <https://doi.org/10.1016/j.cptl.2018.03.019>
- Colomina, I., & Molina, P. (2014). Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: A review. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 92, 79–97.
- Creswell, J. W., & Poth, C. N. (2018). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches* (4th ed.). Sage Publications.
- Fahmi, Y., Nadapdap, B., & Betlen, A. (2024). Analisis hukum terhadap implementasi sistem peringatan dini terintegrasi untuk penagaan aset lepas pantai objek vital nasional dan kelangsungan bisnis Pertamina Hulu Energi Lepas Pantai Barat Laut Jawa. *Syntax Idea*, 6(8), 3642–3654. <https://doi.org/10.46799/syntax-idea.v6i8.4310>
- Gargalakos, M. (2021). The role of unmanned aerial vehicles in military communications: Application scenarios, current trends, and beyond. *International Journal of Space-Based and Situated Computing*, 11(3). <https://doi.org/10.1177/15485129211031668>
- Gray, C. S. (2010). *The strategy bridge: Theory for practice*. Oxford University Press.
- Heywood, D. I., Cornelius, S. C., & Carver, S. J. (2011). *An introduction to geographical information systems* (4th ed.). Pearson Prentice Hall.
- Jensen, J. R. (2016). *Introductory digital image processing: A remote sensing perspective*. Pearson Education.
- Li, Q., & Deliberty, T. (2022). Integrating drones, participatory mapping and GIS to enhance resiliency for remote villages. *Transactions in GIS*, 26, 818–838. <https://doi.org/10.1111/tgis.12886>
- Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., & Rhind, D. W. (2005). *Geographical information systems and science* (2nd ed.). Wiley.
- Lykke, A. F. (1989). Defining military strategy. *Military Review*, 69, 2–8.
- Merriam, S. B., & Tisdell, E. J. (2016). *Qualitative research: A guide to design and implementation* (4th ed.). Jossey-Bass.
- Nasution, M. K. A. M., & SH, M. (2025). Merajut kembali roh teritorial TNI Angkatan Darat dalam menyiapkan pertahanan negara. *Indonesia Emas Group*.

- Nowell, L. S., Norris, J. M., White, D. E., & Moules, N. J. (2017). Thematic analysis: Striving to meet the trustworthiness criteria. *International Journal of Qualitative Methods*, 16(1), 1–13. <https://doi.org/10.1177/1609406917733847>
- Republik Indonesia. (2011). Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 4 Tahun 2011 tentang Informasi Geospasial.
- Ridley, D. (2012). *The literature review: A step-by-step guide for students* (2nd ed.). Sage.
- Rifai, B., Poniman, A., & Gultom, R. A. G. (2024). Determination of cross-border post points based on geospatial intelligence for territorial defense of the Unitary State of the Republic of Indonesia: Literature review. *Formosa Journal of Science and Technology*, 3(10), 2287–2302. <https://doi.org/10.55927/fjst.v3i10.11685>
- Sarjito, I. A. (2023). *Kebijakan dan strategi pertahanan*. CV Jejak.
- Siswanto, D. J. (2021). *Manajemen teritorial*. Deepublish.
- Stebbins, R. A. (2001). *Exploratory research in the social sciences*. Sage Publications.
- Sugiyono. (2023). *Metode penelitian kualitatif*. Alfabeta.
- Sumampouw, G. L., & Nurisnaeny, P. S. (2025). Geospatial intelligence analysis to predict acts of security disturbance by KSTP in Nduga Regency, Papua Mountainous Province. *Security Intelligence Terrorism Journal (SITJ)*, 2(3), 319–327. <https://doi.org/10.70710/sitj.v2i3.68>
- Walter, K. (2010). Development of an early warning information infrastructure using spatial web services technology. *International Journal of Digital Earth*, 3(4), 384–394. <https://doi.org/10.1080/17538947.2010.486871>
- Watts, A. C., Ambrosia, V. G., & Hinkley, E. A. (2012). Unmanned aircraft systems in remote sensing and scientific research: Classification and considerations of use. *Remote Sensing*, 4(6), 1671–1692. <https://doi.org/10.3390/rs4061671>
- Yin, R. K. (2018). *Case study research and applications: Design and methods* (6th ed.). Sage Publications.