



## Tinjauan Literatur Investigasi Keselamatan ATS : Analisis Kecelakaan dan Insiden Pesawat Udara

Nurul Fadhilah Basri<sup>1\*</sup>, Elfi Amir<sup>2</sup>, Rany Adiliawijaya Putriekapuja<sup>3</sup>

<sup>1-3</sup>Program Studi Lalu Lintas Udara, Politeknik Penerbangan Indonesia Curug, Indonesia

\*Penulis Korespondensi: [fadhilah.basri58@gmail.com](mailto:fadhilah.basri58@gmail.com)

**Abstract.** *Aviation safety is a top priority in the global aviation industry, particularly concerning Air Traffic Services (ATS) which plays a critical role in preventing and investigating aircraft accidents and incidents. This literature review aims to analyze and synthesize findings from previous research on ATS Safety investigations, focusing on aircraft accidents and incidents during the period 2015-2024. The method employed is a narrative literature review using a targeted search strategy, drawing on relevant peer-reviewed journal articles, academic books, and official documents related to ATS Safety investigation. Inclusion criteria encompass peer-reviewed journal articles, official investigation reports from ICAO, KNKT, FAA, IATA, and Eurocontrol, as well as relevant case studies. A total of 28 sources were identified through a targeted search strategy, all of which met the inclusion criteria and were analyzed in depth. Review results indicate that human factors consistently emerge as the most frequently discussed contributor to ATS-related aviation accidents and incidents, followed by technical and environmental factors. Findings also suggest that effective implementation of Safety Management Systems (SMS), continuous training for ATS personnel, and the use of modern surveillance technology can significantly reduce accident and incident risks. This study concludes the necessity of a proactive approach in ATS Safety management, including the development of a strong safety culture in every air traffic service unit.*

**Keywords:** *Aircraft Accident Investigation; ATS Safety; Aviation Incidents; Human Factors; Safety Management.*

**Abstrak.** Keselamatan penerbangan merupakan prioritas utama dalam industri aviasi global, khususnya terkait dengan *Air Traffic Services (ATS)* yang memiliki peran kritis dalam mencegah dan menginvestigasi kecelakaan serta insiden pesawat udara. Tinjauan literatur ini bertujuan untuk menganalisis dan mensintesis temuan-temuan penelitian terdahulu mengenai investigasi keselamatan ATS dengan fokus pada kecelakaan dan insiden pesawat udara dalam periode 2015-2024. Metode yang digunakan adalah tinjauan literatur naratif (*narrative literature review*) dengan strategi pencarian terarah, mengacu pada artikel jurnal, buku akademik, dan dokumen resmi yang relevan dengan topik *ATS Safety investigation*. Kriteria inklusi meliputi artikel jurnal peer-reviewed, laporan investigasi resmi dari ICAO, KNKT, FAA, IATA, dan *Eurocontrol*, serta studi kasus yang relevan. Dari 28 literatur yang diidentifikasi melalui pencarian terarah, seluruhnya memenuhi kriteria inklusi dan dianalisis secara mendalam. Hasil tinjauan menunjukkan bahwa faktor manusia (*human factors*) secara konsisten muncul sebagai kontributor yang paling banyak dibahas dalam kecelakaan dan insiden penerbangan terkait ATS, diikuti oleh faktor teknis dan faktor lingkungan. Temuan juga mengindikasikan bahwa implementasi sistem *Safety Management System (SMS)* yang efektif, pelatihan berkelanjutan bagi personel ATS, serta penggunaan teknologi pengawasan modern secara signifikan dapat mengurangi risiko kecelakaan dan insiden. Kesimpulan penelitian ini menegaskan perlunya pendekatan proaktif dalam manajemen keselamatan ATS, termasuk pengembangan budaya keselamatan (*safety culture*) yang kuat di setiap unit pelayanan lalu lintas udara.

**Kata kunci:** Faktor Manusia; Insiden Penerbangan; Investigasi Kecelakaan Pesawat; keselamatan ATS; Manajemen Keselamatan.

### 1. LATAR BELAKANG

Keselamatan penerbangan merupakan aspek fundamental dalam industri aviasi yang tidak dapat dikompromikan. *Air Traffic Services (ATS)* atau Pelayanan Lalu Lintas Udara memiliki peran sentral dalam memastikan keselamatan operasi penerbangan, mulai dari koordinasi pergerakan pesawat di udara hingga komunikasi kritis antara pilot dan pengatur lalu lintas udara (ATCO). Dalam konteks global, organisasi penerbangan sipil internasional seperti *International Civil Aviation Organization (ICAO)* telah menetapkan standar dan regulasi yang

ketat terkait keselamatan ATS melalui berbagai dokumen panduan, termasuk Annex 11 tentang *Air Traffic Services* dan Annex 13 tentang *Aircraft Accident and Incident Investigation*.

Kecelakaan dan insiden pesawat udara merupakan fenomena kompleks yang melibatkan interaksi antara faktor manusia, sistem teknologi, lingkungan operasional, dan kerangka regulasi. Investigasi terhadap kecelakaan dan insiden penerbangan bertujuan bukan hanya untuk menentukan penyebab kejadian, tetapi yang lebih penting adalah untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang berkontribusi dan merumuskan rekomendasi keselamatan yang dapat mencegah terulangnya kejadian serupa di masa mendatang. Pendekatan ini sejalan dengan filosofi investigasi keselamatan modern yang berfokus pada pembelajaran dari insiden (*learning from incidents*) daripada pencarian kesalahan (*fault finding*).

Dalam dekade terakhir, industri penerbangan global telah menyaksikan berbagai kecelakaan fatal yang melibatkan aspek ATS, antara lain kasus ATC communication breakdown, *runway incursion*, dan CFIT (*Controlled Flight Into Terrain*). Di Indonesia, Komite Nasional Keselamatan Transportasi (KNKT) secara konsisten mempublikasikan laporan investigasi kecelakaan penerbangan yang memberikan gambaran komprehensif mengenai faktor-faktor keselamatan yang perlu ditingkatkan dalam sistem pelayanan lalu lintas udara nasional.

Tinjauan literatur ini disusun untuk memenuhi tugas UTS mata kuliah *ATS Safety Investigation* dengan tujuan menganalisis secara sistematis literatur yang tersedia mengenai kecelakaan dan insiden pesawat udara dari perspektif keselamatan ATS. Dengan mengidentifikasi tema-tema utama, tren penelitian, dan kesenjangan pengetahuan (*knowledge gaps*) dalam literatur yang ada, diharapkan tinjauan ini dapat memberikan kontribusi akademis yang bermakna sekaligus menjadi dasar bagi pengembangan praktik keselamatan ATS yang lebih efektif.

Rumusan masalah yang diangkat dalam tinjauan literatur ini mencakup: (1) Apa saja faktor-faktor utama yang berkontribusi terhadap kecelakaan dan insiden pesawat udara terkait ATS? (2) Bagaimana perkembangan metodologi investigasi keselamatan ATS dalam literatur ilmiah? (3) Apa saja rekomendasi keselamatan yang paling signifikan berdasarkan analisis literatur? Tujuan utama tinjauan ini adalah untuk mensintesis pengetahuan dari berbagai sumber ilmiah terpercaya guna memberikan pemahaman komprehensif mengenai lanskap investigasi keselamatan ATS.

## 2. METODE PENELITIAN

### Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode tinjauan literatur naratif (*narrative literature review*) dengan strategi pencarian terarah (*targeted search*). Pendekatan ini dipilih karena keterbatasan akses terhadap database berbayar berskala penuh (seperti Scopus dan Web of Science) dalam konteks tugas perkuliahan ini, sehingga proses pencarian difokuskan langsung pada sumber-sumber kunci yang memiliki relevansi tinggi terhadap topik investigasi keselamatan ATS, alih-alih melakukan pencarian database masif yang menghasilkan ratusan kandidat artikel. Tahapan yang tetap dilakukan meliputi pencarian dan pengumpulan literatur, seleksi berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi yang eksplisit, serta analisis dan sintesis tematik terhadap seluruh sumber yang terpilih.

### Strategi Pencarian Literatur

Pencarian literatur dilakukan secara terarah melalui Google Scholar dan mesin pencari akademik yang dapat diakses secara terbuka, mengingat keterbatasan akses terhadap database berbayar berskala penuh seperti Scopus, Web of Science, EBSCO Host, atau ProQuest dalam konteks tugas perkuliahan ini. Selain itu, pencarian dilakukan langsung pada sumber-sumber resmi seperti situs ICAO, KNKT, *International Air Transport Association* (IATA), *Eurocontrol*, dan *Federal Aviation Administration* (FAA), serta jurnal-jurnal khusus penerbangan seperti *Safety Science* dan *Accident Analysis & Prevention*.

Kata kunci yang digunakan dalam pencarian literatur meliputi kombinasi dari: "*aircraft accident*", "*aircraft incident*", "*ATS safety*", "*air traffic service investigation*", "*aviation safety management*", "*aviation safety management*", "*ATCO performance*", "*runway incursion*", "*airspace conflict*", "*safety management system aviation*". Kombinasi kata kunci menggunakan operator *Boolean AND*, *OR*, dan *NOT* untuk mengoptimalkan relevansi hasil pencarian.

### Kriteria Inklusi dan Eksklusi

Seleksi literatur dilakukan berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditetapkan secara eksplisit. Kriteria inklusi meliputi: (1) artikel jurnal peer-reviewed dan buku akademik yang diterbitkan antara tahun 2015 hingga 2024, dengan pengecualian untuk karya seminal/teori dasar yang menjadi rujukan fundamental dalam bidang human factors dan accident analysis (misalnya Reason, 1990; Leveson, 2004), (2) laporan investigasi dan dokumen regulasi resmi dari badan keselamatan penerbangan yang diakui secara internasional, (3) studi yang secara spesifik membahas keselamatan ATS atau kecelakaan/insiden pesawat udara terkait pelayanan lalu lintas udara, (4) publikasi dalam bahasa Indonesia atau Inggris, dan (5) teks lengkap dapat diakses secara terbuka. Kriteria eksklusi mencakup: (1) artikel yang tidak melalui proses peer-review dan bukan merupakan dokumen resmi institusi penerbangan,

(2) studi yang hanya membahas aspek teknis pesawat tanpa relevansi ATS, (3) artikel duplikat, dan (4) literatur abu-abu yang tidak dapat diverifikasi sumbernya.

### Proses Seleksi

Proses seleksi literatur dalam tinjauan ini dilakukan secara terarah (*targeted/purposive search*) dengan menelusuri publikasi kunci yang relevan dengan topik investigasi keselamatan ATS, mengingat keterbatasan akses terhadap database berbayar berskala penuh seperti Scopus dan Web of Science dalam konteks tugas ini. Pendekatan ini berbeda dari *systematic literature review* berskala besar yang biasanya menghasilkan ratusan kandidat artikel; di sini pencarian difokuskan langsung pada sumber-sumber yang memiliki relevansi tinggi terhadap rumusan masalah. Total 28 sumber literatur diidentifikasi, terdiri atas artikel jurnal *peer-reviewed*, buku akademik, dan laporan investigasi/regulasi resmi dari ICAO, KNKT, FAA, IATA, dan Eurocontrol. Setelah diperiksa, tidak ditemukan duplikasi antar sumber. Seluruh 28 sumber tersebut dinilai memenuhi kriteria inklusi yang telah ditetapkan berdasarkan judul, abstrak, dan evaluasi teks lengkap, sehingga seluruhnya dimasukkan dalam analisis dan sintesis.

**Tabel 1.** Ringkasan Proses Seleksi Literatur

| Tahap Seleksi                | Jumlah | Keterangan                                             |
|------------------------------|--------|--------------------------------------------------------|
| Identifikasi dari database   | 28     | Pencarian terarah pada jurnal, buku, dan laporan resmi |
| Setelah penghapusan duplikat | 28     | Tidak ditemukan duplikasi                              |
| Lolos skrining judul/abstrak | 28     | Seluruh sumber dinilai relevan                         |
| Lolos evaluasi teks lengkap  | 28     | Seluruh sumber memenuhi kriteria inklusi               |
| Total artikel dianalisis     | 28     | Digunakan dalam sintesis                               |

### Analisis dan Sintesis Data

Analisis dilakukan menggunakan pendekatan sintesis naratif (*narrative synthesis*) yang dikombinasikan dengan analisis tematik. Setiap artikel dianalisis berdasarkan: tujuan penelitian, metodologi yang digunakan, temuan utama, konteks penerbangan (domestik/internasional), jenis kejadian (kecelakaan/insiden), dan faktor-faktor keselamatan yang diidentifikasi. Data diekstraksi ke dalam formulir ekstraksi data terstandarisasi untuk memudahkan perbandingan dan sintesis antar studi. Kualitas metodologis setiap studi dinilai menggunakan checklist *Critical Appraisal Skills Programme* (CASP) yang telah dimodifikasi untuk konteks penelitian keselamatan penerbangan.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### Gambaran Umum Literatur yang Dianalisis

Dari 28 literatur yang dianalisis, sebagian besar merupakan artikel jurnal dan buku akademik *peer-reviewed* (n=18, 64,3%), diikuti oleh laporan investigasi dan dokumen regulasi resmi dari ICAO, KNKT, FAA, IATA, dan Eurocontrol (n=9, 32,1%), serta satu basis data

daring (Skybrary, n=1, 3,6%). Distribusi geografis penelitian menunjukkan dominasi studi dari kawasan Amerika Utara, Eropa, dan Asia, dengan tambahan studi kasus dari konteks Indonesia. Mayoritas sumber menggunakan pendekatan kuantitatif, campuran, atau berbasis laporan investigasi resmi, sementara sebagian menggunakan pendekatan konseptual/teoritis dalam mengembangkan model analisis keselamatan.

### **Faktor-Faktor Utama dalam Kecelakaan dan Insiden Pesawat Terkait ATS**

Analisis literatur mengidentifikasi tiga kategori utama faktor yang berkontribusi terhadap kecelakaan dan insiden pesawat udara terkait ATS. Pertama, faktor manusia (*human factors*) secara konsisten muncul sebagai kontributor yang paling banyak dibahas di antara literatur yang dianalisis. Faktor ini mencakup kelelahan (*fatigue*), beban kerja berlebih (*workload overload*), kesalahan komunikasi (*communication errors*), dan penurunan *situational awareness*. Beberapa studi keselamatan ATM internasional, termasuk laporan rutin yang dipublikasikan Eurocontrol melalui program EVAIR (*EUROCONTROL Voluntary ATM Incident Reporting*), secara konsisten mengidentifikasi elemen kegagalan kognitif seperti salah persepsi informasi, keterlambatan respons, dan keputusan yang tidak tepat sebagai kontributor berulang dalam insiden ATC.

Kedua, faktor teknis juga teridentifikasi sebagai kontributor penting dalam literatur yang dianalisis, meliputi kegagalan sistem radar, gangguan komunikasi radio, kegagalan sistem TCAS (*Traffic Collision Avoidance System*), dan keterbatasan sistem visualisasi lalu lintas udara. Perkembangan teknologi ADS-B (*Automatic Dependent Surveillance-Broadcast*) dan sistem SWIM (*System Wide Information Management*) telah terbukti mengurangi insiden terkait faktor teknis, namun transisi teknologi itu sendiri menimbulkan tantangan keselamatan baru terkait pelatihan dan adaptasi personel.

Ketiga, faktor lingkungan mencakup kondisi cuaca ekstrem, degradasi visibilitas, dan faktor geografis yang juga teridentifikasi sebagai kontributor, meskipun secara umum lebih jarang dibahas dibandingkan dua faktor sebelumnya. Faktor lingkungan seringkali berinteraksi dengan faktor manusia dan teknis untuk menciptakan kondisi keselamatan yang kompleks. Laporan tahunan KNKT secara konsisten menyoroti kondisi geografis dan meteorologis Indonesia sebagai tantangan tersendiri bagi operasi penerbangan dan pelayanan lalu lintas udara nasional.

**Tabel 2.** Kategori Faktor Penyebab Kecelakaan/Insiden Terkait ATS dalam Literatur

| Kategori Faktor   | Tingkat Penekanan dalam Literatur | Sub-faktor Utama                                          |
|-------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| Faktor Manusia    | Dominan                           | Kelelahan, beban kerja, komunikasi, situational awareness |
| Faktor Teknis     | Signifikan                        | Kegagalan radar, gangguan radio, kegagalan TCAS           |
| Faktor Lingkungan | Teridentifikasi                   | Cuaca ekstrem, visibilitas rendah, faktor geografis       |

### Perkembangan Metodologi Investigasi Keselamatan ATS

Tinjauan literatur menunjukkan perkembangan signifikan dalam metodologi investigasi keselamatan ATS selama satu dekade terakhir. Pendekatan investigasi telah berevolusi dari model linier yang mencari "penyebab tunggal" menuju pendekatan sistem yang lebih komprehensif. Model *SHELL (Software, Hardware, Environment, Liveware)* dan *Human Factors Analysis and Classification System (HFACS)* telah banyak digunakan dan dimodifikasi untuk konteks ATS. Beberapa studi terbaru mengadopsi pendekatan *Systems Theoretic Accident Model and Processes (STAMP)* yang dikembangkan Leveson (2004) dan telah diaplikasikan dalam investigasi kecelakaan penerbangan oleh beberapa peneliti (Underwood & Waterson, 2018; Li et al., 2020).

ICAO dalam *Annex 13* dan *Document 9859 (Safety Management Manual)* telah memperkenalkan konsep *Safety Management System (SMS)* yang mengintegrasikan empat pilar utama: *safety policy and objectives*, *safety risk management*, *safety assurance*, dan *safety promotion*. Industri penerbangan global secara umum telah menunjukkan tren perbaikan keselamatan jangka panjang; laporan *IATA Annual Safety Report (2022)* misalnya mencatat perbaikan tingkat kecelakaan industri sebesar 48% pada tahun 2022 dibandingkan tahun 2013, meskipun perbaikan ini merupakan hasil dari berbagai faktor gabungan (termasuk SMS, teknologi, regulasi, dan pelatihan) dan tidak dapat diatribusikan secara terpisah hanya pada adopsi SMS. Namun demikian, implementasi SMS di negara-negara berkembang masih menghadapi berbagai tantangan, termasuk keterbatasan sumber daya, kurangnya budaya pelaporan keselamatan (*safety reporting culture*), dan *gap* dalam kompetensi investigasi.

Penggunaan teknologi *big data* dan kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence/AI*) dalam mendukung keselamatan ATS merupakan tren yang semakin berkembang. *Flight Data Monitoring (FDM)* dan *Automated Safety Monitoring Tools (ASMT)* telah memungkinkan analisis prediktif terhadap pola keselamatan sebelum terjadi kecelakaan aktual. Penelitian terkait desain sistem kognitif pendukung operasi penerbangan, seperti yang dibahas Lim et al. (2017) dalam konteks *single-pilot operations*, menunjukkan bagaimana antarmuka berbasis kecerdasan buatan dapat mendukung pengambilan keputusan dan mengurangi beban kerja

kognitif operator, sebuah prinsip yang juga relevan untuk pengembangan alat bantu keselamatan ATS di masa depan.

### **Rekomendasi Keselamatan dalam Literatur**

Berdasarkan sintesis dari seluruh literatur yang dianalisis, beberapa rekomendasi keselamatan yang paling konsisten muncul adalah sebagai berikut. Pertama, penguatan sistem pelaporan kejadian (*occurrence reporting system*) yang *non-punitive* dan konfidensial merupakan fondasi penting dalam membangun budaya keselamatan proaktif. *Just Culture*, sebagaimana dipromosikan EUROCONTROL, perlu diinternalisasi di semua level organisasi ATS. Kedua, program pelatihan berbasis kompetensi yang berkelanjutan untuk ATCO perlu mencakup aspek *human performance limitations*, *crew resource management (CRM)*, dan penggunaan teknologi pengawasan terbaru.

Ketiga, koordinasi yang lebih baik antara pilot dan ATCO melalui penggunaan standar *phraseology* ICAO dan protokol komunikasi yang jelas terbukti dapat mengurangi insiden miskomunikasi secara signifikan. Keempat, investasi dalam infrastruktur teknologi ATS yang modern, termasuk implementasi *Next Generation Air Transportation System (NextGen)* atau *Single European Sky ATM Research (SESAR)* sesuai kapasitas negara, perlu diprioritaskan. Kelima, kerjasama regional dan internasional dalam pertukaran informasi keselamatan, termasuk data insiden yang dianonimkan, dapat mempercepat pembelajaran kolektif dan penyebaran *best practices*.

### **Analisis Konteks Indonesia**

Dalam konteks Indonesia, tinjauan literatur mengidentifikasi beberapa tantangan spesifik yang dihadapi sistem ATS nasional. Indonesia sebagai negara kepulauan dengan lebih dari 17.000 pulau memiliki kompleksitas ruang udara yang unik, dengan campuran penerbangan komersial, perintis, dan umum yang beroperasi di berbagai kondisi geografis dan meteorologis. Sebagai gambaran skala investigasi keselamatan penerbangan nasional, KNKT melaporkan bahwa pada tahun 2023 saja terdapat 7 kecelakaan dan 13 kejadian serius pada moda penerbangan yang diinvestigasi, dengan kategori *runway excursion* sebagai jenis investigasi yang paling dominan. KNKT juga melaporkan bahwa berdasarkan laporan final investigasi periode 2019-2023, faktor manusia merupakan faktor penyebab kecelakaan penerbangan yang paling dominan, sejalan dengan temuan pada literatur internasional yang dibahas pada bagian sebelumnya.

Beban kerja pengatur lalu lintas udara (ATCO) di bandar udara-bandar udara sibuk Indonesia menjadi salah satu isu yang relevan dengan diskusi keselamatan ATS, mengingat pertumbuhan lalu lintas udara domestik yang signifikan dalam dekade terakhir. Tantangan ini

sejalan dengan temuan pada literatur internasional yang menyoroti hubungan antara beban kerja berlebih dan penurunan performa ATCO. Selain itu, implementasi *Safety Management System (SMS)* di Airnav Indonesia, sebagai penyelenggara pelayanan navigasi penerbangan nasional, masih berada dalam tahap pengembangan berkelanjutan, dengan area-area seperti analisis data keselamatan (*safety data analysis*) dan pemantauan performa keselamatan (*safety performance monitoring*) yang terus ditingkatkan sejalan dengan standar ICAO.

#### **4. KESIMPULAN DAN SARAN**

Tinjauan literatur ini telah berhasil menganalisis 28 sumber yang relevan mengenai investigasi keselamatan ATS dengan fokus pada kecelakaan dan insiden pesawat udara. Beberapa kesimpulan utama dapat ditarik dari sintesis literatur ini.

Pertama, faktor manusia tetap menjadi kontributor yang paling konsisten dibahas dalam literatur mengenai kecelakaan dan insiden pesawat terkait ATS, menegaskan pentingnya pendekatan human factors yang holistik dalam manajemen keselamatan ATS. Kelelahan, beban kerja berlebih, dan kesalahan komunikasi merupakan sub-faktor yang paling sering diidentifikasi, dan ketiganya dapat ditangani melalui kombinasi intervensi organisasional, pelatihan, dan desain sistem yang human-centered.

Kedua, terdapat perkembangan signifikan dalam metodologi investigasi keselamatan ATS, dengan pergeseran dari pendekatan reaktif menuju pendekatan proaktif dan prediktif. Adopsi (SMS), penggunaan *Flight Data Monitoring*, dan penerapan teknologi kecerdasan *Safety Management System* buatan dalam analisis keselamatan merupakan tren yang perlu terus dikembangkan dan diimplementasikan secara lebih luas, termasuk di Indonesia.

Ketiga, rekomendasi keselamatan yang paling konsisten dari literatur mencakup penguatan budaya keselamatan organisasional, peningkatan kualitas dan kuantitas pelatihan ATCO, modernisasi infrastruktur teknologi ATS, dan intensifikasi kerjasama internasional dalam pertukaran informasi keselamatan. Implementasi komprehensif dari rekomendasi-rekomendasi ini memerlukan komitmen jangka panjang dari seluruh pemangku kepentingan industri penerbangan.

Keterbatasan tinjauan literatur ini mencakup kemungkinan publication bias mengingat studi dengan temuan positif lebih mudah dipublikasikan, serta keterbatasan akses terhadap beberapa laporan investigasi yang bersifat rahasia atau internal. Penelitian masa depan perlu memfokuskan diri pada evaluasi longitudinal efektivitas intervensi keselamatan ATS, khususnya dalam konteks negara berkembang dengan karakteristik geografis dan operasional yang unik seperti Indonesia.

## DAFTAR REFERENSI

- Chan, W. T.-K., & Li, W.-C. (2023). Development of effective human factors interventions for aviation safety management. *Frontiers in Public Health*, 11, 1144921. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1144921>
- Eurocontrol. (2021). *Annual safety report 2021: Air traffic management safety in Europe*. Eurocontrol Network Manager.
- Federal Aviation Administration. (2022). *Aviation safety information analysis and sharing (ASIAS): Annual report 2022*. U.S. Department of Transportation.
- Hamzah, H., & Fei, W. F. (2018). Miscommunication in pilot-controller interaction. *3L: The Southeast Asian Journal of English Language Studies*, 24(4), 199–213. <https://doi.org/10.17576/3L-2018-2404-15>
- International Air Transport Association. (2018). *Controlled flight into terrain (CFIT) accident analysis report: 2008–2017 data*. International Air Transport Association.
- International Air Transport Association. (2022). *IATA annual safety report 2022*. International Air Transport Association.
- International Civil Aviation Organization. (2016). *Annex 13 to the Convention on International Civil Aviation: Aircraft accident and incident investigation* (11th ed.). International Civil Aviation Organization.
- International Civil Aviation Organization. (2018). *Doc 9859: Safety management manual* (4th ed.). International Civil Aviation Organization.
- International Civil Aviation Organization. (2020). *Annex 11 to the Convention on International Civil Aviation: Air traffic services* (15th ed.). International Civil Aviation Organization.
- Komite Nasional Keselamatan Transportasi. (2022). *Laporan tahunan investigasi kecelakaan penerbangan Indonesia 2022*. Komite Nasional Keselamatan Transportasi.
- Komite Nasional Keselamatan Transportasi. (2023). *Capaian kinerja KNKT tahun 2023*. Komite Nasional Keselamatan Transportasi. <https://knkt.go.id/news/read/capaian-kinerja-knkt-tahun-2023>
- Leveson, N. G. (2004). A new accident model for engineering safer systems. *Safety Science*, 42(4), 237–270. [https://doi.org/10.1016/S0925-7535\(03\)00047-X](https://doi.org/10.1016/S0925-7535(03)00047-X)
- Li, W., Zhang, L., Liang, W., & Song, J. (2020). An accident causation analysis and taxonomy (ACAT) model of complex industrial system from both system safety and control theory perspective. *Safety Science*, 133, 104997. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.104997>
- Lim, Y., Bassien-Capsa, V., Ramasamy, S., Liu, J., & Sabatini, R. (2017). Commercial airline single-pilot operations: System design and pathways to certification. *IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine*, 32(7), 4–21. <https://doi.org/10.1109/MAES.2017.160175>
- Liu, W., Zhang, H., Shi, Z., Wang, Y., Chang, J., & Zhang, J. (2023). Risk topics discovery and trend analysis in air traffic control operations: Air traffic control incident reports from 2000 to 2022. *Sustainability*, 15(15), 12065. <https://doi.org/10.3390/su151512065>
- Muecklich, N., Sikora, I., Paraskevas, A., & Padhra, A. (2023). The role of human factors in aviation ground operation-related accidents/incidents: A human error analysis

- p approach.
- Transportation Engineering*
- , 12, 100184.
- 
- <https://doi.org/10.1016/j.treng.2023.100184>
- Okine, E. A., Zarei, E., Roggow, B. J., & Dehghan, N. (2026). Evolution of human factors research in aviation safety: A systematic review and bibliometric analysis of the intellectual structure. *Journal of Safety Science and Resilience*, 7(1), 100249.  
<https://doi.org/10.1016/j.jnlssr.2025.100249>
- Ramasamy, S., Sabatini, R., Gardi, A., & Kistan, T. (2019). Next generation flight management system for real-time trajectory based operations. *Applied Mechanics and Materials*, 629, 344–349.
- Reason, J. (1990). *Human error*. Cambridge University Press.  
<https://doi.org/10.1017/CBO9781139062367>
- Shappell, S. A., & Wiegmann, D. A. (2000). *The human factors analysis and classification system–HFACS* (Report No. DOT/FAA/AM-00/7). U.S. Department of Transportation, Federal Aviation Administration.
- Sheffield, E., Lee, S.-Y., & Zhang, Y. (2025). A systematic review of general aviation accident factors, effects and prevention. *Journal of Air Transport Management*, 128, 102859.  
<https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2025.102859>
- Skybrary. (2023). *Accident and incident reports: ATC related events database*.  
<https://www.skybrary.aero>
- Ulandari, N. L. C., Dyahjatmayanti, D., & Pinem, Y. A. (2022). Analisis strategi komunikasi air traffic control (ATC) di Airnav Indonesia Cabang Denpasar. *Jurnal Kewarganegaraan*, 6(2), 4561–4572. <https://doi.org/10.31316/jk.v6i2.3879>
- Underwood, P., & Waterson, P. (2018). Systems thinking, the Swiss Cheese Model and accident analysis: A comparative systemic analysis of the Grayrigg train derailment using the ATSB, AcciMap and STAMP models. *Accident Analysis & Prevention*, 68, 75–94. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2013.07.027>
- Wiegmann, D. A., & Shappell, S. A. (2021). *A human error approach to aviation accident analysis: The human factors analysis and classification system* (2nd ed.). Routledge.
- Xiao, Y., & Seagull, F. J. (2019). An examination of factors affecting air traffic controllers' situation awareness. *The International Journal of Aviation Psychology*, 29(1–2), 3–23.
- Yan, Y., Boufous, S., & Molesworth, B. R. C. (2025). Speaking of human factors: An interview study on the causes and prevention of runway incursions with aviation professionals. *Safety Science*, 190, 106913. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2025.106913>
- Zhan, Q., Jin, T., Wang, Q., Chen, S., & Sun, M. (2022). Research on the ATC communication error analysis system based on deep learning. *IEEE Access*, 10, 29734–29742.