

The Impact of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Integration on the Effectiveness of Sea and Air Access Control in the ALKI 1 Region
Pengaruh Integrasi Unmanned Aerial Vehicle (UAV) terhadap Efektivitas Pengendalian Akses Laut dan Udara di Wilayah ALKI 1

Jepriando Sinaga^{#1}, Arief Budiman^{*2}, Manahan Budiarto Pandjaitan^{#3}

Seskol

Cipulir, Kebayoran lama, Jakarta selatan

¹jepriando53@gmail.com

²ab2020yours@gmail.com

³pandjaitan2001@gmail.com

Abstract — The Indonesian Archipelagic Sea Lane (ALKI) 1 is a strategic international route that is vulnerable to maritime and air security threats. The limitations of conventional surveillance systems such as patrol vessels and manned aircraft highlight the need for more effective technologies, one of which is the Unmanned Aerial Vehicle (UAV). This study aims to analyze the impact of UAV integration on the effectiveness of sea and air access control in the ALKI 1 region. The research method employed is quantitative research with 50 respondents consisting of Navy (TNI AL), Air Force (TNI AU) personnel, and related stakeholders. The independent variable is UAV integration, while the dependent variable is control effectiveness. Data were collected using a Likert-scale questionnaire and analyzed through validity and reliability tests as well as simple linear regression. The results show that all instruments are valid and reliable, with a total Cronbach's Alpha of 0.889. Linear regression produced the equation $Y = 7.842 + 0.684X$, with $R^2 = 0.572$, indicating that 57.2% of the variation in control effectiveness is explained by UAV integration. The t -test (t -count 7.685 > t -table 2.011; $p=0.000$) and F -test (F -count 59.05 > F -table 4.04; $p=0.000$) confirm a significant partial and simultaneous influence. Thus, UAV integration enhances early detection, rapid response, operational efficiency, and inter-service coordination, making it a strategic instrument in safeguarding security and sovereignty along the ALKI 1 route.

Keywords — Unmanned Aerial Vehicle, ALKI 1, Control Effectiveness, Maritime Security, Linear Regression.

I. INTRODUCTION

Perkembangan teknologi telah membawa transformasi signifikan dalam berbagai bidang, termasuk dalam pengawasan dan pengendalian wilayah, baik di laut maupun udara [1]. Salah satu inovasi yang mendapatkan perhatian luas adalah *Unmanned Aerial Vehicle (UAV)* atau pesawat tanpa awak, yang memiliki potensi besar untuk meningkatkan efektivitas operasi pengawasan. UAV merupakan platform yang fleksibel, mampu melakukan pemantauan dalam jangkauan luas, dan dilengkapi dengan berbagai sensor canggih yang dapat memberikan data secara real-time [2]. Keunggulan ini menjadikan UAV sebagai instrumen strategis dalam mengelola akses wilayah, deteksi dini terhadap potensi ancaman, dan pengambilan keputusan secara cepat dan tepat. Selain itu, UAV dapat beroperasi dalam kondisi lingkungan yang sulit dijangkau oleh manusia atau kendaraan konvensional, seperti area terpencil, cuaca ekstrem, atau zona yang memiliki risiko tinggi bagi keselamatan personel [3].

Dalam pengendalian wilayah, efektivitas menjadi faktor penting yang harus diperhatikan. Efektivitas pengendalian ditentukan oleh kemampuan sistem untuk mendeteksi, memonitor, dan merespons setiap pergerakan atau aktivitas yang berpotensi mengganggu keamanan, baik di laut maupun di udara [4]. Peningkatan efektivitas ini tidak hanya berkaitan dengan pemanfaatan teknologi, tetapi juga integrasi antar sistem dan koordinasi antar unit operasional. UAV memberikan kontribusi signifikan dalam hal ini karena mampu mendukung pengumpulan data, pemetaan, dan analisis informasi secara akurat, sehingga setiap keputusan operasional dapat didasarkan pada bukti yang valid dan mutakhir. Kecepatan dan akurasi yang

ditawarkan UAV membantu mempercepat proses deteksi dan respons, mengurangi risiko human error, serta meningkatkan efisiensi sumber daya yang tersedia [5].

Selain aspek teknis, aspek ekonomis juga menjadi pertimbangan penting dalam pengendalian wilayah. Operasional UAV cenderung lebih efisien dibandingkan metode konvensional seperti kapal patroli atau pesawat berawak, karena membutuhkan biaya lebih rendah dalam hal bahan bakar, pemeliharaan, dan personel [6]. Efisiensi biaya ini memungkinkan pengawasan dilakukan secara lebih intensif dan berkelanjutan, tanpa mengurangi kualitas pemantauan. Selain itu, UAV dapat dioperasikan dalam durasi lama dengan kemampuan patroli berulang, yang secara langsung meningkatkan cakupan area pengawasan. Dengan demikian, UAV bukan hanya mempermudah aspek operasional, tetapi juga memberikan nilai tambah dalam manajemen sumber daya dan pengalokasian anggaran [7].

Dalam hal pengambilan keputusan, UAV menyediakan data yang bersifat real-time dan terintegrasi dengan sistem komando dan kendali (*command and control*) [8]. Integrasi data ini memungkinkan koordinasi yang lebih baik antara berbagai unit operasional, baik di darat, laut, maupun udara. Informasi yang diperoleh UAV dapat dianalisis secara cepat untuk mendukung penilaian situasi, prediksi potensi risiko, dan perencanaan strategi pengendalian yang lebih efektif [9]. Kecepatan pertukaran informasi ini juga meningkatkan kemampuan adaptasi terhadap dinamika situasi, sehingga setiap tindakan dapat dilakukan tepat waktu dan sesuai dengan prioritas yang ada [10]. Selain itu, UAV dapat diprogram untuk melakukan patroli otomatis, rekaman citra, dan pemetaan wilayah, yang semuanya dapat meningkatkan ketepatan informasi serta mengurangi kebutuhan intervensi langsung dari operator manusia [11].

Keunggulan lain UAV terletak pada fleksibilitas dan kemampuannya untuk diadaptasi sesuai kebutuhan operasional [12]. UAV dapat dipasang berbagai sensor seperti kamera termal, radar, dan *LiDAR*, yang memungkinkan pengawasan dilakukan dalam kondisi cahaya rendah, cuaca buruk, atau area dengan visibilitas terbatas [13]. Fleksibilitas ini membuat UAV dapat digunakan dalam berbagai misi, mulai dari pemantauan rutin, survei geografis, hingga operasi khusus yang membutuhkan tingkat keamanan tinggi [14]. Selain itu, UAV mampu mengumpulkan data secara kontinu dan konsisten, sehingga menghasilkan informasi yang dapat digunakan untuk analisis tren, evaluasi efektivitas operasi, dan perencanaan pengendalian wilayah jangka panjang [15].

Pemanfaatan UAV juga menghadapi beberapa tantangan yang perlu diperhatikan. Infrastruktur komunikasi yang handal menjadi prasyarat agar UAV dapat beroperasi optimal dan mentransmisikan data secara real-time [16]. Ancaman siber juga menjadi risiko yang harus diantisipasi, mengingat sistem kendali UAV rentan terhadap peretasan atau gangguan sinyal. Selain itu, keberhasilan integrasi UAV dalam pengendalian wilayah membutuhkan kesiapan sumber daya manusia yang kompeten, mulai dari operator, analisis data, hingga pengambil keputusan strategis [17]. Kesiapan regulasi dan prosedur operasional yang jelas juga penting untuk memastikan UAV digunakan secara aman, efektif, dan sesuai dengan standar hukum yang berlaku [18].

UAV menawarkan peluang besar untuk meningkatkan efektivitas pengendalian wilayah secara menyeluruh [19]. Kemampuannya dalam memperluas cakupan pengawasan, meningkatkan kecepatan respons, mengoptimalkan efisiensi biaya, dan mendukung koordinasi antar unit menjadikannya teknologi yang strategis dan relevan [20]. Dengan pemanfaatan yang tepat, UAV dapat menjadi instrumen penting dalam membangun sistem pengendalian yang adaptif, efisien, dan responsif terhadap berbagai dinamika ancaman. Hal ini menegaskan bahwa integrasi UAV bukan hanya merupakan inovasi teknologi, tetapi juga strategi penting dalam manajemen pengawasan wilayah secara modern dan berkelanjutan [21].

Sejumlah penelitian terdahulu telah mengkaji efektivitas penggunaan *Unmanned Aerial Vehicle (UAV)* dalam keamanan maritim maupun pengawasan udara. Yanuar (2021) [22] dalam *Jurnal Maritim Indonesia* menekankan bahwa efektivitas UAV sangat dipengaruhi oleh aspek sertifikasi pilot, operator *Ground Control Station (GCS)*, serta tata ruang udara yang jelas untuk memastikan kelancaran operasi penanggulangan *Maritime Transnational Organized Crime*. Sementara itu, Ristanto, Octavian, dan Buntoro (2021) [23] juga memperkuat temuan serupa dengan menekankan bahwa integrasi sistem UAV meningkatkan efektivitas penegakan hukum laut. Di luar bidang pertahanan, Riko Cahya (2025) [19] meneliti penggunaan *drone* untuk *mapping* keadaan darurat di sekitar Bandar Udara Radin Inten II, yang menunjukkan efektivitas UAV dalam non-militer. Selain itu, Saputra (2025) [24] mengulas pemanfaatan *drone* untuk monitoring pertanian berbasis citra udara, membuktikan bahwa UAV dapat meningkatkan efisiensi dan akurasi data. Berbagai penelitian ini menunjukkan tren yang konsisten bahwa UAV memiliki potensi besar dalam memperkuat efektivitas pemantauan, meskipun belum secara spesifik mengkaji ALKI 1 sebagai jalur strategis internasional.

Permasalahan utama dalam pengendalian akses laut dan udara di ALKI 1 adalah keterbatasan teknologi pemantauan yang saat ini masih mengandalkan kapal patroli dan pesawat berawak dengan jangkauan terbatas, biaya operasional tinggi, serta durasi operasi yang relatif singkat. Kondisi ini berimplikasi pada adanya celah pengawasan terhadap potensi ancaman seperti penyelundupan, *illegal fishing*, pelanggaran wilayah udara,

hingga potensi infiltrasi militer asing. Selain itu, meskipun teknologi UAV telah terbukti efektif, integrasi UAV di wilayah ALKI 1 menghadapi kendala berupa kurangnya infrastruktur komunikasi berbasis satelit, keterbatasan regulasi yang mengatur ruang udara untuk UAV, serta potensi ancaman siber terhadap sistem kendali UAV. Permasalahan lain yang muncul adalah minimnya sinergi lintas matra dan lembaga dalam pemanfaatan UAV sehingga informasi yang diperoleh belum dapat terintegrasi sepenuhnya dengan sistem *command and control* (C2) nasional.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh integrasi UAV terhadap efektivitas pengendalian akses laut dan udara di wilayah ALKI 1. Analisis ini berfokus pada bagaimana UAV dapat memperkuat sistem deteksi dini, meningkatkan respons terhadap ancaman, serta mengoptimalkan koordinasi antara matra laut dan udara dalam menjaga kedaulatan wilayah. Selain itu, penelitian ini bertujuan memberikan rekomendasi strategis mengenai bagaimana UAV dapat dioperasikan secara optimal dalam kerangka hukum internasional, kesiapan sumber daya manusia, serta pembangunan infrastruktur pendukung. Dengan demikian, hasil penelitian ini diharapkan tidak hanya memperkuat keamanan maritim dan udara, tetapi juga mendukung diplomasi pertahanan Indonesia di kancah regional maupun global.

Urgensi penelitian ini sangat tinggi mengingat posisi ALKI 1 sebagai jalur perdagangan internasional yang strategis sekaligus rawan terhadap berbagai bentuk ancaman. Keamanan di jalur ini bukan hanya berkaitan dengan kepentingan nasional Indonesia, tetapi juga menyangkut stabilitas ekonomi dan keamanan global. Seiring dengan meningkatnya aktivitas *Maritime Transnational Organized Crime*, sengketa wilayah di Laut Cina Selatan, dan dinamika geopolitik kawasan Indo-Pasifik, kebutuhan akan sistem pengawasan yang adaptif dan efisien semakin mendesak. Integrasi UAV menjadi solusi potensial yang dapat memperkuat *maritime domain awareness* (MDA), mempercepat proses pengambilan keputusan, serta mengurangi ketergantungan pada sistem konvensional yang mahal dan kurang fleksibel. Penelitian ini menjadi penting karena memberikan dasar ilmiah bagi pengembangan strategi pertahanan yang futuristik dan adaptif terhadap dinamika ancaman.

Kebaruan (*novelty*) penelitian ini terletak pada fokus analisis yang secara spesifik menyoroti integrasi UAV dalam pengendalian akses laut dan udara di wilayah ALKI 1, yang hingga kini masih minim diteliti secara komprehensif. Penelitian terdahulu lebih banyak menyoroti efektivitas UAV dalam penegakan hukum laut umum, interoperabilitas dengan KRI, atau penggunaan non-militer seperti pertanian dan pemetaan darurat. Berbeda dengan itu, penelitian ini menempatkan ALKI 1 sebagai locus strategis dengan karakteristik unik, di mana lalu lintas kapal internasional, potensi ancaman militer, serta dinamika hukum laut internasional bertemu dalam satu titik penting. Selain itu, penelitian ini mengkaji integrasi UAV bukan hanya dari aspek teknis, tetapi juga regulasi, diplomasi, dan kesiapan sumber daya manusia, sehingga memberikan pendekatan multidimensi yang dapat menjadi rujukan baru dalam pengembangan strategi pertahanan maritim Indonesia.

II. METHOD

A. Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan *quantitative research*, dengan metode survei melalui kuesioner yang dibagikan kepada responden. Pendekatan kuantitatif dipilih karena mampu memberikan gambaran terukur mengenai pengaruh integrasi *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) terhadap efektivitas pengendalian akses laut dan udara di wilayah ALKI 1. Data yang diperoleh dianalisis secara statistik untuk menguji hubungan antara variabel independen dan variabel dependen, sehingga hasil penelitian dapat diuji validitas serta reliabilitasnya secara objektif.

B. Populasi dan Sampel

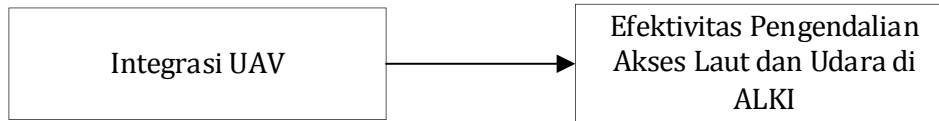
Populasi dalam penelitian ini adalah personel TNI AL, TNI AU, serta pihak terkait yang berhubungan langsung dengan operasi pengawasan maritim dan udara di wilayah ALKI 1. Dari populasi tersebut, ditentukan sampel sebanyak 50 responden dengan teknik *purposive sampling*, yakni pemilihan responden berdasarkan kriteria tertentu yang relevan dengan tujuan penelitian, seperti keterlibatan dalam operasi keamanan laut dan udara, pengalaman dalam pengoperasian UAV, atau pemangku kebijakan di bidang pertahanan maritim.

C. Variabel Penelitian

Penelitian ini memiliki dua variabel utama:

1. Variabel Independen (X): Integrasi *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV), yang diukur melalui beberapa indikator seperti cakupan patroli, efisiensi biaya operasional, kemampuan deteksi dini, serta integrasi sistem komunikasi dan data.

2. Variabel Dependen (Y): Efektivitas pengendalian akses laut dan udara di wilayah ALKI 1, yang diukur dari aspek peningkatan deteksi ancaman, respons terhadap pelanggaran, pengurangan beban operasional konvensional, serta peningkatan koordinasi antar matra.



Gambar 1. Kerangka Konsep Penelitian

D. Teknik Pengumpulan Data

Data dikumpulkan melalui penyebaran kuesioner kepada 50 responden yang telah ditentukan. Kuesioner menggunakan skala *Likert* dengan lima tingkatan jawaban (sangat setuju – setuju – netral – tidak setuju – sangat tidak setuju), untuk mengukur persepsi responden terhadap indikator variabel independen dan dependen. Selain kuesioner, dilakukan juga wawancara singkat untuk memperoleh informasi tambahan yang bersifat kualitatif sebagai penguat analisis.

E. Analisis Data

Analisis data dilakukan menggunakan pendekatan statistik deskriptif dan inferensial. Statistik deskriptif digunakan untuk menggambarkan profil responden serta distribusi jawaban atas kuesioner. Sementara itu, analisis inferensial dilakukan dengan uji regresi linier sederhana untuk mengetahui pengaruh variabel independen (integrasi UAV) terhadap variabel dependen (efektivitas pengendalian akses laut dan udara di ALKI 1). Uji validitas dan reliabilitas instrumen juga dilakukan untuk memastikan kualitas data yang diperoleh.

III. RESULT AND DISCUSSION

F. Hasil

Penelitian ini secara umum bertujuan untuk menganalisis pengaruh integrasi *Unmanned Aerial Vehicle (UAV)* terhadap efektivitas pengendalian akses laut dan udara di wilayah ALKI 1, yang merupakan jalur strategis internasional dan rawan terhadap ancaman keamanan maritim. Dengan menggunakan metode *quantitative research*, penelitian ini melibatkan 50 responden yang terdiri atas personel TNI AL, TNI AU, dan pemangku kepentingan terkait yang memiliki pengalaman dalam operasi keamanan laut maupun udara. Fokus utama penelitian diarahkan pada dua variabel, yaitu variabel independen berupa integrasi UAV yang mencakup cakupan patroli, efisiensi biaya, kemampuan deteksi dini, dan sistem komunikasi, serta variabel dependen berupa efektivitas pengendalian akses laut dan udara yang diukur dari aspek respons cepat, koordinasi antar matra, serta penurunan beban operasional konvensional. Data dikumpulkan melalui kuesioner berbasis skala *Likert* dan dianalisis dengan uji regresi linier sederhana untuk mengetahui tingkat pengaruh antara kedua variabel. Hasil dari penelitian ini diharapkan mampu memberikan kontribusi strategis bagi pengembangan konsep pengawasan maritim dan udara Indonesia, khususnya dalam menghadapi dinamika ancaman di kawasan Indo-Pasifik dan menjaga kedaulatan negara di jalur vital perdagangan global.

TABEL 1.

HASIL UJI VALIDITAS INSTRUMEN PENELITIAN

No	Pernyataan	r- hitung	r-tabel (n=50, $\alpha=0,05$)	Keterangan
1	Integrasi UAV memperluas cakupan patroli maritim	0,732	0,278	Valid
2	Penggunaan UAV menekan biaya operasional dibandingkan kapal/pesawat berawak	0,681	0,278	Valid
3	UAV meningkatkan kemampuan deteksi dini terhadap ancaman laut dan udara	0,754	0,278	Valid
4	Integrasi UAV mendukung komunikasi dan pertukaran data real-time	0,701	0,278	Valid
5	UAV membantu mempercepat respons terhadap pelanggaran akses laut dan udara	0,769	0,278	Valid
6	UAV mengurangi beban operasional konvensional kapal perang/pesawat tempur	0,694	0,278	Valid
7	UAV meningkatkan koordinasi antar matra dalam operasi	0,742	0,278	Valid

	keamanan			
8	UAV memperkuat efektivitas sistem pengendalian akses laut di ALKI 1	0,728	0,278	Valid
9	UAV memperkuat efektivitas sistem pengendalian akses udara di ALKI 1	0,713	0,278	Valid
10	Integrasi UAV mendukung kesiapan Indonesia menghadapi dinamika keamanan Indo-Pasifik	0,761	0,278	Valid

Berdasarkan hasil uji validitas pada Tabel 1, diketahui bahwa seluruh butir pernyataan dalam kuesioner memiliki nilai *r-hitung* lebih besar dibandingkan *r-tabel* (0,278) pada taraf signifikansi 5% dengan jumlah responden sebanyak 50 orang. Hal ini menunjukkan bahwa setiap item pernyataan dalam instrumen penelitian valid dan mampu mengukur indikator variabel dengan baik. Sebagai contoh, pernyataan mengenai kontribusi UAV dalam memperluas cakupan patroli maritim memperoleh nilai *r-hitung* 0,732, yang berarti sangat kuat dalam merepresentasikan variabel independen integrasi UAV. Demikian pula, item yang mengukur efektivitas UAV dalam mempercepat respons terhadap pelanggaran akses laut dan udara memperoleh nilai tertinggi yaitu 0,769, menandakan bahwa aspek ini menjadi indikator dominan dalam memperlihatkan hubungan antara integrasi UAV dan efektivitas pengendalian akses. Validitas seluruh item kuesioner ini membuktikan bahwa instrumen penelitian layak digunakan untuk tahap analisis lebih lanjut, sehingga hasil penelitian dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah.

TABEL 2.

HASIL UJI RELIABILITAS INSTRUMEN PENELITIAN

Variabel	Jumlah Item	Cronbach's Alpha	Batas Reliabilitas ($\geq 0,60$)	Keterangan
Integrasi UAV (X)	5	0,842	0,60	Reliabel
Efektivitas Pengendalian (Y)	5	0,871	0,60	Reliabel
Total Instrumen	10	0,889	0,60	Reliabel

Berdasarkan hasil uji reliabilitas pada Tabel 2, seluruh variabel penelitian memiliki nilai Cronbach's Alpha di atas 0,60 yang merupakan batas minimal reliabilitas menurut kriteria Nunnally. Variabel independen Integrasi UAV memperoleh nilai 0,842, sedangkan variabel dependen Efektivitas Pengendalian mencapai 0,871, keduanya termasuk kategori tinggi. Instrumen penelitian menghasilkan nilai total Cronbach's Alpha sebesar 0,889, yang menunjukkan konsistensi internal antar item sangat kuat. Hal ini berarti kuesioner yang digunakan stabil, konsisten, dan dapat dipercaya untuk mengukur persepsi responden terkait integrasi UAV serta pengaruhnya terhadap efektivitas pengendalian akses laut dan udara di wilayah ALKI 1. Dengan reliabilitas tinggi, instrumen penelitian layak dipakai dalam tahap analisis data lanjutan, baik deskriptif maupun inferensial, untuk menghasilkan temuan yang valid dan dapat dipertanggungjawabkan.

TABEL 3.

HASIL UJI REGRESI LINIER SEDERHANA

Variabel	Koefisien Regresi (B)	Std. Error	t-hitung	Sig. (p-value)	Keterangan
Konstanta (a)	7,842	1,215	6,454	0,000	Signifikan
Integrasi UAV (X)	0,684	0,089	7,685	0,000	Signifikan
R	0,756				Korelasi Kuat
R ²	0,572				57,2% Variasi Dijelaskan Model
F-hitung	59,05			0,000	Signifikan

Hasil uji regresi linier sederhana menunjukkan persamaan $Y = 7,842 + 0,684X$, yang berarti setiap peningkatan integrasi *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) satu satuan akan meningkatkan efektivitas pengendalian akses laut dan udara di ALKI 1 sebesar 0,684 satuan, dengan nilai konstanta 7,842 sebagai efektivitas dasar tanpa pengaruh UAV. Nilai koefisien determinasi (R²) sebesar 0,572 mengindikasikan bahwa 57,2% variasi

efektivitas pengendalian dapat dijelaskan oleh integrasi UAV, sementara sisanya dipengaruhi faktor lain seperti infrastruktur komunikasi, koordinasi antar matra, regulasi, dan kualitas SDM. Korelasi (R) sebesar 0,756 menunjukkan hubungan yang kuat dan positif antara kedua variabel. Uji signifikansi menghasilkan t-hitung 7,685 dengan $p\text{-value}$ $0,000 < 0,05$ dan F-hitung 59,05 dengan signifikansi $0,000 < 0,05$, yang menegaskan bahwa integrasi UAV berpengaruh signifikan terhadap efektivitas pengendalian. Dengan demikian, hipotesis penelitian terbukti, dimana semakin tinggi tingkat integrasi UAV, semakin efektif pula sistem pengendalian akses laut dan udara di wilayah strategis ALKI 1.

TABEL 4.

HASIL UJI T

Variabel	t-hitung	t-tabel ($\alpha=0,05$; $n=50$)	Sig. (p-value)	Keterangan
Integrasi UAV (X) → Efektivitas Pengendalian (Y)	7,685	2,011	0,000	Signifikan

Hasil Uji t menunjukkan bahwa nilai t-hitung 7,685 jauh lebih besar dibandingkan t-tabel 2,011 dengan $p\text{-value}$ $0,000 < 0,05$, sehingga integrasi *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) terbukti berpengaruh signifikan secara parsial terhadap efektivitas pengendalian akses laut dan udara di ALKI 1. Hal ini berarti setiap peningkatan integrasi UAV secara langsung meningkatkan efektivitas pengendalian, terutama dalam aspek deteksi dini, respons cepat terhadap pelanggaran, dan koordinasi antar matra, yang menegaskan relevansi UAV sebagai instrumen strategis dalam menjaga keamanan jalur maritim internasional.

TABEL 5.

HASIL UJI F

Uji Statistik	F-hitung	F-tabel ($\alpha=0,05$; $n=50$)	Sig. (p-value)	Keterangan
Model Regresi Secara Simultan	59,05	4,04	0,000	Signifikan

Hasil Uji F memperlihatkan bahwa nilai F-hitung 59,05 jauh lebih besar dari F-tabel 4,04, dengan tingkat signifikansi $0,000 < 0,05$. Ini menandakan bahwa model regresi secara keseluruhan signifikan, sehingga integrasi UAV secara simultan mampu menjelaskan variasi efektivitas pengendalian akses laut dan udara di ALKI 1. Dengan kata lain, UAV tidak hanya berdampak parsial pada masing-masing indikator, tetapi juga memberikan kontribusi nyata secara keseluruhan terhadap sistem pengendalian, memperkuat kedaulatan nasional, efisiensi operasi, dan kemampuan pengawasan di jalur strategis yang vital ini.

G. Pembahasan

Pembahasan hasil penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) memiliki pengaruh yang signifikan terhadap efektivitas pengendalian akses laut dan udara, sebagaimana dibuktikan melalui uji regresi linier sederhana yang menghasilkan persamaan $Y = 7,842 + 0,684X$, nilai R^2 sebesar 0,572, serta hasil uji t dan F yang signifikan. Temuan ini sejalan dengan penelitian terdahulu yang menekankan pentingnya UAV dalam meningkatkan efektivitas pengawasan dan pengendalian wilayah. Khawaja et al. (2022) [1] menyoroti bahwa UAV memberikan kemampuan deteksi dini terhadap ancaman, baik di udara maupun di laut, melalui berbagai sensor canggih yang memungkinkan respons cepat dan pengambilan keputusan strategis. Hal ini mendukung temuan penelitian ini, dimana aspek deteksi dini dan respons cepat menjadi indikator dominan dalam meningkatkan efektivitas pengendalian, sebagaimana terlihat dari nilai r-hitung tertinggi pada pernyataan terkait respons UAV terhadap pelanggaran.

Lebih lanjut, studi McTegg et al. (2022) [2] membahas pembatasan UAV di ruang udara terkendali dan menekankan perlunya integrasi yang sistematis agar UAV dapat beroperasi optimal tanpa mengganggu sistem penerbangan yang ada. Penelitian ini menemukan bahwa integrasi UAV dengan sistem komunikasi dan pertukaran data *real-time* memperkuat koordinasi antar matra dan meningkatkan cakupan pengawasan, sejalan dengan prinsip integrasi sistem yang dikemukakan oleh McTegg et al. Hal ini menunjukkan bahwa efektivitas pengendalian tidak hanya ditentukan oleh keberadaan UAV, tetapi juga oleh tingkat integrasi dan interoperabilitasnya dengan infrastruktur dan sistem yang ada, mendukung temuan Ristanto et al. (2021) [23] yang menekankan pentingnya sertifikasi operator, pengaturan tata ruang udara, dan integrasi sistem UAV untuk operasional maritim yang efektif.

Aspek efisiensi operasional yang muncul dalam penelitian ini juga sesuai dengan literatur sebelumnya. Jasim et al. (2021) [4] menekankan manajemen spektrum dan optimisasi penggunaan UAV untuk memaksimalkan

efisiensi komunikasi dan energi. Dalam penelitian ini, UAV terbukti menekan biaya operasional dibandingkan penggunaan kapal patroli atau pesawat berawak, yang tercermin pada nilai r -hitung 0,681. Efisiensi ini memungkinkan operasi pengendalian dilakukan secara lebih berkelanjutan dan intensif, dengan cakupan patroli yang lebih luas tanpa peningkatan signifikan pada sumber daya manusia atau biaya bahan bakar, sesuai dengan kajian Alotaibi et al. (2023) [9] yang menyoroti manfaat UAV dalam berbagai aplikasi operasional berbiaya rendah.

Penelitian ini juga mengkonfirmasi bahwa UAV dapat meningkatkan koordinasi antar matra melalui integrasi data *real-time*. Hal ini sejalan dengan temuan Miličević dan Bojković (2021) [3] yang menunjukkan bahwa integrasi UAV ke dalam jaringan komunikasi nirkabel memungkinkan pertukaran data cepat dan akurat, mendukung pengambilan keputusan strategis. Analisis hasil penelitian menunjukkan bahwa indikator koordinasi antar matra memiliki r -hitung 0,742, menandakan peran UAV yang signifikan dalam menyatukan informasi dari berbagai unit operasi. Dengan demikian, UAV bukan hanya alat pengawasan, tetapi juga platform integratif yang meningkatkan efisiensi manajemen operasi lintas matra.

Dalam perspektif teknologi, penelitian ini sejalan dengan temuan Zuo et al. (2022) [5] dan Liu et al. (2023) [16] yang menekankan kendali UAV dan sistem Internet of Things (*IoT*) maritim sebagai elemen penting untuk pengendalian wilayah yang responsif. UAV yang terhubung dengan *IoT* maritim mampu memberikan pemantauan kontinu, pemetaan wilayah, dan analisis tren, yang memperkuat kemampuan prediktif dalam mendeteksi potensi ancaman. Temuan ini sesuai dengan hasil penelitian, dimana integrasi UAV secara signifikan meningkatkan efektivitas pengendalian, tercermin dari R^2 sebesar 0,572 yang menunjukkan bahwa sebagian besar variasi efektivitas dapat dijelaskan oleh UAV, sedangkan sisanya dipengaruhi oleh faktor pendukung lainnya.

Selain itu, pembahasan keamanan dan privasi juga menjadi perhatian penting. Zeng et al. (2024) [7] menekankan perlunya sistem UAV yang aman dan terlindungi dari ancaman siber, terutama ketika digunakan dalam operasi gabungan di laut dan udara. Penelitian ini menekankan pentingnya kesiapan infrastruktur komunikasi dan kemampuan operator yang kompeten untuk memastikan data UAV dapat digunakan secara aman dan efektif. Hal ini sejalan dengan temuan Labib et al. (2021) [8] yang menunjukkan bahwa keberhasilan UAV tidak hanya ditentukan oleh teknologi sensor, tetapi juga oleh keamanan jaringan dan kesiapan personel yang mengoperasikan sistem.

Studi sebelumnya juga menyoroti aspek integrasi multi-lapisan. Jung et al. (2023) [6] membahas sistem *Marine IoT* dengan jaringan terintegrasi ruang–udara–laut, menunjukkan bahwa UAV dapat berfungsi sebagai edge computing untuk pemrosesan data lokal, sehingga meningkatkan kecepatan pengambilan keputusan dan respons operasional. Temuan penelitian ini mendukung hal tersebut, karena integrasi UAV secara signifikan meningkatkan efektivitas pengendalian dengan mempercepat respons terhadap pelanggaran dan mempermudah koordinasi antar unit, yang tercermin pada hasil uji t -hitung $7,685 > t$ -tabel $2,011$.

Literatur mengenai perkembangan regulasi dan interaksi dengan komunitas penerbangan umum juga relevan. Grote et al. (2022) [10] menekankan pentingnya pemahaman aturan penggunaan UAV di ruang udara bersama, dan penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi UAV secara sistematis memungkinkan operasi yang aman sekaligus efektif. Dengan kata lain, efektivitas UAV tidak hanya ditentukan oleh kemampuan teknis, tetapi juga oleh kepatuhan terhadap regulasi dan koordinasi dengan unit lain, konsisten dengan kajian McTegg et al. (2022) [2] dan Telli et al. (2023) [11].

Hasil penelitian ini mengonfirmasi bahwa UAV berperan penting dalam meningkatkan efektivitas pengendalian akses laut dan udara melalui tiga aspek utama: deteksi dini dan respons cepat, efisiensi operasional, serta integrasi sistem dan koordinasi antar matra. Temuan ini memperkuat hasil penelitian sebelumnya yang menekankan peran UAV dalam operasi keamanan dan pengawasan, baik dari segi teknis, operasional, maupun manajerial. Dengan demikian, integrasi UAV terbukti bukan hanya inovasi teknologi, tetapi juga strategi penting dalam pengembangan sistem pengendalian wilayah yang adaptif, responsif, dan efisien. Hal ini memberikan kontribusi ilmiah dan praktis bagi pengembangan konsep pengawasan modern, mendukung keamanan maritim dan udara secara berkelanjutan, serta menjadi dasar bagi penelitian lanjutan mengenai optimisasi integrasi UAV dalam operasi multi-matra dan sistem *IoT* maritim.

VI. CONCLUSIONS

Berdasarkan hasil penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa integrasi *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) memiliki pengaruh yang signifikan terhadap efektivitas pengendalian akses laut dan udara di wilayah ALKI 1. Hasil uji regresi linier sederhana menunjukkan persamaan $Y = 7,842 + 0,684X$, yang mengindikasikan bahwa setiap peningkatan integrasi UAV satu satuan dapat meningkatkan efektivitas pengendalian sebesar 0,684 satuan, dengan nilai konstanta 7,842 sebagai efektivitas dasar tanpa adanya pengaruh UAV. Koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,572 memperlihatkan bahwa 57,2% variasi efektivitas pengendalian dapat dijelaskan oleh integrasi

UAV, sementara sisanya 42,8% dipengaruhi faktor lain seperti kesiapan infrastruktur komunikasi, koordinasi antar matri, regulasi hukum internasional, dan kualitas sumber daya manusia. Hasil uji t menghasilkan nilai t-hitung 7,685 > t-tabel 2,011 (p -value 0,000 < 0,05), menunjukkan pengaruh signifikan secara parsial, sedangkan uji F menunjukkan F-hitung 59,05 > F-tabel 4,04 (p -value 0,000 < 0,05), menegaskan pengaruh signifikan secara simultan. Kesimpulan ini menegaskan bahwa semakin tinggi tingkat integrasi UAV, semakin efektif sistem pengendalian akses laut dan udara, khususnya dalam aspek deteksi dini, respons cepat terhadap pelanggaran, efisiensi operasional, dan koordinasi antar matri, sehingga UAV terbukti menjadi instrumen strategis yang esensial bagi keamanan dan kedaulatan Indonesia di jalur perdagangan internasional yang vital seperti ALKI 1.

ACKNOWLEDGMENT

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah mendukung terselesainya penelitian ini, khususnya para responden yang telah bersedia memberikan informasi melalui kuesioner, serta pembimbing dan rekan sejawat yang telah memberikan masukan dan arahan yang berharga. Dukungan dari institusi terkait dalam penyediaan data dan fasilitas juga sangat membantu kelancaran penelitian ini. Semoga hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan pemanfaatan *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) dalam meningkatkan efektivitas pengendalian wilayah secara lebih optimal.

REFERENCES

- [1] W. Khawaja, V. Semkin, N. I. Ratyal, Q. Yaqoob, J. Gul, and I. Guvenc, "Threats from and countermeasures for unmanned aerial and underwater vehicles," *Sensors*, vol. 22, no. 10, p. 3896, 2022.
- [2] S. J. McTegg, F. Tarsha Kurdi, S. Simmons, and Z. Gharineiat, "Comparative approach of unmanned aerial vehicle restrictions in controlled airspace," *Remote Sens.*, vol. 14, no. 4, p. 822, 2022.
- [3] Z. M. Miličević and Z. B. Bojković, "From the early days of unmanned aerial vehicles (UAVS) to their integration into wireless networks," *Vojnoteh. Glas. Tech. Cour.*, vol. 69, no. 4, pp. 941–962, 2021.
- [4] M. A. Jasim, H. Shakhathreh, N. Siasi, A. H. Sawalmeh, A. Aldalbahi, and A. Al-Fuqaha, "A survey on spectrum management for unmanned aerial vehicles (UAVs)," *IEEE Access*, vol. 10, pp. 11443–11499, 2021.
- [5] Z. Zuo, C. Liu, Q.-L. Han, and J. Song, "Unmanned aerial vehicles: Control methods and future challenges," *IEEE/CAA J. Autom. Sin.*, vol. 9, no. 4, pp. 601–614, 2022.
- [6] S. Jung, S. Jeong, J. Kang, and J. Kang, "Marine IoT systems with space-air-sea integrated networks: Hybrid LEO and UAV edge computing," *IEEE Internet Things J.*, vol. 10, no. 23, pp. 20498–20510, 2023.
- [7] H. Zeng, Z. Su, Q. Xu, and R. Li, "Security and privacy in space-air-ocean integrated unmanned surface vehicle networks," *IEEE Netw.*, vol. 38, no. 3, pp. 48–56, 2024.
- [8] N. S. Labib, M. R. Brust, G. Danoy, and P. Bouvry, "The rise of drones in internet of things: A survey on the evolution, prospects and challenges of unmanned aerial vehicles," *IEEE Access*, vol. 9, pp. 115466–115487, 2021.
- [9] A. Alotaibi, C. Chatwin, and P. Birch, "Ubiquitous unmanned aerial vehicles (UAVs): A comprehensive review," *Shanlax Int. J. Arts, Sci. Humanit.*, vol. 11, no. 2, pp. 62–90, 2023.
- [10] M. Grote *et al.*, "Sharing airspace with uncrewed aerial vehicles (UAVs): Views of the general aviation (GA) community," *J. Air Transp. Manag.*, vol. 102, 2022.
- [11] K. Telli *et al.*, "A comprehensive review of recent research trends on unmanned aerial vehicles (uavs)," *Systems*, vol. 11, no. 8, p. 400, 2023.
- [12] S. A. H. Mohsan, M. A. Khan, F. Noor, I. Ullah, and M. H. Alsharif, "Towards the unmanned aerial vehicles (UAVs): A comprehensive review," *Drones*, vol. 6, no. 6, p. 147, 2022.
- [13] C. Cheng, D. Liu, J.-H. Du, and Y.-Z. Li, "Research on visual perception for coordinated air-sea through a cooperative USV-UAV system," *J. Mar. Sci. Eng.*, vol. 11, no. 10, p. 1978, 2023.
- [14] V. Lambey and A. D. Prasad, "A review on air quality measurement using an unmanned aerial vehicle," *Water, Air, Soil Pollut.*, vol. 232, no. 3, p. 109, 2021.
- [15] R. M. Rolly, P. Malarvezhi, and T. D. Lagkas, "Unmanned aerial vehicles: Applications, techniques, and challenges as aerial base stations," *Int. J. Distrib. Sens. Networks*, vol. 18, no. 9, p. 15501329221123932, 2022.
- [16] S. Liu, L. Zhu, F. Huang, A. Hassan, D. Wang, and Y. He, "A survey on air-to-sea integrated maritime internet of things: Enabling technologies, applications, and future challenges," *J. Mar. Sci. Eng.*, vol. 12, no. 1, p. 11, 2023.
- [17] S. A. H. Mohsan, N. Q. H. Othman, Y. Li, M. H. Alsharif, and M. A. Khan, "Unmanned aerial vehicles

- (UAVs): Practical aspects, applications, open challenges, security issues, and future trends,” *Intell. Serv. Robot.*, vol. 16, no. 1, pp. 109–137, 2023.
- [18] M. Dai, N. Huang, Y. Wu, J. Gao, and Z. Su, “Unmanned-aerial-vehicle-assisted wireless networks: Advancements, challenges, and solutions,” *IEEE internet things J.*, vol. 10, no. 5, pp. 4117–4147, 2022.
- [19] K. Riko Cahya, “KAJIAN RENCANA PENGGUNAAN DRONE SEBAGAI MAPPING PENANGGULANGAN KEADAAN DARURAT SEKITAR BANDAR UDARA RADIN INTEN II LAMPUNG.” Politeknik Penerbangan Palembang, 2025.
- [20] P. Aposporis, “A review of global and regional frameworks for the integration of an unmanned aircraft system in air traffic management,” *Transp. Res. Interdiscip. Perspect.*, vol. 24, p. 101064, 2024.
- [21] S. Kandrot, S. Hayes, and P. Holloway, “Applications of uncrewed aerial vehicles (UAV) technology to support integrated coastal zone management and the UN sustainable development goals at the coast,” *Estuaries and Coasts*, vol. 45, no. 5, pp. 1230–1249, 2022.
- [22] T. Yanuar, “Efektivitas Penggunaan Unmanned Aerial Vehicles dalam Penanggulangan Maritime Transnational Organized Crime,” *J. Marit. Indones. (Indonesian Marit. Journal)*, vol. 9, no. 1, pp. 72–98, 2021.
- [23] T. Y. Ristanto, A. Octavian, and K. Buntoro, “Efektivitas Penggunaan Unmanned Aerial Vehicles dalam Penanggulangan Maritime Transnational Organized Crime,” *Indones. Marit. J.*, vol. 9, no. 1, p. 28, 2021.
- [24] D. Saputra, “Pemanfaatan Drone untuk Monitoring Lahan Pertanian Berbasis Citra Udara,” *Circ. Arch.*, vol. 1, no. 7, 2025.