



## **PENGARUH FAKTOR GEOGRAFIS TERHADAP KESELAMATAN PENERBANGAN DI INDONESIA**

### ***The Influence of Geographical Factors on Aviation Safety in Indonesia***

BASUKI ROCHMAT<sup>1</sup>, SUKENDRA MARTHA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Kepala Dinas Perawatan Personel TNI AU/ Peserta PPSA XXIII Lemhannas RI, 2021  
basukifoxbat@yahoo.com

<sup>2</sup>Tenaga Profesional bidang Geografi dan Sumber Kekayaan Alam (SKA) Lemhannas RI  
sukendramartha@yahoo.co.id

**ABSTRAK:** Faktor geografis di udara dapat mempengaruhi keselamatan penerbangan. Guna mengetahui keselamatan sebuah penerbangan perlu dikonfirmasi seberapa tingkat kecelakaan penerbangan. Lembaga yang menangani keselamatan dan kesehatan kerja (K3) Kanada atau CCOHS membagi faktor penyebab suatu kecelakaan menjadi 5 kategori yaitu: *task*, *material*, *environment*, *personnel* dan *management*. Lingkup bahasan dalam makalah ini dibatasi pada faktor manusia dan lingkungan/media. Faktor manusia meliputi pilot/crew sebagai operator penerbangan. Lingkungan/media adalah bentuk permukaan bumi (topografi) dan kondisi udara/awan (cuaca). Topografi dan cuaca seperti apa yang harus dihindari agar misi dapat dilaksanakan dengan aman. Keselamatan penerbangan merupakan prasyarat bagi kegiatan penerbangan baik sipil maupun militer. Oleh karena itu diperlukan pemahaman bentuk topografi dan kondisi cuaca yang mempengaruhi keselamatan penerbangan. Pemahaman topografi, cuaca, dan interaksi antar keduanya dimaksudkan untuk meningkatkan keselamatan atau meminimalisir kecelakaan atau meniadakannya samasekali. Metode dalam penulisan makalah ini adalah deskriptif kualitatif didukung dengan studi kepustakaan bertalian dengan geografi dan keselamatan penerbangan. Hasil pembahasan menunjukkan bahwa faktor geografis (manusia, topografi dan cuaca) menyumbang 59% terhadap kecelakaan penerbangan. Topografi berbukit dan kondisi cuaca yang sering berubah perlu diperhatikan khusus guna mengurangi tingkat kecelakaan. Untuk itu, perlunya pengawasan kepada operator penerbangan, mengoptimalkan program keselamatan nasional, melengkapi peralatan berupa radar cuaca dan alat bantu pendaratan di semua bandara.

**Kata kunci:** geografis, keselamatan penerbangan, pola cuaca, topografi

**ABSTRACT:** *Geographical factors that include the anthroposphere, pedosphere, and atmosphere can affect aviation safety. To find out the safety, it is necessary to confirm the level of aviation accidents. The Canadian Center for Occupational Health and Safety (CCOHS) agency that handles occupational safety and health divides the factors that cause an accident into 5 categories, namely: task (mission), material (equipment), environment (media), personnel (humans), and management. The scope of discussion in this paper is limited to human factors and environment/ media. The human factor is related to the pilot/crew as a flight operator. The intended environment/media is the shape of the earth's surface (topography) and air/cloud conditions (weather). What kind of topography and weather must be avoided for the safety of flight missions. Aviation safety is an important prerequisite for both civil and military aviation activities. Therefore, it is necessary to understand the topography and weather conditions that affect aviation safety. Understanding topography, weather, and the interaction between the two are intended to improve aviation safety or minimize accidents. The method of this paper is descriptive-qualitative mode supported by literature studies related to geography and aviation safety. The results showed that geographical factors (human, topography, and weather) accounted for 59% of aviation accidents. Areas with hilly topography and changing weather conditions need special attention to reduce accident rates. For this reason, it is necessary to supervise flight operators, optimize state safety programs, install weather radar and instrument landing systems at all airports.*

*Key words: geography, aviation safety, weather patterns, topography*



## PENDAHULUAN

Faktor-faktor geografis yang menjadi unsur bumi kita terdiri 5 (sfera): atmosfera (udara), hidrosfera (air), litosfera (batuan), biosfera (tumbuhan dan hewan), dan antroposfera (manusia). Lingkungan/ media merupakan bagian dari faktor geografis yang dapat mempengaruhi keselamatan penerbangan. Kondisi permukaan bumi (topografi) yang berbukit/ bergelombang dan keadaan udara/ awan (cuaca) berpengaruh terhadap kelancaran dan keselamatan penerbangan. Keselamatan penerbangan merupakan prasyarat penting bagi kegiatan penerbangan baik sipil maupun militer. Oleh karena itu diperlukan pemahaman terkait dengan bentuk topografi dan kondisi cuaca yang mempengaruhi keselamatan penerbang-an.

Dari sisi peraturan perundang-undangan, Indonesia juga telah memiliki undang-undang (UU) tentang Penerbangan yaitu UU RI No. 1 Tahun 2009 dan beberapa Peraturan Menteri maupun Peraturan Dirjen Perhubungan Udara yang mengatur tentang keselamatan penerbangan. Organisasi Penerbangan Sipil Internasional atau *International Civil Aviation Organization* (ICAO) telah mengeluarkan Pedoman Manajemen Keselamatan yang dikenal sebagai *Safety Management Manual*, dengan dokumen terbarunya yakni Doc 9859 Tahun 2018 (ICAO. 2018).

Sebagai negara kepulauan, Indonesia sudah seharusnya juga melakukan kebijakan dan upaya keselamatan penerbangan mengingat pemanfaatan penerbangan yang begitu intensif dalam dunia transportasi udara

Indonesia. Mengapa? Karena dengan sistem transportasi udara, Indonesia mampu menghubungkan satu tempat dengan tempat lain, antar pulau antar kota dan lain-lain secara lebih cepat.

Sistem jaringan penerbangan yang tertata akan bermanfaat dalam mendukung penjagaan kedaulatan Negara Kesatuan Republik Indonesia yang memiliki wilayah sangat luas. Untuk mendukung pembangunan dalam bidang transportasi, kesejahteraan dan keamanan tentu saja diperlukan adanya jaminan keselamatan penerbangan yang dapat diandalkan.

Persoalannya adalah topografi yang beragam dari pegunungan sampai lembah seringkali menjadi faktor *obstacle* yang turut berpengaruh terhadap keselamatan penerbangan. Selain itu masih ada 2 (dua) faktor geografis lainnya seperti faktor manusia sebagai bagian lingkungan bumi dan kehidupan yang ada di sekitarnya, dan faktor cuaca turut mempengaruhi terhadap keamanan penerbangan itu sendiri. Seperti kejadian di Papua, persoalan geografis yang mempengaruhi keamanan penerbangan patut menjadi perhatian pemerintah (Rochmat, 2021)

## METODE

Metode dalam penulisan ini adalah deskriptif kualitatif dengan memanfaatkan studi literatur/ kepustakaan terkait dengan geografi dan keselamatan penerbangan. Metode ini menekankan pada pengumpulan serta analisa penyajian data dan fakta tentang kecelakaan penerbangan. Pengumpulan data dilakukan dengan mencari berbagai informasi terkait laporan kecelakaan penerbangan dari Komite Nasional Kecelakaan Transportasi (KNKT) dan faktor-faktor yang menjadi

penyebab kecelakaan penerbangan dari perspektif atau sudut pandang geografi yang meliputi manusia, topografi, dan cuaca. Pendekatan yang digunakan dalam penulisan ini ialah perspektif kepentingan nasional disertai analisis multidisiplin ilmu yang memperkuat perspektif tersebut, antara lain teori penyebab kecelakaan (*accident causation*), konsep resiliensi, dan peraturan terkait penerbangan, baik dari ICAO maupun UU tentang penerbangan yang diterbitkan oleh pemerintah Indonesia.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Geografi adalah studi tentang segala aktifitas manusia dan alam serta interaksi diantara keduanya melalui perspektif ruang hingga terbentuk pola ruang tertentu (Bergman dan Renwick, 2003). Tinjauan Geografi yang dimaksudkan dalam makalah ini dibatasi pada aspek manusia (antroposfera), topografi (pedosfera), dan udara/ cuaca (atmosfera) untuk mengetahui seberapa pengaruhnya terhadap keselamatan penerbangan di Indonesia.

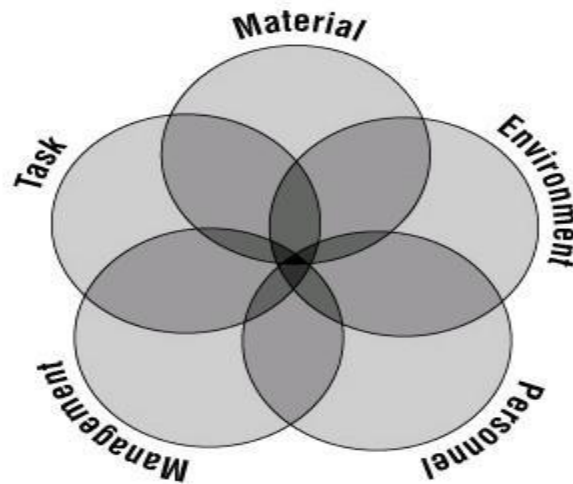
Sektor penerbangan adalah sektor vital baik sebagai sumber maupun sebagai pendorong pertumbuhan ekonomi. Secara langsung, sektor penerbangan mampu menyediakan lapangan pekerjaan, menambah penerimaan pajak, dan merupakan investasi bagi sektor perekonomian. Secara tidak langsung, sektor penerbangan mampu mendorong pemasaran produk bagi sektor usaha atau industri manufaktur, industri jasa

pariwisata, perbankan, dan asuransi serta mampu memfasilitasi sektor lainnya seperti pendidikan dan kebudayaan. Untuk melihat seberapa jauh tingkat keselamatan penerbangan, perlu juga diketahui faktor-faktor penyebab kecelakaan dengan data dan faktanya.

### Faktor Penyebab Kecelakaan Pesawat Terbang

*Canadian Centre for Occupational Health and Safety* (CCOHS) atau lembaga yang menangani keselamatan dan kesehatan kerja (K3) Kanada mengelompokkan faktor penyebab suatu kecelakaan menjadi 5 kategori (Gambar 1) yaitu: *task* (misi), *material* (peralatan), *environment* (lingkungan), *personnel* (manusia), dan *management* (pengelolaan) (CCOHS, 2006). Demikian pula untuk kecelakaan pesawat terbang, faktor penyebab kecelakaan biasa dikenal sebagai 5-M yang meliputi: *Man* (*personnel*), *Machine* (*material*), *Media* (*environment*), *Mission* (*task*), dan *Management* (ICAO, 2018).

Tujuan dari CCOHS yaitu meningkatkan kondisi kesehatan kerja dan mencegah terjadinya potensi kecelakaan yang menimbulkan kerugian secara ekonomis dan kerugian non ekonomis seperti buruknya citra organisasi atau perusahaan (Suardi, 2007). Demikian pula untuk kecelakaan pesawat terbang, pendekatan 5-M dapat digunakan untuk menelusuri faktor-faktor penyebab kecelakaan, termasuk faktor-faktor yang berkontribusi terhadap kecelakaan.



Gambar 1. Penyebab Kecelakaan (CCOHS, 2006)

### Faktor Manusia sebagai Penyebab Utama Kecelakaan

Mengapa kecelakaan pesawat di Indonesia kerap terjadi? Bila mengacu laporan KNKT per Juni 2020, penyebab mayoritas kecelakaan pesawat di Indonesia adalah faktor manusia (Gambar 2). Persentasenya mencapai 52% dari seluruh kecelakaan penerbangan sejak 2016. Faktor teknis berkontribusi sebesar 14% terhadap kecelakaan pesawat. Selanjutnya, faktor lingkungan menyumbang 7% sedangkan 2% kecelakaan pesawat disebabkan oleh faktor fasilitas (KNKT, 2021).

Penyebab utama kecelakaan di Indonesia tidak jauh berbeda dengan yang ada di dunia. Berdasarkan data dari flightdeckfriend.com, 55% kecelakaan pesawat di dunia terjadi akibat kesalahan pilot. Sebaliknya, faktor gangguan mekanis hanya 17% dan cuaca 13% dari total kecelakaan pesawat di dunia. Persentase yang lebih rendah, yaitu 8% faktor sabotase dan 7% kesalahan pemandu lalu lintas udara (ATC) atau masalah penanganan saat masih di darat (Flightdeckfriend.com. 2021).

Faktor manusia telah menjadi penyebab utama terjadinya kecelakaan penerbangan.

Kecelakaan juga terjadi di dunia penerbangan militer. Data kecelakaan pesawat di Angkatan Udara India (*India Air Force /IAF*) menyebutkan, *pilot error* menempati peringkat tertinggi (68%) dari seluruh kecelakaan yang fatal. Sementara untuk US Air Force, dari data 545 kecelakaan, 52 % disebabkan oleh kesalahan manusia atau *human error* (MoD-India. 2003)

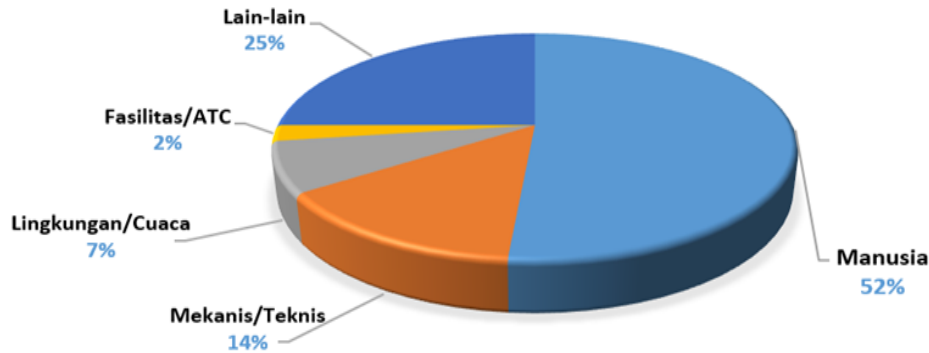
Kecelakaan pesawat terbang seringkali dikaitkan dengan tindakan atau kesalahan yang dilakukan oleh pilot (*pilot error*). Pada dasarnya, tidak ada manusia/pilot yang ingin celaka sehingga kesalahan yang dilakukan oleh pilot pun akan lebih tepat jika dikatakan sebagai *human error*. Data statistik kecelakaan pesawat terbang menunjukkan bahwa faktor manusia merupakan penyebab utama terjadinya kecelakaan.

Pesawat terbang merupakan moda transportasi udara yang memiliki beberapa keunggulan, diantaranya adalah waktu tempuh yang lebih cepat dan mampu menjangkau wilayah-wilayah yang berada di kepulauan/ negara lain. Oleh karena itu, kegiatan penerbangan yang aman dan selamat

perlu diupayakan sehingga mampu menunjang pembangunan.

Secara nasional, sektor transportasi udara diarahkan guna terwujudnya sistem transportasi yang handal (khususnya, terbebas

dari kecelakaan), berkemampuan tinggi, diselenggarakan secara efektif dan efisien sehingga mendukung pergerakan manusia, barang dan jasa, serta mendukung pola distribusi dan pembangunan nasional.



Gambar 2. Faktor-faktor Penyebab Kecelakaan Pesawat di Indonesia (KNKT, 2021)

### Konsep Resiliensi dalam Dunia Penerbangan

Selain melalui pendekatan manajemen risiko keselamatan, saat ini dunia penerbangan juga mulai mengenalkan konsep resiliensi. Konsep ini, pada dasarnya merupakan daya adaptasi yang dilakukan oleh manusia (khususnya pilot/crew) dalam menghadapi segala bentuk gangguan atau ancaman dalam melaksanakan misi penerbangan. Meskipun *standard operational procedure* (SOP) dan *emergency procedure* telah ada, perlu diketahui bahwa manusia (pilot) memiliki daya adaptasi, kecakapan, dan kemampuan untuk bertahan dalam menghadapi kesulitan yang dihadapi.

Dengan kata lain, manusia memiliki kemampuan untuk menyelamatkan dirinya dalam situasi yang sulit. Kemampuan untuk beradaptasi dan menyelamatkan diri ini disebut sebagai resiliensi. Resiliensi didefinisikan sebagai properti atau atribut yang muncul dan dimiliki oleh sistem

sehingga memungkinkannya untuk bertahan, merespons dan/atau beradaptasi dengan berbagai macam peristiwa yang mengganggu dengan mempertahankan dan bahkan meningkatkan fungsi kritisnya (Hollnagel, 2015).

Terminologi resiliensi relatif baru dalam dunia penerbangan, banyak ahli yang berkeyakinan bahwa konsep resiliensi penting diterapkan dalam mengelola penerbangan yang aman. Resiliensi bagi pilot adalah hasil dari kompetensi (*competence*) dan kepercayaan diri (*confidence*). Pilot yang tidak kompeten dan kurang percaya diri jelas merupakan hambatan dalam mencapai kinerja yang tangguh dibandingkan dengan yang memiliki kompetensi dan kepercayaan diri tinggi (Wannaz, 2020). Konsep resiliensi ini juga dapat digunakan untuk menjelaskan, mengapa pada kasus-kasus tertentu yang nyaris celaka (*near miss*) namun pilot mampu mengatasi kesulitan tersebut sehingga kecelakaan dapat dihindari.

### Kondisi Topografi dan Pola Curah Hujan

Wilayah Indonesia sangat luas, tersebar dari Sabang sampai Merauke dan Miangas sampai P. Rote. Secara geografis, wilayah daratan memiliki banyak bukit dan pegunungan sehingga mempengaruhi pola cuaca. Kondisi topografi dan sistem cuaca regional berpengaruh terhadap distribusi dan pola spasial curah hujan dalam suatu wilayah (Enyew dan Steeneveld, 2014).

Topografi di suatu wilayah dan pola spasial curah hujan memiliki korelasi yang kuat (Anders et all., 2006). Topografi yang berbukit atau pegunungan sangat berpengaruh terhadap curah hujan yang terjadi di suatu wilayah. Dengan kata lain, kondisi fisik geografis dapat digunakan sebagai indikasi distribusi spasial dari curah hujan (Duran, 2014).

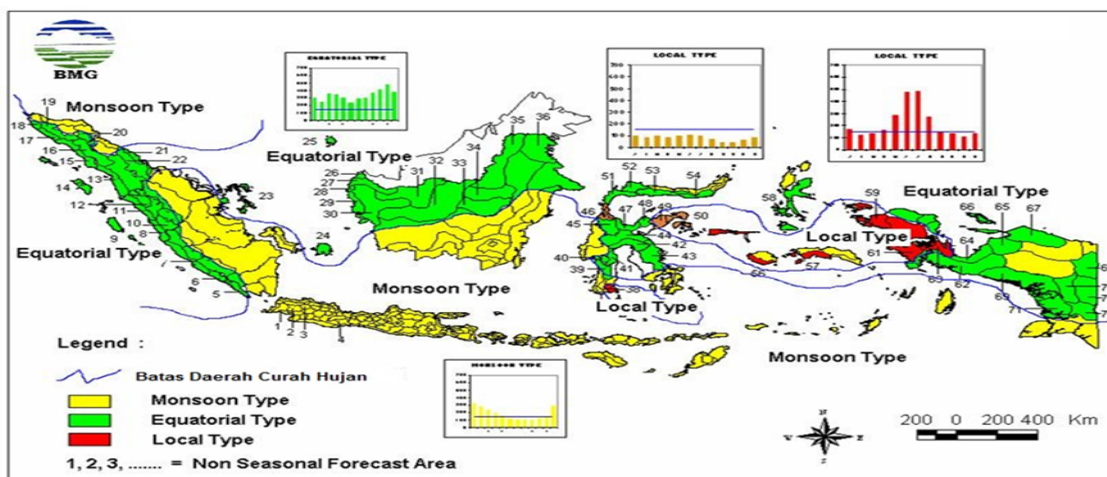
Berdasarkan distribusi data rata-rata curah hujan bulanan, umumnya wilayah Indonesia dibagi menjadi 3 (tiga) pola hujan (Gambar 3), yaitu :

1. Pola hujan monsun (*monsoon type*). Memiliki perbedaan yang jelas antara

periode musim hujan dan periode musim kemarau. Tipe curah hujan bersifat unimodial (satu puncak musim hujan). Musim hujan terjadi pada bulan Desember, Januari, dan Maret. Sementara, musim kemarau terjadi pada bulan Juni, Juli, dan Agustus.

2. Pola hujan equatorial (*equatorial type*). Memiliki distribusi hujan bulanan bimodial dengan dua puncak musim hujan maksimum dan hampir sepanjang tahun masuk dalam kriteria musim hujan. Pola ekuatorial dicirikan oleh tipe curah hujan dengan bentuk bimodial (dua puncak hujan) yang biasanya terjadi sekitar bulan Maret dan Oktober atau pada saat terjadi ekinoks.

3. Pola hujan lokal (*local type*). Memiliki distribusi hujan bulanan yang berkebalikan dengan pola monsun. Pola lokal dicirikan oleh bentuk pola hujan unimodial (satu puncak hujan), tetapi bentuknya berlawanan dengan tipe hujan monsun.



Gambar 3. Tiga Pola Hujan di Indonesia (BMKG, 2021).

Selain mengenal pola hujan, perlu dipahami bahwa bulan maksimum hujan

terjadi di daerah angin mati (10° LU - 10° LS) sesuai dengan pertemuan massa udara tenang

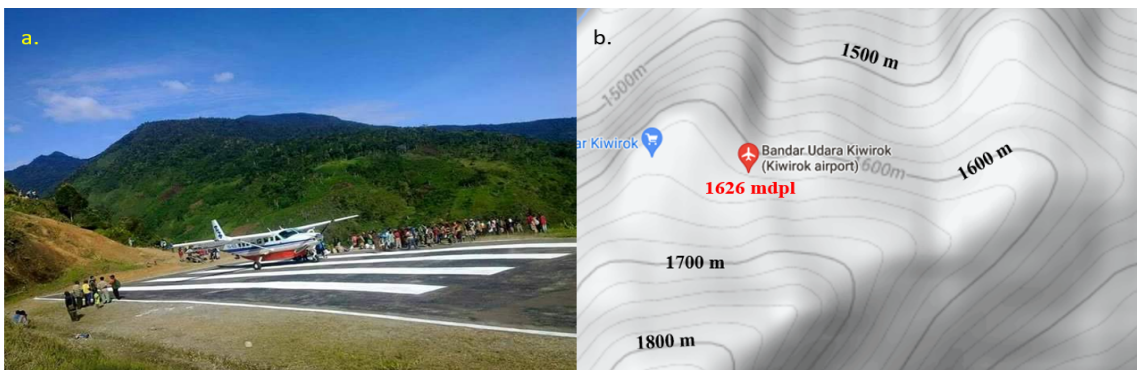


atau daerah konvergensi antar tropik (*intertropical convergence zone/ITCZ*). Sirkulasi monsun terhubung dengan pergeseran utara-selatan dari ITCZ yang dipengaruhi oleh perbedaan dalam pemanasan daratan dan lautan yang menghasilkan tekanan udara rendah dalam sistem yang kompleks (Susandi dkk., 2008).

Zona ITCZ letaknya tidak tetap, bergeser ke utara dan selatan mengikuti gerak matahari. Awal memasuki musim hujan juga bergeser dari barat ke timur. Pantai Barat Pulau Sumatera sampai Bengkulu, mendapat hujan terbanyak pada bulan November. Lampung dan Bangka, yang letaknya sedikit ke timur, pada bulan

Desember. Sementara Jawa (bagian utara), Bali, NTB, NTT pada bulan Januari-Februari. Sulawesi Selatan bagian timur, Sulawesi Tenggara, Maluku Tengah mempunyai musim hujan yang berbeda, yaitu Mei-Juni. Musim hujan berlangsung pada saat wilayah lain mengalami musim kering.

Kondisi cuaca, selain dipengaruhi oleh letak lintang/bujur juga dipengaruhi oleh kondisi topografi setempat. Sebagai contoh, di Bandara Kiwirok, Peg. Bintang, Papua dengan ketinggian 1626 mdpl (Gambar 4) sering mengalami kondisi cuaca yang cepat berubah sehingga mempengaruhi kegiatan penerbangan, khususnya pada saat melakukan pendaratan. Kondisi yang sama juga terjadi di bandara lain di wilayah Papua.



Gambar 4. Letak Bandara Kiwirok di Ketinggian 1626 mdpl (a. PapuansPhoto, 2015; b. GoogleMaps, 2021)

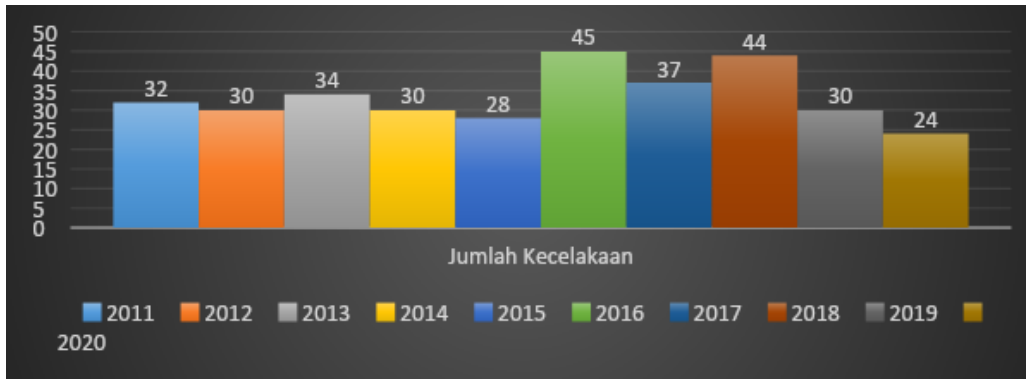
### Data dan Fakta Kecelakaan Penerbangan

Sejak tahun 1945 sampai 2020, setidaknya terdapat 104 kecelakaan pesawat di Indonesia yang fatal dan menyebabkan korban jiwa. Jumlah tersebut merupakan kecelakaan penerbangan tertinggi di Asia sehingga Indonesia berada di peringkat kedelapan dunia sebagai negara dengan

jumlah kecelakaan pesawat terbanyak dengan jumlah korban yang meninggal dunia sebanyak 2.301 orang. Sementara itu, dalam kurun waktu 2011- 2020 tercatat 334 kejadian kecelakaan (Gambar 5), dimana angka tertinggi ada pada tahun 2016 dan jika dirata-rata maka setiap tahun terjadi 33 kecelakaan. Berdasarkan jenisnya, KNKT

mencatat kasus kecelakaan (*accident*) berjumlah 126 kasus sedangkan jumlah

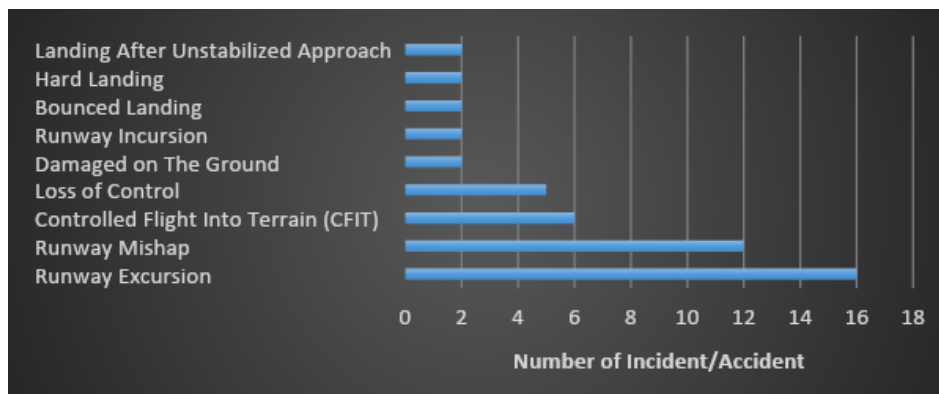
insiden serius (*serious incident*) pesawat mencapai 222 kasus (Katadata.co.id, 2020).



Gambar 5. Jumlah Kecelakaan Penerbangan di Indonesia 2011 – 2020 (KNKT, 2021)

Dalam kurun waktu 2011-2020, kecelakaan pesawat di Indonesia dapat dikelompokkan menjadi 6 (enam) kelompok (Gambar 6). *Pertama*, keluar dari landasan pacu (*runway excursion*) merupakan jenis kecelakaan pesawat yang paling banyak terjadi (16 kasus). *Kedua*, kecelakaan akibat masalah di landasan pacu (*runway mishap*) dengan 12 kasus. *Ketiga*, kecelakaan akibat menabrak permukaan ketinggian (*controlled flight into terrain/CFIT*) (6 kasus). *Keempat*, kecelakaan akibat

kehilangan kendali (*loss of control*) (5 kasus). *Kelima*, kecelakaan akibat kerusakan ketika pesawat berada di daratan (*damaged on the ground*) dan akibat kesalahan di dalam area landasan pacu (*runway incursion*) yang masing-masing empat kasus. *Keenam*, kecelakaan pesawat akibat pendaratan terpelantak (*bounced landing*), pendaratan yang sulit (*hard landing*), dan pendaratan dengan pendekatan yang tidak stabil (*landing after unstabilized approach*) yang masing-masing dua kasus (Pramono, Middleton, dan Caponecchia, 2020).



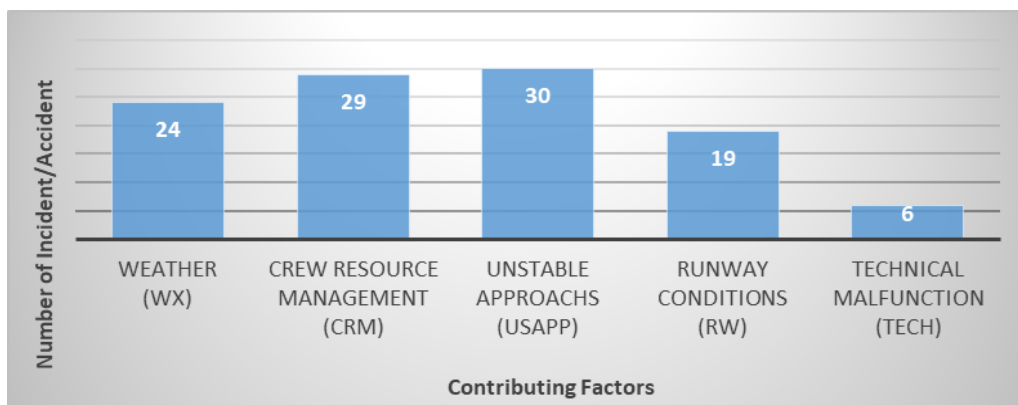
Gambar 6. Jenis Kecelakaan Pesawat 2011 – 2020 (Pramono, Middleton, dan Caponecchia, 2020)



### Faktor-faktor yang Berkontribusi terhadap Kecelakaan

Sementara itu, faktor-faktor yang berkontribusi (*contributing factors*) terhadap kecelakaan di Indonesia (Pramono, Middleton, dan Caponecchia,

2020) meliputi: cuaca (*weather*), interaksi antar individu dalam suatu misi penerbangan (*crew resource management*), proses pendaratan pesawat yang tidak stabil (*unstable approaches*), kondisi landasan (*runway conditions*), dan kegagalan teknis (*technical malfunction*). Dari kelima faktor yang berkontribusi terhadap terjadinya kecelakaan maka *unstable approach* merupakan penyebab utama, disusul oleh *crew resource management* dan *weather* (Gambar 7).



Gambar 7. Faktor-faktor yang berkontribusi terhadap kecelakaan (Pramono, Middleton, dan Caponecchia, 2020)

### SIMPULAN

Pada dasarnya, faktor-faktor penyebab kecelakaan penerbangan dapat dicegah atau dikurangi melalui penerapan manajemen risiko keselamatan yang lebih fokus pada faktor penyebab utama dan implementasi risiko keselamatan yang sesuai dengan karakteristik bandar udara masing-masing. Sektor penerbangan perlu mencapai tingkat *safety* yang tinggi karena sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan ekonomi nasional.

Faktor geografis yang meliputi manusia (antroposfera), topografi (litosfera), dan cuaca (atmosfera) menyumbang 59% terhadap kecelakaan penerbangan, dimana faktor manusia sebesar 52% dan faktor topografi/cuaca sebesar 7%. Di sisi lain, manusia (pilot) memiliki resiliensi yaitu kompetensi dan kepercayaan diri untuk bertahan, merespons dan/atau beradaptasi dengan berbagai macam peristiwa yang mengganggu.

Faktor geografis, selain menyangkut aspek manusia, juga meliputi aspek topografi



dan cuaca. Wilayah yang memiliki kondisi topografi yang berbukit-bukit dan fenomena cuaca yang sering berubah, perlu mendapat perhatian khusus guna mengurangi tingkat kecelakaan.

Selanjutnya, dari beberapa faktor yang berkontribusi terhadap terjadinya kecelakaan maka *unstable approach* merupakan penyebab utama, disusul oleh interaksi antar individu dalam suatu misi penerbangan (*crew resource management*) dan cuaca (*weather*). Terkait dengan hal tersebut, diajukan beberapa saran:

- a. Tingkat kecelakaan pesawat di Indonesia tertinggi di Asia bahkan urutan kedelapan di dunia. Penyebab kecelakaan juga masih didominasi oleh faktor manusia sebesar 52%. Untuk itu, perlunya peningkatan pengawasan kepada operator penerbangan oleh Ditjen Perhubungan Udara. Dalam hal ini, Direktorat Kelaikudaraan dan Pengoperasian Pesawat Udara (DKPPU) karena lembaga ini yang mempunyai tugas melaksanakan perumusan dan pelaksanaan kebijakan, penyusunan norma, standar, prosedur, dan kriteria, pemberian bimbingan teknis dan supervisi, serta evaluasi dan pelaporan di bidang kelaikudaraan dan pengoperasian pesawat udara.
- b. Mengingat *human factor* yang paling berkontribusi terjadinya kecelakaan pesawat udara maka penelitian terhadap faktor manusia menjadi sangat penting

dalam upaya meningkatkan keselamatan penerbangan di Indonesia. Penelitian juga dapat dilanjutkan dengan mengoptimalkan program keselamatan nasional atau *state safety programs (SSP)* sesuai dengan program dari ICAO, sehingga jaminan keselamatan penerbangan dapat ditingkatkan.

- c. Lokasi atau tempat terjadinya "*accident* dan *serious incident*" cukup tinggi di wilayah Indonesia timur, terutama Papua. Kondisi ini perlu menjadi perhatian oleh pemerintah (Kemenhub) karena kondisi geografis Papua berupa pegunungan dan lembah menyebabkan cuaca cepat sekali berubah sehingga sering menjadi gangguan dalam kegiatan penerbangan. Untuk itu, Kemenhub perlu melengkapi peralatan berupa radar cuaca (*weather radar*) dan alat bantu pendaratan (*Instrument Landing System*) di tiap-tiap bandar udara agar mampu memantau perubahan cuaca secara cepat dan membantu pendaratan pesawat dengan aman.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anders AM, Roe GH, Hallet B, Montgomery DR, Finnegan NJ, Putkonen J. 2006. *Spatial Patterns of Precipitation and Topography in the Himalaya. Tectonics,*



- Climate, and Landscape Evolution*, 398. The Geological Society of America.
- BMKG. 2021. *Pola Curah Hujan di Indonesia*. <https://www.geografi.org/2017/11/pola-curah-hujan-di-indonesia.html> Diakses pada tanggal 15 Juli 2021
- Bergman EF & Renwick WH. 2003. *Introduction to Geography: People, Places and Environment*. New Jersey: Pearson Education, Inc.
- CCOHS. 2006. *Canadian Centre for Occupational Health and Safety (CCOHS)*. [http://www.ccohs.ca/oshanswers/hsp/programs/investig.html#\\_1\\_6](http://www.ccohs.ca/oshanswers/hsp/programs/investig.html#_1_6). Diakses pada 22 Juni 2021.
- Duran, C. 2014. *Relationship between Rainfall Distribution and Physical Geography Elements within Mersin Province, Turkey*. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 120, 740–748. doi: 10.1016/j.sbspro.2014.02.157
- Enyew BD & Steeneveld GJ. 2014. *Analysing the Impct of Topography on Precipitatin and Flooding on the Ethiopia Highlands*. *Journal of Geology & Geophysics*, 3(6). doi: 10.4172/2329-6755.1000173
- Flightdeckfriend.com. 2021. *Why Do Planes Crash?* <https://www.flightdeckfriend.com/ask-a-pilot/why-do-planes-crash/> Diakses pada 1 Juni 2021.
- GoogleMaps. 2021. Bandar Udara Kiwirok (Kiwirok Airport): Topografi. [https://www.google.com/maps/place/Bandar+Udara+Kiwirok+\(Kiwirok+airport\)/@-4.7133858,140.7408369,17z/data=!4m5!3m4!1s0x684121dd50eeb4d3:0xad4457b715d43be9!8m2!3d-4.7132094!4d140.7412446!5m1!1e4?hl=id](https://www.google.com/maps/place/Bandar+Udara+Kiwirok+(Kiwirok+airport)/@-4.7133858,140.7408369,17z/data=!4m5!3m4!1s0x684121dd50eeb4d3:0xad4457b715d43be9!8m2!3d-4.7132094!4d140.7412446!5m1!1e4?hl=id) Diakses pada 15 Juli 2021
- ICAO. 2018. *Safety Management Manual: Doc. 9859 Fourth Edition*. International Civil Aviation Organization (ICAO). 999 Robert-Bourassa Boulevard, Montréal, Quebec, Canada H3C 5H7
- KNKT. 2021. *Laporan Final Penerbangan (Aviation Final Reports)*. Komite Nasional Keselamatan Transportasi Republik Indonesia
- Katadata.co.id. 2020. *Catatan Terpanjang Kecelakaan Penerbangan di Indonesia - Analisis Data Katadata*. <https://katadata.co.id/muhammadridhoi/analisisdata/5ffd469e76e49/catatan-terpanjang-kecelakaan-penerbangan-di-indonesia>. Diakses pada 1 Juni 2021.
- MoD-India. 2003. *Aircraft Accidents In Indian Air Force*. New Delhi: Lok Sabha Secretariat. [https://eparlib.nic.in/bitstream/123456789/66211/1/13\\_Public\\_Accounts\\_60.pdf](https://eparlib.nic.in/bitstream/123456789/66211/1/13_Public_Accounts_60.pdf)
- PapuansPhoto. 2015. Bandar Kiwirok: Papuans Photo Karya Anak Papua. <https://papuansphoto.wordpress.com/2015/11/02/bandara-kiwirok/> Diakses pada 15 Juli 2021
- Pramono A, Middleton JH, and Caponecchia C. 2020. *Civil Aviation Occurrences in Indonesia*. *Journal of Advanced Transportation*, hal: 1-17. doi: 10.1155/2020/3240764.
- Rochmat, B. 2021. *Implementasi Manajemen Keselamatan Penerbang-an Guna Mendukung Pembangunan Nasional*, Kertas Karya Ilmiah Perorangan (TASKAP)- PPSA XXIII Lemhannas RI, 2021 (in draft)



Suardi, Rudi. 2007. *Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja*, Penerbit PPM, Jakarta

Susandi A, I Herlianti, M Tamamadin, I Nurlela. 2008. *Dampak Perubahan Iklim terhadap Ketinggian Muka Laut* di Wilayah Banjarmasin. *Jurnal Ekonomi Lingkungan*. Volume 12, No 2. Hollnagel, E. 2015.

Wannaz, Pierre. 2020. *The resilience of pilots: a definition – how to enhance it?* <https://www.cefa-aviation.com/the-resilience-of-pilots-a-definition-how-to-enhance-it/> Diakses pada 8 Juni 2021.