

Analisis Faktor *Controlled Flight Into Terrain* (CFIT) di Indonesia Menggunakan HFACS Untuk Peningkatan Keselamatan Penerbangan

Matthew Tirta Dipa Napitupulu¹ Dian Anggraini P.² Desy Apriliana³

Program Studi Diploma IV Penerbang, Penerbang, Politeknik Penerbangan Indonesia Curug,
Kabupaten Tangerang, Banten Indonesia^{1,2,3}

Email: matthewnapitupulu12@gmail.com¹ dian.anggraini@ppicurug.ac.id²
desy.apriliana@ppicurug.ac.id³

Abstrak

Controlled Flight Into Terrain (CFIT) merupakan salah satu jenis kecelakaan penerbangan yang terjadi ketika pesawat yang masih berada dalam kondisi dapat dikendalikan menabrak permukaan bumi atau rintangan tanpa adanya kehilangan kendali pesawat sebelumnya. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis faktor-faktor yang berkontribusi terhadap lima kejadian CFIT di Indonesia, yaitu pada pesawat PK-SWW, PK-FSO, PK-FSL, PK-HVQ, dan PK-VVU, menggunakan metode Human Factors Analysis and Classification System (HFACS). Metode ini mengklasifikasikan penyebab kecelakaan ke dalam empat tingkat analisis, yaitu unsafe acts, preconditions for unsafe acts, unsafe supervision, dan organizational influences. Hasil klasifikasi terhadap 38 temuan pada kelima kasus menunjukkan bahwa Level 1 (Unsafe Acts) merupakan faktor paling dominan dengan kontribusi sebesar 34,2%, diikuti Level 2 (Preconditions for Unsafe Acts) sebesar 31,6%, Level 4 (Organizational Influences) sebesar 26,3%, dan Level 3 (Unsafe Supervision) sebesar 7,9%. Pada Level 1, Routine Violations merupakan kategori paling dominan (13,2%), sementara pada Level 4, Resource Management menjadi kategori paling dominan (15,8%). Hasil ini menunjukkan bahwa kecelakaan CFIT bukan disebabkan oleh satu faktor tunggal, melainkan oleh akumulasi kegagalan berlapis mulai dari kesalahan pilot hingga kelemahan sistemik organisasi dan pengawasan, sejalan dengan prinsip Swiss Cheese Model yang menjadi landasan teori HFACS. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai faktor-faktor manusia yang berkontribusi terhadap kejadian CFIT, sehingga dapat menjadi dasar dalam upaya pencegahan human error serta peningkatan keselamatan penerbangan di Indonesia.

Kata Kunci: CFIT, HFACS, Human Factor, Keselamatan Penerbangan



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

PENDAHULUAN

Penerbangan merupakan moda transportasi kompleks yang menuntut tingkat keselamatan sangat tinggi, namun kecelakaan *Controlled Flight Into Terrain* (CFIT)—kondisi ketika pesawat yang laik terbang dan berada dalam kendali penuh pilot menabrak medan, perairan, atau rintangan tanpa disadari—tetap menjadi salah satu ancaman paling mematikan dalam industri penerbangan global. Di Indonesia, risiko CFIT berada pada tingkat yang sangat mengkhawatirkan, terutama pada operasi penerbangan perintis (AOC 135) yang melintasi wilayah geografis ekstrem seperti pegunungan Papua dan Kalimantan. Data Komite Nasional Keselamatan Transportasi (KNKT) mencatat bahwa sepanjang periode 2016–2026 telah terjadi 18 kasus kecelakaan berulang terkait CFIT. Kompleksitas cuaca pedalaman yang berubah cepat serta tingginya ketergantungan pada penerbangan *Visual Flight Rules* (VFR) menjadikan keselamatan penerbangan perintis sangat rentan terhadap faktor kegagalan manusia (*human error*).

Kajian literature mengenai faktor manusia dalam keselamatan penerbangan berkembang pesat melalui penerapan kerangka *Human Factors Analysis and Classification System* (HFACS) yang dikembangkan oleh Shappell & Wiegmann (2003) berdasarkan konsep *Swiss Cheese Model*. Pada tingkat global, analisis IATA (2018) menunjukkan bahwa CFIT menyumbang angka

fatalitas tertinggi kedua setelah *Loss of Control In-Flight* (LOC-I) yang dipicu oleh kombinasi cuaca ekstrem dan penurunan kesadaran situasional pilot. Studi terkini oleh Meng & Lu (2022) mengintegrasikan HFACS dengan *Bayesian Network* untuk membuktikan bahwa *decision errors* dan *physical environment* memiliki korelasi terkuat terhadap kejadian CFIT. Sementara itu dalam konteks nasional, Wicaksono (2025) berhasil memetakan dominasi *unsafe acts* pada kecelakaan *runway excursion* di Indonesia menggunakan HFACS. Berbagai studi mendasar ini membuktikan keandalan metodologi HFACS dalam mengurai kecelakaan penerbangan kompleks.

Meskipun penelitian terdahulu telah mengkaji kecelakaan penerbangan dan kerangka HFACS, masih terdapat *gap* penelitian (kesenjangan studi) yang signifikan. Sebagian besar studi keselamatan penerbangan di Indonesia hanya berfokus pada analisis *Unsafe Acts* atau kesalahan teknis di kokpit secara parsial tanpa menghubungkannya secara rinci dengan kontribusi laten organisasi dan pengawasan (*Upstream Factors*) khusus pada kasus-kasus CFIT. Selain itu, belum ada penelitian yang memetakan secara komprehensif seluruh *Final Report* kasus kecelakaan CFIT di Indonesia dalam rentang waktu satu dekade terakhir (2016–2026) yang divalidasi langsung melalui *expert judgment* bersama investigator ahli KNKT. Penelitian ini penting dilakukan untuk mengisi kesenjangan tersebut guna memberikan pemahaman sistemik menyeluruh mengenai akar masalah kecelakaan CFIT di Indonesia. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis dan mengklasifikasikan faktor-faktor manusia pemicu kecelakaan CFIT di Indonesia berdasarkan 4 tingkatan HFACS (*Unsafe Acts*, *Preconditions for Unsafe Acts*, *Unsafe Supervision*, dan *Organizational Influences*) serta merumuskan rekomendasi strategi mitigasi keselamatan yang spesifik dan konkrit.

Penelitian Terdahulu yang Relevan

No	Penulis & Tahun	Judul	Tujuan	Metode	Hasil	Kontribusi dan Relevansi
1	Kelly & Efthymiou (2019)	<i>An Analysis of Human Factors in Fifty Controlled Flight Into Terrain Aviation Accidents from 2007 to 2017</i>	Menganalisis faktor manusia pada 50 kecelakaan CFIT secara global.	Kualitatif Deskriptif (HFACS)	Ditemukan 1.289 faktor yang didominasi oleh <i>Unsafe Acts</i> dan <i>Preconditions for Unsafe Acts</i> (<i>decision errors</i> , komunikasi, dan CRM).	Menjadi acuan pentingnya penggunaan TAWS/EGPWS, rute GPS, serta penguatan CRM dalam pencegahan CFIT.
2	Meng & Lu (2022)	<i>A Hybrid Model Integrating HFACS and BN for Analyzing Human Factors in CFIT Accidents</i>	Menganalisis interaksi dan tingkat pengaruh faktor manusia pada 74 kecelakaan CFIT.	<i>Hybrid HFACS & Bayesian Network</i>	<i>Preconditions for Unsafe Acts</i> merupakan faktor paling berpengaruh (30,5%), diikuti ketidakpatuhan SOP, cuaca buruk, dan kegagalan GPWS.	Memperkuat urgensi keterkaitan antara cuaca buruk, kegagalan alat navigasi, dan <i>unsafe supervision</i> .
3	Shappell & Wiegmann (2003)	<i>A human error analysis of general aviation controlled flight into terrain accidents occurring between 1990–1998</i>	Menganalisis <i>human error</i> pada 1.407 kecelakaan CFIT penerbangan umum (<i>General Aviation</i>).	Kualitatif & Kuantitatif Deskriptif (HFACS)	Faktor dominan berada pada kategori <i>Skill Based Errors</i> (76,3%), <i>Decision Errors</i> (33,5%), dan <i>Violations</i> (31,6%).	Menjadi dasar landasan teori utama dalam penggunaan kerangka HFACS pada analisis kecelakaan CFIT.

METODE PENELITIAN

Penelitian kualitatif dengan jenis studi deskriptif ini dilaksanakan di Program Studi Penerbang, Politeknik Penerbangan Indonesia Curug, Kabupaten Tangerang, Banten, serta di

kantor Komite Nasional Keselamatan Transportasi (KNKT), Jakarta Pusat. Sampel penelitian berfokus pada 5 (lima) kasus kecelakaan *Controlled Flight Into Terrain* (CFIT) di Indonesia periode 2016–2026 yang telah diterbitkan *Final Report*-nya oleh KNKT (registrasi PK-SWW, PK-FSO, PK-FSL, PK-HVQ, dan PK-VVU), dengan 1 (satu) orang investigator ahli bidang *Human Factors* KNKT sebagai responden validasi. Pengumpulan data dilakukan melalui studi dokumentasi terhadap *Final Report* KNKT dari repositori resmi serta wawancara semi-terstruktur bersama investigator ahli. Kerangka kerja *Human Factors Analysis and Classification System* (HFACS) berbasis teori *Swiss Cheese Model* (Reason, 1990; Wiegmann & Shappell, 2003) digunakan sebagai instrumen dan perangkat analisis utama tanpa merinci peralatan umum non-utama.

Pengolahan data hasil studi dokumentasi dan wawancara dilaksanakan melalui tahap reduksi data untuk mengekstraksi temuan faktual (*findings*), dilanjutkan dengan karakterisasi dan pengklasifikasian ke dalam 4 (empat) hirarki HFACS (*Unsafe Acts*, *Preconditions for Unsafe Acts*, *Unsafe Supervision*, dan *Organizational Influences*). Pengukuran tolok ukur kinerja dihitung berdasarkan frekuensi dan persentase kemunculan temuan pada tiap level serta kategori HFACS guna menentukan faktor manusia yang paling dominan dalam kecelakaan CFIT. Keabsahan dan validitas data pemetaan diuji menggunakan kriteria *expert judgment* melalui teknik triangulasi dengan memverifikasi hasil analisis bersama investigator ahli KNKT.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Politeknik Penerbangan Indonesia Curug dan kantor Komite Nasional Keselamatan Transportasi (KNKT). Data yang diamati bersumber dari 5 *Final Report* kasus kecelakaan *Controlled Flight Into Terrain* (CFIT) periode 2016–2026 (PK-SWW, PK-FSO, PK-FSL, PK-HVQ, dan PK-VVU) serta wawancara konfirmasi bersama investigator *Human Factors* KNKT. Pemetaan temuan faktual ke dalam kerangka kerja *Human Factors Analysis and Classification System* (HFACS) menghasilkan sebaran frekuensi dan persentase kemunculan faktor pada setiap level sebagaimana disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Sebaran Distribusi Frekuensi Faktor HFACS pada Kecelakaan CFIT

No	Level HFACS	Kategori Utama	Jumlah Temuan
1	Level 1: <i>Unsafe Acts</i>	<i>Routine Violations</i>	13
2	Level 2: <i>Preconditions for Unsafe Acts</i>	<i>Adverse Mental State & Environmental Factors</i>	12
3	Level 3: <i>Unsafe Supervision</i>	<i>Inadequate Supervision</i>	3
4	Level 4: <i>Organizational Influences</i>	<i>Organizational Process</i>	10
Total			38

Berdasarkan Tabel 1, indikator pada *Level 1: Unsafe Acts* mencatatkan kontribusi tertinggi yaitu sebesar 13 temuan faktual, yang didominasi *Routine Violations*. Kontribusi terbesar kedua ditempati oleh *Level 2: Preconditions for Unsafe Acts* sebesar 12, yang berfokus pada kondisi lingkungan penerbangan (*environmental factors*) serta penurunan kesadaran situasional penerbang (*adverse mental state*). Sementara itu, *Level 3: Unsafe Supervision* menyumbang 3 terkait pengawasan operasional yang kurang memadai (*inadequate supervision*), dan *Level 4: Organizational Influences* menyumbang 10 pada kategori proses organisasi (*organizational process*). Secara keseluruhan, akumulasi temuan faktual pada kelima kasus kecelakaan CFIT ini tercatat sebanyak 35 temuan yang tersebar di seluruh tingkatan hierarki HFACS.



Pembahasan

Temuan penelitian ini mengonfirmasi bahwa kecelakaan CFIT di Indonesia tidak terjadi secara tunggal akibat kesalahan penerbang di kokpit (*active failure*), melainkan akumulasi kegagalan laten (*latent failures*) pada ranah pengawasan dan organisasi, sesuai dengan prinsip *Swiss Cheese Model* (Reason, 1990; Wiegmann & Shappell, 2003). Pada *Level 1 (Unsafe Acts)*, tingginya angka *Routine Violations* dipicu oleh kebiasaan buruk *Pilot* cenderung melanjutkan penerbangan (*continuation bias*) meskipun pandangan visual terhadap medan terhalang oleh awan atau tutupan vegetasi. Kondisi tersebut (*Level 1*) berakar kuat dari kecenderungan pada *Level 2 (Preconditions for Unsafe Acts)*, di mana faktor lingkungan seperti cuaca buruk di wilayah pegunungan dan penurunan kesadaran situasional (*loss of situational awareness*) menjadi pemicu dominan. Pada tingkat pengawasan (*Level 3*), ditemukan kelemahan dalam supervisi penerbangan operasional (*Inadequate Supervision*), seperti ketiadaan pemantauan ketat terhadap batas cuaca minimum (*minimum weather minima*) sebelum keberangkatan. Pada tingkat atas (*Level 4*), *Organizational Process* berkontribusi melalui keterbatasan fasilitas navigasi pendukung pada aerodrom non-standar serta kelemahan implementasi *Safety Management System* (SMS) di pihak operator. Hasil ini memperkuat temuan penelitian terdahulu oleh Shappell dan Wiegmann (2004) serta penelitian sektor penerbangan regional oleh Harris dan Li (2011) yang menyatakan bahwa *Unsafe Acts* selalu didahului oleh degradasi kondisi mental serta kurangnya pengawasan lapangan. Kebaruan (*novelty*) yang dihasilkan dari penelitian ini secara praktis adalah teridentifikasinya matriks pola *recurrent failure* spesifik untuk pendaratan dan penerbangan di wilayah berfasilitas minim (*remote area*) Indonesia, yang memadukan faktor topografi ekstrem dan *continuation bias* sebagai rantai penyebab utama CFIT.

KESIMPULAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa kecelakaan *Controlled Flight Into Terrain* (CFIT) di Indonesia disebabkan oleh kegagalan sistemik berjenjang, dengan kontribusi dominan berada pada tingkat *Unsafe Acts* (34,2%) dan *Preconditions for Unsafe Acts* (31,6%), yang dipicu oleh *continuation bias* penerbang saat memasuki kondisi cuaca marjinal serta penurunan kesadaran situasional. Temuan ini menghasilkan kebaruan (*novelty*) berupa model mitigasi berjenjang berbasis rantai kausalitas HFACS yang merekomendasikan intervensi prioritas pada penguatan prosedur penilaian risiko cuaca sebelum terbang (*pre-flight risk assessment*) dan supervisi ketat operasional VFR di wilayah pegunungan. Keterbatasan penelitian ini terletak pada cakupan sampel yang terbatas pada 5 investigasi *Final Report* KNKT, sehingga penelitian selanjutnya disarankan untuk memperluas cakupan sampel pada jenis pesawat komersial berbadan lebar (*wide-body*) serta menerapkan metode kuantitatif berbasis *Structural Equation Modeling* (SEM) untuk menguji besarnya pengaruh antarleveled HFACS secara empiris.

DAFTAR PUSTAKA

- Harris, D., & Li, W. C. (2011). Cockpit design and human reasoning errors: A taxiway navigation case study. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part A: Systems and Humans*, 41(5), 901–908.
- Kementerian Perhubungan Republik Indonesia. (2017). Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 55 Tahun 2017 tentang Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil Bagian 91 (Civil Aviation Safety Regulations Part 91) tentang Pengoperasian Pesawat Udara dan Aturan Penerbangan. Kementerian Perhubungan RI.
- Komite Nasional Keselamatan Transportasi. (2017). Final aircraft accident investigation report: PT. Spirit Avia Sentosa, Cessna 208B, PK-HVQ, Gunung Pegunungan Bintang, Papua. KNKT.



- Komite Nasional Keselamatan Transportasi. (2018). Final aircraft accident investigation report: PT. Marta Buana Abadi, CASA C-212, PK-VFS/PK-VVU, Luwu, Sulawesi Selatan. KNKT.
- Komite Nasional Keselamatan Transportasi. (2020). Final aircraft accident investigation report: PT. Tobagu Anugerah Yasa, Piper PA-28-181, PK-FSO, Cirebon, West Java. KNKT.
- Komite Nasional Keselamatan Transportasi. (2021). Final aircraft accident investigation report: PT. Asian One Air, Cessna C208B, PK-LTV/PK-SWW, Sugapa, Intan Jaya, Papua. KNKT.
- Komite Nasional Keselamatan Transportasi. (2022). Final aircraft accident investigation report: PT. Mimika Air, Pilatus PC-6, PK-FSL, Timika, Papua. KNKT.
- Reason, J. (1990). Human error. Cambridge University Press.
- Shappell, S. A., & Wiegmann, D. A. (2004). HFACS analysis of military and civilian aviation accidents: A comparison. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 75(1), 22–37.
- Wiegmann, D. A., & Shappell, S. A. (2003). A human error approach to aviation accident analysis: The Human Factors Analysis and Classification System. Ashgate Publishing, Ltd.