WARTA ARDHIA

Volume 52, Nomor 1 Tahun 2026 P-ISSN No. 0215-9066 | E-ISSN No. 2528-4045

KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN KEBIJAKAN TRANSPORTASI
Jl. Medan Merdeka Timur No. 5, Gambir, Jakarta Pusat, 10110, Indonesia
Website: https://baketrans.kemenhub.go.id/jurnal/index.php/wartaardhia
E-mail: jurnalwartaardhia@gmail.com/ jurnalkemenhub@gmail.com
Terakreditasi Sinta 4, Nomor: 72/E/KPT/2024

WARTA ARDHIA

VOL. 52, NO. 1, TAHUN 2026
E-ISSN: 2528-4045 | P-ISSN: 0215-9066
Terakreditasi Sinta 4, Nomor: 72/E/KPT/2024

SUSUNAN REDAKSI

Penanggung Jawab Sekretaris Badan Kebijakan Transportasi

Editor In Chief Dr. Andyka Kusuma, M.Sc. (Universitas Indonesia)

Managin Editor Chairunnisa, S.Sos., MA (Badan Kebijakan Transportasi)

Mitra Bestari

1. Dr. Ing. Ir. Javensius Sembiring, MT
2. Faza Fawzan Bastarianto, ST., M.Sc (Eng)
3. Dr. Ir. Ganding Sitepu, Dipl.-Ing
4. Ir. Theo Johannes Frans Kalangi, MsTr
5. Dr. Ir Misliah Idrus, MSTr
6. Dr. Capt. Antoni Arif Priadi, M.Sc
7. Dr. Khairul Ummah, ST., MT.,
8. Dr. Ing. Ir. Javensius Sembiring, M.T.
9. Dr. Eny Yuliawati, SE., MT
10. Dr. Taufiq Mulyanto
11. Dr. Ir. Misliah Idrus, MSTr
12. Abdy Kurniawan, S.T., M.M.

Editor

1. Dr. Heru Susanto (Universiti of Technology, Brunei)
2. Beny Ambonive, S.IP (Badan Kebijakan Transportasi)
3. Jody Oktovianda Tarigan, S.IP (Badan Kebijakan Transportasi)

Layout Editor

1. Debora Sitorus, S.AP (Badan Kebijakan Transportasi)
2. Sri Terta Dewi, S.Hum., M.Hum (Badan Kebijakan Transportasi)
3. Dewi Wachyuni, S.Kom (Badan Kebijakan Transportasi)

Admin OJS

1. Adhika Rindyatmojo, A.md (Badan Kebijakan Transportasi)
2. Alya Zasha Khalisa, S.S. (Badan Kebijakan Transportasi)
3. Layla Nur Fajrin, S.Pd (Badan Kebijakan Transportasi)

Alamat Redaksi Sekretariat Badan Kebijakan Transportasi

Jl. Medan Merdeka Timur No. 5, Jakarta Pusat 10110, Indonesia

Whatsapp +62 812-1323-6151, e-mail: jurnalwartaardhia@gmail.com/ jurnalkemenhub@gmail.com

Warta Ardhia

P-ISSN No. 0215-9066
E-ISSN No. 2528-4045
Volume 52, Nomor 1, Tahun 2026

Terakreditasi Sinta 4
Nomor: 72/E/KPT/2024

Kata Pengantar

Puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas terbitnya Jurnal Warta Ardhia Volume 52, Nomor 1, Tahun 2026 dan salam sejahtera untuk para pembaca. Jurnal Warta Ardhia merupakan salah satu wadah di Kementerian Perhubungan untuk mempublikasikan hasil penelitian dan kajian di bidang transportasi udara yang dibuat oleh Internal Pegawai Kementerian Perhubungan maupun dari eksternal Kementerian Perhubungan seperti akademisi, praktisi bidang transportasi maupun masyarakat umum. Edisi Jurnal Warta ardhia kali ini menyajikan 5 tulisan yang membahas Analisis Risiko Operasional VCCS pada ATC Radar Simulator; Analisis Kesiapan Crew KM Dharma Kencana Dalam Menghadapi Kebakaran Saat Floating Repair di PT Adiluhung Sarana Segara Indonesia (ASSI); Faktor-faktor yang Mempengaruhi Efektivitas Stevedoring di Pelabuhan; Pengembangan Integrated Airspace Security System (IASS) sebagai Kerangka Tata Kelola Ruang Udara Terintegrasi; Analisis Tolok Ukur Continuous Descent Operations di Bandara I Gusti Ngurah Rai.

Ayub Wimatra, Catra Indra Cahyadi, Erwin Lumbangaol menulis tentang "Analisis Risiko Operasional VCCS pada ATC Radar Simulator" dengan tujuan mengidentifikasi risiko operasional pada VCCS menggunakan metode Failure Mode and Effects Analysis (FMEA).

Ray Octa Firdaus, Andri Pratama, Fatma Saqdiah, Dwi Tiara Kurnilasari dengan judul tulisan "Faktor-faktor yang Mempengaruhi Efektivitas Stevedoring di Pelabuhan" melakukan penelitian dengan tujuan memetakan faktor-faktor yang berkaitan dengan efektivitas stevedoring berdasarkan literatur terdahulu.

Mufti Arifin, Javensius Sembiring, Hari Muhammad menulis tentang "Analisis Tolok Ukur Continuous Descent Operations di Bandara I Gusti Ngurah Rai" dengan tujuan melakukan analisis tolok ukur CDO berbasis data Automatic Dependent Surveillance-Broadcast (ADS-B) pada lintasan kedatangan menuju Bandar Udara I Gusti Ngurah Rai (DPS) selama periode 1–7 Juni 2026.

Selain tulisan yang diulas tersebut, terdapat tulisan lainnya yang menarik untuk dibaca pada edisi ini. Akhirnya kami dari Dewan Redaksi mengucapkan terima kasih kepada para penulis yang telah menyumbangkan pemikirannya dalam bentuk karya ilmiah melalui Jurnal Warta Ardhia yang diharapkan dapat membawa manfaat bagi nusa dan bangsa melalui kemajuan ilmu pengetahuan khususnya di bidang transportasi.

Salam Redaksi.

Warta Ardhia

P-ISSN No. 0215-9066
E-ISSN No. 2528-4045
Volume 52, Nomor 1, Tahun 2026

Terakreditasi Sinta 4
Nomor: 72/E/KPT/2024

Daftar Isi

Analisis Risiko Operasional VCCS pada ATC Radar Simulator
Operational Risk Analysis of Voice Communication Control Switching System (VCCS) in an ATC Radar Simulator 1–16
Ayub Wimatra, Catra Indra Cahyadi, Erwin Lumbangao

Analisis Kesiapan *Crew* KM Dharma Kencana Dalam Menghadapi Kebakaran Saat *Floating Repair* Di PT Adiluhung Sarana Segara Indonesia (ASSI)
Analysis of Crew Preparedness on MV Dharma Kencana in Responding to Fire Incidents During Floating Repair at PT Adiluhung Sarana Segara Indonesia (ASSI) 17–26
Arya Rigar Aditya, Oktavera Sulistiana, Nur Indah Sari

Faktor-faktor yang Mempengaruhi Efektivitas Stevedoring di Pelabuhan
Factors Affecting Stevedoring Effectiveness at the Port 27–40
Ray Octa Firdaus, Andri Pratama, Fatma Saqdiah, Dwi Tiara Kurnilasari

Pengembangan Integrated Airspace Security System (IASS) sebagai Kerangka Tata Kelola Ruang Udara Terintegrasi
Development of an Integrated Airspace Security System (IASS) as a Framework for Integrated Airspace Governance 41–56
Afen Sena, Budi Santoso

Analisis Tolok Ukur *Continuous Descent Operations* di Bandara I Gusti Ngurah Rai
Benchmark Analysis of Continuous Descent Operations at I Gusti Ngurah Rai Airport 57–68
Mufti Arifin, Javensius Sembiring, Hari Muhammad

Warta Ardhia

P-ISSN No. 0215-9066
E-ISSN No. 2528-4045
Volume 52, Nomor 1, Tahun 2026

Terakreditasi Sinta 4
Nomor: 72/E/KPT/2024

Kumpulan Abstrak

Lembar abstrak boleh diperbanyak tanpa izin dan biaya

Ayub Wimatra, Catra Indra Cahyadi, Erwin Lumbangaol

(Program Studi Teknologi Pemeliharaan Pesawat Udara, Politeknik Penerbangan Medan, Program Studi Teknik Telekomunikasi dan Navigasi Udara, Politeknik Penerbangan Medan)

Analisis Risiko Operasional VCCS pada ATC Radar Simulator

Warta Ardhia
Vol 52, No.1, 2026, Hal. 1–16

Voice Communication Control Switching System (VCCS) merupakan salah satu komponen penting dalam mendukung komunikasi pada ATC Radar Simulator. Keandalan operasional sistem komunikasi menjadi faktor yang perlu diperhatikan karena gangguan yang terjadi dapat mempengaruhi efektivitas proses simulasi komunikasi penerbangan. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi risiko operasional pada VCCS menggunakan metode *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA). Data penelitian diperoleh melalui pengujian operasional sistem sebanyak 700 siklus pengoperasian. Hasil pengujian menghasilkan 35 *failure event* yang kemudian dikelompokkan ke dalam lima *failure mode*, yaitu koneksi gagal antara aplikasi VCCS dan ESP8266 (F1), perpindahan kanal komunikasi gagal (F2), *response system delay* lebih dari 2 detik (F3), aplikasi VCCS *crash/hang* (F4), dan sistem tidak tersedia (F5). Analisis FMEA dilakukan menggunakan parameter *Severity* (S), *Occurrence* (O), dan *Detection* (D) untuk menentukan prioritas risiko berdasarkan nilai *Risk Priority Number* (RPN). Hasil penelitian menunjukkan bahwa F3 memiliki nilai RPN tertinggi sebesar 45 sehingga menempati prioritas risiko pertama, diikuti oleh F1 dengan nilai RPN sebesar 28. Temuan ini menunjukkan bahwa risiko operasional utama pada VCCS berkaitan dengan keterlambatan respons sistem dan stabilitas konektivitas komunikasi yang berpotensi menyebabkan keterlambatan kendali operator dan menurunkan kelancaran simulasi komunikasi penerbangan. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi masukan dalam upaya pengelolaan risiko dan peningkatan keandalan operasional sistem komunikasi pada ATC Radar Simulator.

Kata kunci: ATC Radar Simulator, *failure mode and effects analysis (FMEA), risk priority number (RPN)*, risiko operasional, *voice communication control switching system* (VCCS).

Arya Rigar Aditya, Oktavera Sulistiana, Nur Indah Sari

(Jurusan Nautika, Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar)

Analisis Kesiapan *Crew* KM Dharma Kencana Dalam Menghadapi Kebakaran Saat *Floating Repair* Di PT Adiluhung Sarana Segara Indonesia (ASSI)

Warta Ardhia
Vol 52, No.1, 2026, Hal. 17–26

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kesiapsiagaan *crew* KM Dharma Kencana dalam menghadapi kebakaran saat kapal menjalani *floating repair* di PT Adiluhung Sarana Segara Indonesia (ASSI). Penelitian menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif dengan desain studi kasus terhadap insiden kebakaran yang terjadi pada 28 Januari 2025. Data dikumpulkan melalui observasi lapangan, wawancara mendalam terhadap sembilan informan, serta studi dokumentasi berupa laporan kejadian, *checklist* peralatan keselamatan, dan dokumen pendukung lainnya. Data dianalisis menggunakan tahapan reduksi data, penyajian data, penarikan kesimpulan, serta *gap analysis* dengan membandingkan temuan lapangan terhadap ketentuan SOLAS, ISM Code, dan pedoman keselamatan perbaikan kapal dari ILO. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat kesiapsiagaan *crew* berada pada kategori sedang (*moderate preparedness*). Kategori tersebut dipengaruhi oleh tidak dilaksanakannya *fire drill* selama *floating repair*, belum tersedianya prosedur khusus penanganan kebakaran pada kondisi galangan, tidak beroperasinya sistem deteksi kebakaran, *general alarm*, *sprinkler*, dan *hydrant* selama proses perbaikan, serta belum optimalnya koordinasi pada tahap awal penanganan insiden. Temuan penelitian menunjukkan perlunya penerapan prosedur darurat khusus *floating repair*, pelaksanaan latihan kebakaran secara berkala, serta penyediaan pengendalian risiko pengganti (*compensatory controls*) ketika sistem keselamatan utama kapal dinonaktifkan.

Kata kunci: *Fire drill* (latihan kebakaran), *floating repair*, keadaan darurat kebakaran, keselamatan maritim, kesiapan *crew*.

Ray Octa Firdaus, Andri Pratama, Fatma Saqdiah, Dwi Tiara Kurnilasari

(Program Studi Logistik Perdagangan Internasional, Politeknik Negeri Batam, Program Studi Sosial Ekonomi Perikanan, Universitas Mulawarman)

Faktor-faktor yang Mempengaruhi Efektivitas Stevedoring di Pelabuhan

Warta Ardhia
Vol 52, No.1, 2026, Hal. 27–40

Stevedoring merupakan kegiatan pemuatan dan pembongkaran barang dari kapal ke dermaga atau sebaliknya yang menjadi salah satu tahapan utama dalam operasi pelabuhan. Penelitian ini bertujuan memetakan faktor-faktor yang berkaitan dengan efektivitas stevedoring berdasarkan literatur terdahulu. Efektivitas dalam kajian ini dipahami sebagai ketercapaian kelancaran proses bongkar muat yang tercermin dalam produktivitas, waktu pelayanan, pemanfaatan sumber daya, dan kontinuitas operasi; sedangkan produktivitas dan efisiensi diperlakukan sebagai indikator atau konsep terkait, bukan sebagai istilah yang identik. Kajian ini menggunakan pendekatan systematic mapping review dengan sumber artikel dari Google Scholar, Scopus, dan SINTA. Pencarian awal menghasilkan 100 dokumen (60 terindeks SINTA dan 40 terindeks Scopus), kemudian disaring berdasarkan judul, abstrak, relevansi, duplikasi, ketersediaan teks lengkap, serta kriteria inklusi-eksklusi hingga diperoleh 16 artikel untuk dianalisis. Data diekstraksi dan dikodekan secara tematik ke dalam kategori SDM, strategi, fasilitas, dan cuaca, kemudian dihitung frekuensi kemunculannya. Fasilitas merupakan kategori yang paling sering dilaporkan dalam artikel yang dipetakan, diikuti SDM, strategi, dan cuaca. Faktor juga dipetakan menjadi teknis dan nonteknis. Persentase yang dihasilkan menunjukkan proporsi kemunculan kategori dalam literatur, bukan besarnya pengaruh kausal. Hasil ini memberikan peta bukti untuk penelitian lanjutan dan tidak dimaksudkan sebagai urutan prioritas investasi tanpa mempertimbangkan konteks pelabuhan.

Kata kunci: Efektivitas stevedoring, fasilitas pelabuhan, pemetaan literatur sistematis.

Afen Sena, Budi Santoso

(Program Studi Diploma III Operasi Pesawat Udara, Akademi Penerbang Indonesia, Program Studi Doktor Konsentrasi Strategi Pertahanan, Universitas Pertahanan Republik Indonesia)

Pengembangan Integrated Airspace Security System (IASS) sebagai Kerangka Tata Kelola Ruang Udara Terintegrasi

Warta Ardhia
Vol 52, No.1, 2026, Hal. 41–56

Ruang udara merupakan sistem sosio-teknis yang kompleks karena melibatkan interaksi antara penerbangan sipil, pertahanan militer, teknologi navigasi, dan keamanan siber, sementara tata kelolanya masih bersifat sektoral sehingga belum mendukung pengambilan keputusan yang terintegrasi. Penelitian ini bertujuan mengembangkan *Integrated Airspace Security System Framework* (IASSF) sebagai kerangka tata kelola ruang udara terintegrasi berbasis pendekatan *systems-of-systems*. Penelitian menggunakan metode *mixed methods* melalui integrasi *Systematic Literature Review* (35 artikel), *Constructivist Grounded Theory* (18 wawancara mendalam dengan pemangku kepentingan sipil dan militer di wilayah Kepulauan Riau–Natuna), serta *Partial Least Squares Structural Equation Modelling* terhadap 231 responden dengan 214 data valid. Proses integrasi dilakukan secara bertahap, yaitu CGT digunakan untuk mengidentifikasi dan membangun konstruk konseptual beserta hubungan antarkonstruk, sedangkan PLS-SEM memvalidasi model struktural dan menguji kekuatan hubungan empiris antarvariabel. Hasil penelitian menghasilkan konstruk Layered CNS Interface Framework (LCIF) sebagai elemen inti kerangka tata kelola ruang udara terintegrasi. Model empiris menunjukkan kemampuan penjelasan yang kuat dengan nilai R^2 sebesar 0,62 untuk integrasi manajemen lalu lintas udara sipil–militer dan 0,71 untuk efektivitas keamanan ruang udara. LCIF berpengaruh signifikan terhadap integrasi manajemen lalu lintas udara sipil–militer ($\beta = 0{,}41$; $p < 0{,}001$) dan efektivitas keamanan ruang udara ($\beta = 0{,}22$; $p < 0{,}001$), sedangkan integrasi sipil–militer menjadi determinan utama efektivitas keamanan ruang udara ($\beta = 0{,}52$; $p < 0{,}001$). Temuan ini menunjukkan bahwa penguatan interoperabilitas kelembagaan, integrasi sipil–militer, dan tata kelola adaptif merupakan pondasi utama bagi pengembangan kerangka tata kelola ruang udara yang lebih efektif dalam menghadapi ancaman multidomain dan dinamika geopolitik.

Kata kunci: *Constructivist grounded theory*, integrasi sipil–militer, *integrated airspace security system theory*, keamanan ruang udara, *systems-of-systems*.

Mufti Arifin, Javensius Sembiring, Hari Muhammad

(Fakultas Teknik Mesin dan Dirgantara, Institut Teknologi Bandung)

Analisis Tolok Ukur *Continuous Descent Operations* di Bandara I Gusti Ngurah Rai

Warta Ardhia
Vol 52, No.1, 2026, Hal. 57–68

Operasi turun kontinu atau Continuous Descent Operations (CDO) merupakan salah satu pendekatan peningkatan efisiensi kedatangan pesawat yang berpotensi mengurangi konsumsi bahan bakar dan emisi. Namun, besarnya peluang CDO sangat dipengaruhi oleh pola lintasan kedatangan aktual, termasuk variasi rute, path extension, dan vektoring. Penelitian ini bertujuan melakukan analisis tolok ukur CDO berbasis data Automatic Dependent Surveillance-Broadcast (ADS-B) pada lintasan kedatangan menuju Bandar Udara I Gusti Ngurah Rai (DPS) selama periode 1–7 Juni 2026. Pendekatan penelitian menggabungkan analisis lintasan ADS-B, clustering trajektori, ekstraksi rute inti berbasis medoid, pembentukan profil CDO berbasis kendala operasional, dan estimasi konsumsi bahan bakar serta emisi menggunakan OpenAP. Hasil utama pada subset turbofan menunjukkan bahwa skenario 1, yaitu same-path CDO benchmark, menghasilkan estimasi penghematan bahan bakar dan emisi CO_2 sebesar 11,16%, dengan tambahan waktu rata-rata 3,59 menit per penerbangan. Skenario 2, yaitu core-route CDO benchmark, menghasilkan penghematan bahan bakar dan emisi CO_2 sebesar 22,42%, dengan reduksi jarak rute sebesar 2,26% dan tambahan waktu rata-rata 2,70 menit per penerbangan. Hasil ini menunjukkan bahwa manfaat CDO perlu dibedakan antara peningkatan profil vertikal pada lintasan aktual dan skenario gabungan berbasis rute inti serta profil vertikal.

Kata kunci: ADS-B, Bandara I Gusti Ngurah Rai, CDO, OpenAP, tolok ukur.

Warta Ardhia

P-ISSN No. 0215-9066
E-ISSN No. 2528-4045
Volume 52, Nomor 1, Tahun 2026

Terakreditasi Sinta 4
Nomor: 72/E/KPT/2024

Abstract Collection

The abstract sheet may reproduced without permission or charge

Ayub Wimatra, Catra Indra Cahyadi, Erwin Lumbangaol

(Program Studi Teknologi Pemeliharaan Pesawat Udara, Politeknik Penerbangan Medan, Program Studi Teknik Telekomunikasi dan Navigasi Udara, Politeknik Penerbangan Medan)

Operational Risk Analysis of Voice Communication Control Switching System (VCCS) in an ATC Radar Simulator

Warta Ardhia
Vol 52, No.1, 2026, Hal. 1–16

The Voice Communication Control Switching System (VCCS) is a critical component supporting communication functions within an Air Traffic Control (ATC) Radar Simulator. Operational reliability of communication systems is essential because system disruptions may affect the effectiveness of aviation communication simulation activities. This study aims to identify the operational risks associated with the VCCS using the Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) method. Research data were obtained through operational testing consisting of 700 operating cycles. The testing process identified 35 failure events, which were subsequently classified into five failure modes: failed connection between the VCCS application and ESP8266 (F1), failed communication channel switching (F2), system response delay exceeding 2 seconds (F3), VCCS application crash or hang (F4), and system unavailability (F5). FMEA was performed using the Severity (S), Occurrence (O), and Detection (D) parameters, which were assessed based on failure frequency, operational impact on communication performance, and the system's ability to detect disturbances during testing. The results indicate that F3 achieved the highest RPN value of 45, making it the highest-priority operational risk, followed by F1 with an RPN value of 28. These findings indicate that the primary operational risks of the VCCS are related to delayed system response and unstable communication connectivity, which may cause delayed operator control and reduce the smoothness of aviation communication simulation. The results of this study provide useful insights for risk management and operational reliability improvement of communication systems used in ATC Radar Simulator environments..

***Keywords**: ATC radar simulator, failure mode and effects analysis (FMEA), operational risk, risk priority number (RPN), voice communication control switching system (VCCS).*

Arya Rigar Aditya, Oktavera Sulistiana, Nur Indah Sari

(Jurusan Nautika,Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar)

Analysis of Crew Preparedness on MV Dharma Kencana in Responding to Fire Incidents During Floating Repair at PT Adiluhung Sarana Segara Indonesia (ASSI)

Warta Ardhia
Vol 52, No.1, 2026, Hal. 17–26

This study aims to analyze the preparedness of the crew of KM Dharma Kencana in responding to fire emergencies while the vessel was undergoing floating repair at PT Adiluhung Sarana Segara Indonesia (ASSI). A descriptive qualitative approach with a case study design was employed, focusing on a fire incident that occurred on 28 January 2025. Data were collected through direct field observations, in-depth interviews with nine informants, and document analysis, including the fire incident report, safety equipment checklists, and other supporting documents. The data were analyzed using the stages of data reduction, data display, conclusion drawing, and gap analysis by comparing the field findings with the requirements of the SOLAS Convention, the International Safety Management (ISM) Code, and the International Labour Organization (ILO) Guidelines on Safety and Health in Shipbuilding and Ship Repair. The findings indicate that the crew's preparedness was categorized as moderate preparedness. This level of preparedness was influenced by the absence of fire drills during the floating repair period, the lack of a specific fire emergency procedure for shipyard operations, the unavailability of fire protection systems, including the fire detection system, general alarm, sprinkler system, and hydrant system during repair activities, as well as inadequate coordination during the initial stage of the emergency response. These findings highlight the need to implement specific emergency procedures for floating repair, conduct regular fire drills tailored to shipyard conditions, and establish compensatory controls when the vessel's primary fire safety systems are temporarily out of service.

***Keywords**: Crew preparedness, fire drill, fire emergency, floating repair, maritime safety.*

.

Ray Octa Firdaus, Andri Pratama, Fatma Saqdiah, Dwi Tiara Kurnilasari

(Program Studi Logistik Perdagangan Internasional, Politeknik Negeri Batam, Program Studi Sosial Ekonomi Perikanan, Universitas Mulawarman)

Factors Affecting Stevedoring Effectiveness at the Port

Warta Ardhia
Vol 52, No.1, 2026, Hal. 27–40

Stevedoring is a key port operation involving the loading and unloading of cargo between ships and the quay. This study aims to map factors associated with stevedoring effectiveness based on previous studies. In this review, effectiveness refers to the achievement of smooth cargo-handling operations reflected in productivity, service time, resource utilization, and operational continuity; productivity and efficiency are treated as related indicators or concepts rather than interchangeable terms. A systematic mapping review was conducted using literature retrieved through Google Scholar, Scopus, and SINTA. The initial search yielded 100 documents (60 SINTA-indexed and 40 Scopus-indexed articles). Screening based on titles, abstracts, topic relevance, duplicate removal, full-text availability, and inclusion-exclusion criteria resulted in 16 articles for analysis. Data were extracted and thematically coded into four categories: human resources, strategy, facilities, and weather, followed by frequency-of-occurrence calculations. Facilities were the most frequently reported category in the mapped literature, followed by human resources, strategy, and weather. The factors were also mapped into technical and non-technical groups. The reported percentages represent the frequency of categories in the reviewed literature and should not be interpreted as causal effect sizes. The findings provide an evidence map for further research rather than a direct ranking of investment priorities across ports.

***Keywords**: Cargo-handling stevedoring effectiveness, port facilities, systematic mapping review.*

Afen Sena, Budi Santoso

(Program Studi Diploma III Operasi Pesawat Udara, Akademi Penerbang Indonesia, Program Studi Doktor Konsentrasi Strategi Pertahanan, Universitas Pertahanan Republik Indonesia)

Development of an Integrated Airspace Security System (IASS) as a Framework for Integrated Airspace Governance

Warta Ardhia
Vol 52, No.1, 2026, Hal. 41–56

Airspace constitutes a complex and strategic socio-technical system in which civil aviation, military defense, navigation technologies, and cybersecurity functions are highly interconnected and interdependent. However, existing studies on airspace governance remain fragmented across aviation safety, air defense, and cybersecurity domains, resulting in the absence of an integrated and predictive governance model. This study aims to develop and validate a systems-of-systems (SoS)-based framework for airspace security governance by integrating Constructivist Grounded Theory (CGT), Systematic Literature Review (SLR), and Partial Least Squares Structural Equation Modelling (PLS-SEM). A mixed-methods approach was employed, involving a systematic review of 35 articles, 18 in-depth interviews with civil and military stakeholders in the Riau Islands–Natuna region, and a survey of 231 respondents (214 valid responses) representing airspace governance actors in western Indonesia. The study developed the Layered CNS Interface Framework (LCIF) as a construct representing multi-layer interactions across political-strategic, institutional, technological, and operational dimensions. The empirical model demonstrated substantial explanatory power, with R^2 values of 0.62 for civil–military air traffic management integration and 0.71 for airspace security effectiveness. LCIF exerted significant effects on civil–military air traffic management integration ($\beta = 0.41$, $p < 0.001$) and airspace security effectiveness ($\beta = 0.22$, $p < 0.001$), while civil–military integration emerged as the strongest determinant of airspace security effectiveness ($\beta = 0.52$, $p < 0.001$). Multi-domain threat adaptation capacity and strategic defense posture were found to enhance system resilience, whereas political-strategic support acted as a moderating variable that strengthened inter-organizational coordination. Based on these findings, this study proposes the Integrated Airspace Security System Theory (IASST) as a conceptually grounded framework for integrated airspace governance. Practically, the findings underscore that strengthening civil–military integration, institutional interoperability, and adaptive governance constitute a fundamental prerequisite for improving airspace security effectiveness amid evolving threat dynamics and increasing geopolitical complexity.

***Keywords**: Airspace security; civil–military integration; constructivist grounded theory; integrated airspace security system theory; systems-of-systems.*

Mufti Arifin, Javensius Sembiring, Hari Muhammad

(Fakultas Teknik Mesin dan Dirgantara, Institut Teknologi Bandung)

Benchmark Analysis of Continuous Descent Operations at I Gusti Ngurah Rai Airport

Warta Ardhia
Vol 52, No.1, 2026, Hal. 57–68

Continuous Descent Operations (CDO) provide an operational approach for improving arrival efficiency by reducing fuel burn and emissions. However, the achievable CDO benefit depends strongly on actual arrival trajectory patterns, including route variability, path extension, and vectoring. This study benchmarks CDO opportunities using Automatic Dependent Surveillance-Broadcast (ADS-B) arrival trajectories to I Gusti Ngurah Rai Airport (DPS) from 1 to 7 June 2026. The proposed approach combines ADS-B trajectory analysis, trajectory clustering, medoid-based core-route extraction, constraint-based CDO profile generation, and OpenAP-based fuel and emission estimation. The main results for the turbofan subset show that Scenario 1, the same-path CDO benchmark, reduced estimated fuel burn and CO_2 emissions by 11.16%, with an average time increase of 3.59 minutes per flight. Scenario 2, the core-route CDO benchmark, increased the estimated fuel and CO_2 reduction to 22.42%, with a route distance reduction of 2.26% and an average time increase of 2.70 minutes per flight. These findings indicate that CDO benchmarking should distinguish between vertical-profile improvement along actual route and combined core-route and vertical-profile improvement scenarios.

***Keywords**: ADS-B, benchmarking, CDO, I Gusti Ngurah Rai Airport, OpenAP.*