

Runway Excursion: Analisis Kejadian Satu Dekade Terakhir di Indonesia

Muchammad Yassir Fadhilah¹, Ahmad Mubarak^{*,1}, Daniel Dewantoro Rumani², Kukuh Tri

Prasetyo¹

¹Program Studi Operasi Pesawat Udara, Akademi Penerbang Indonesia Banyuwangi
Jl. Pantai Blimbingsari, Banyuwangi, Jawa Timur, 68462, Indonesia

²Program Studi Penerbang Sayap Tetap, Akademi Penerbang Indonesia Banyuwangi
Jl. Pantai Blimbingsari, Banyuwangi, Jawa Timur, 68462, Indonesia

*E-mail: ahmad_mubarak@dephub.go.id

Diterima: 2 Agustus 2024, direvisi: 23 September 2024, disetujui: 22 November 2024,
tersedia daring: 27 Desember 2024, diterbitkan: 31 Desember 2024

Abstrak

Berdasarkan stastistik penelitian setidaknya 40% *accident* yang terjadi di bandara menunjukkan persentase terbesar terjadi adalah *runway excursion*. *Runway excursion* merupakan suatu peristiwa yang melibatkan pesawat dalam kondisi keluar dari batas ujung *runway* (*overrun*) atau keluar pada sisi kanan maupun kiri bahu *runway* (*veer off*) yang bisa terjadi pada saat pesawat melakukan *take off* atau *landing*. *runway excursion* dikategorikan sebagai kecelakaan beresiko tinggi atau *High Risk Category*. Kejadian *runway excursion* di Indonesia dilaporkan dalam data Komite Nasional Keselamatan Transportasi (KNKT) yang menjelaskan bahwa terdapat total 239 kasus kecelakaan penerbangan sejak 2015-2023. Oleh karena itu, penelitian ini menganalisis faktor yang menyebabkan *runway excursion* dan mengidentifikasi tindakan perbaikan yang harus dilakukan (*recovery action*) untuk melakukan pencegahan di masa yang akan mendatang. Desain dari penelitian ini menggunakan metode kualitatif dan metode *literature review* yang akan mengumpulkan data sekunder laporan Komite Nasional Keselamatan Transportasi (KNKT) yang kemudian di kelompokkan berdasarkan faktor penyebab dengan pedoman *Flight Safety Foundation ALAR Brief Note 8.1*. Data dikumpulkan menggunakan konsep *Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analysis* (PRISMA) dengan menentukan kriteria inklusi dan eksklusi. Hasil dari peneltian ini bahwa faktor terbesar dalam terjadinya *ruway excursion* adalah faktor cuaca buruk ditambah dengan kondisi bandara tidak memadai. Sehingga dari faktor tersebut peneliti dapat mengambil kesimpulan bahwa karena sebagian besar kejadian terjadi pada pesawat *charter* yang memiliki rute rata-rata menuju papua dan tidak semua pilot memiliki pengalaman yang cukup dalam melakukan operasi pesawat di daerah pegunungan. Selain itu, dalam pengoperasiannya pilot harus memiliki kompetensi khusus tambahan.

Kata kunci: *aviation, risk, runway excursion, safety, situational awareness, system literature review.*

Abstract

Runway Excursion: Analysis of Events in the Last Decade in Indonesia: Based on statistical research, at least 40% of accidents at the airport show that the most significant percentage is runway excursion. A runway excursion involves an aircraft in a condition out of the runway end limit (overrun) or out on the right or left side of the runway shoulder (veer off), which can occur when the aircraft takes off or lands. Runway excursion is categorised as a high-risk accident or high-risk category. The occurrence of runway excursions in Indonesia is reported in the data of the National Transportation Safety Committee (KNKT), which explains that there have been 239 aviation accidents from 2015 to 2023. Therefore, this research analyses the factors that cause runway excursion and identifies recovery actions to prevent it in the future. This research design uses qualitative and literature review methods to collect secondary data from the National Transportation Safety Committee (NTSC) report, which is then grouped based on causal factors with the Flight Safety Foundation ALAR Brief Note 8.1 guidelines. Data were collected using the Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analysis (PRISMA) concept by determining inclusion and exclusion criteria. The results of this study show that the most significant factor in the occurrence of runway excursions is harmful weather factors coupled with inadequate airport conditions. So, from these factors, the researcher can conclude that because most of the incidents occur on charter aircraft with an average route to Papua, not all pilots have sufficient experience conducting aircraft operations in mountainous areas. In addition, pilots must have additional specialised competencies in their operations.

Keywords: *aviation, risk, runway excursion, safety, situational awareness, system literature review.*

1. Pendahuluan

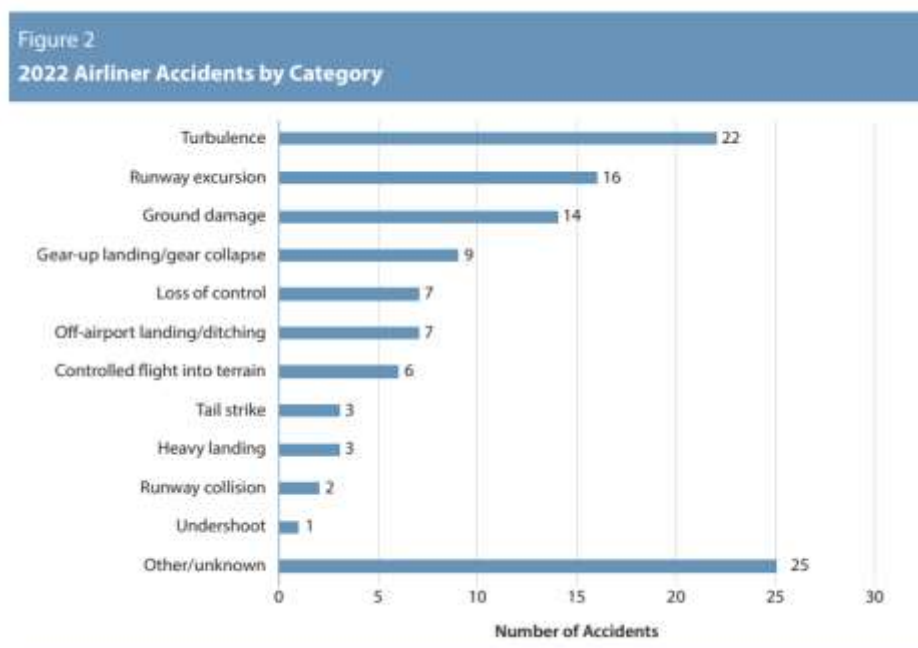
Dalam Undang Undang Nomor 1 Tahun 2009 pengertian bandar udara merupakan bagian dari sistem transportasi udara yang memiliki peran penting dalam menyediakan tempat pesawat bongkar muat barang dan naik turun penumpang. Infrastruktur bandara yang berkaitan langsung dengan aktivitas pesawat terbang biasa disebut kawasan *airside* yang terdiri dari *runway*, *taxiway*, dan *apron* dapat kita sebut sebagai *aerodrome* [1]. Penerbangan merupakan bagian sistem transportasi nasional yang harus

diperhatikan keamanan dan kesiapan dalam pelaksanaannya dalam menunjang keselamatan penumpang, salah satunya adalah keamanan pada *runway* yang menjadi bagian paling rawan terjadi kecelakaan pada saat pesawat melakukan *take off* dan *landing* [2][3]. Berdasarkan statistik penelitian setidaknya 40% *accident* yang terjadi di bandara menunjukkan persentase terbesar terjadi adalah *runway excursion* [4][5]. *Runway excursion* merupakan suatu peristiwa yang melibatkan pesawat dalam kondisi keluar dari batas ujung *runway* (*over run*) atau keluar pada sisi kanan maupun kiri bahu *runway* (*veer off*) yang bisa terjadi pada saat pesawat melakukan *take off* atau *landing* [4][6]. Gambar 1 merupakan ilustrasi akibat dari *runway excursion*.



Gambar 1. *Runway Excursion* terjadi pada PK-HVG di Indonesia

Pada laporan yang di peroleh dari *Aviation Safety Council* (ASC) di Taiwan pada kurun waktu 2005-2014 menunjukkan bahwa kecelakaan pesawat *runway excursion* menjadi tipe kecelakaan terbesar dengan 13 kali terjadi dari 42 total kecelakaan penerbangan domestik (Gambar 2) [7].



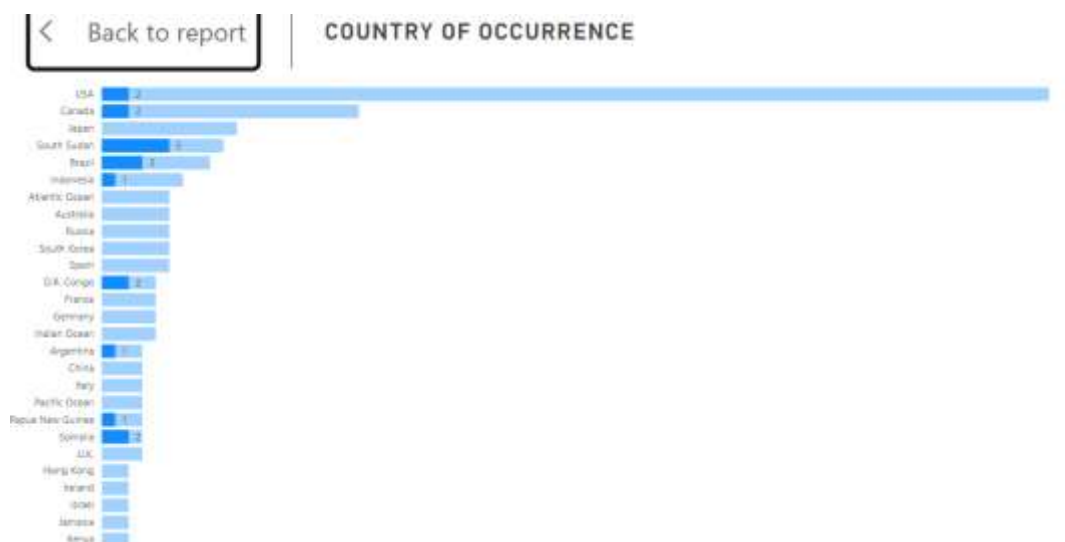
Gambar 2. Statistik Flight Safety Fundation Report tahun 2022

Flight Safety Foundation merupakan lembaga internasional yang bertujuan membantu memecahkan masalah keselamatan dan memberikan perspektif internasional pada isu-isu terkait keselamatan penerbangan bagi publik. Pada *dashboard* di bawah, mereka menjealskan bahwa pada tahun 2022 kejadian *runway excursion* mengalami penurunan kejadian dengan 16 kali daripada pada tahun 2013-2017 *runway excursion* selalu berada pada angka diatas 20 kali kejadian per tahun [8]. Temuan spesial *Accident Classification Task Force* (ACTF) organisasi dibawah IATA yang disampaikan oleh Captain Rubén Morales bahwa pada tahun 2020-2021 mengalami penurunan kecelakaan *runway excursion* yang disebabkan oleh banyaknya industri penerbangan yang berhenti beroperasi karena adanya COVID-19 [8][9].

Pada (Gambar 3) *dashboard Aviation Safety Network* (ASN) tahun 2023/2024 menunjukkan bahwa *runway excursion* mengalami penurunan menjadi urutan ketiga dalam sering terjadinya occurrence yang terjadi di bandar udara [10]. Kemudian dijelaskan dapat dilihat pada Gambar 4 bahwa Indonesia menjadi satu satunya negara di kawasan asia yang terjadinya *runway excursion* dalam kurun waktu 2 tahun terakhir. Dengan tingginya kejadian *runway excursion* setiap tahunnya, kejadian ini dikategorikan sebagai kecelakaan beresiko tinggi atau *High Risk Category* [9]. *High Risk* merupakan kategori kecelakaan dengan resiko tinggi.

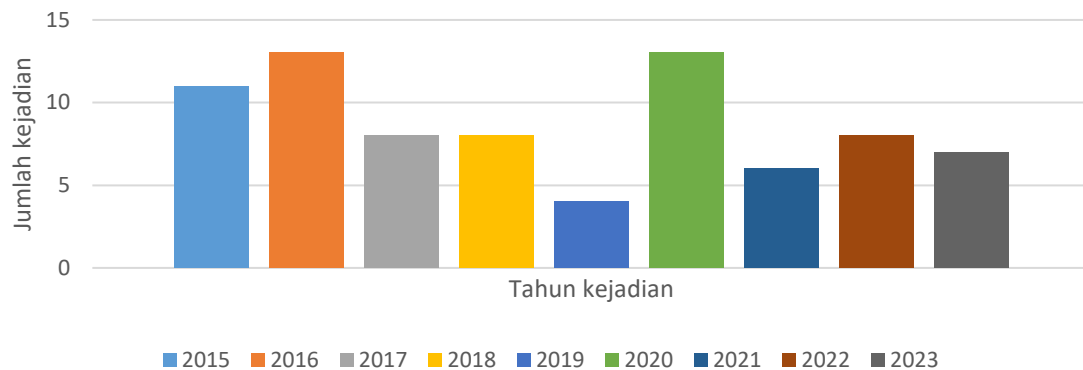


Gambar 3. Dashboard Global Accident 2023/2024



Gambar 4. Country of Occurance

Kejadian *runway excursion* di Indonesia dilaporkan dalam data Komite Nasional Keselamatan Transportasi (KNKT) yang menjelaskan bahwa terdapat total 239 kasus kecelakaan penerbangan sejak 2015-2023. Dari total kasus tersebut diperoleh sekitar 33% terjadi *runway excursion* di bandar udara, dan sejumlah 37,1% dari total kasus terjadi di wilayah papua dengan 21 kejadian. Gambar 5 menunjukkan data statistik yang diperoleh dari data KNKT.



Gambar 5. Jumlah kecelakaan *runway excursion* di Indonesia Tahun 2015-2023

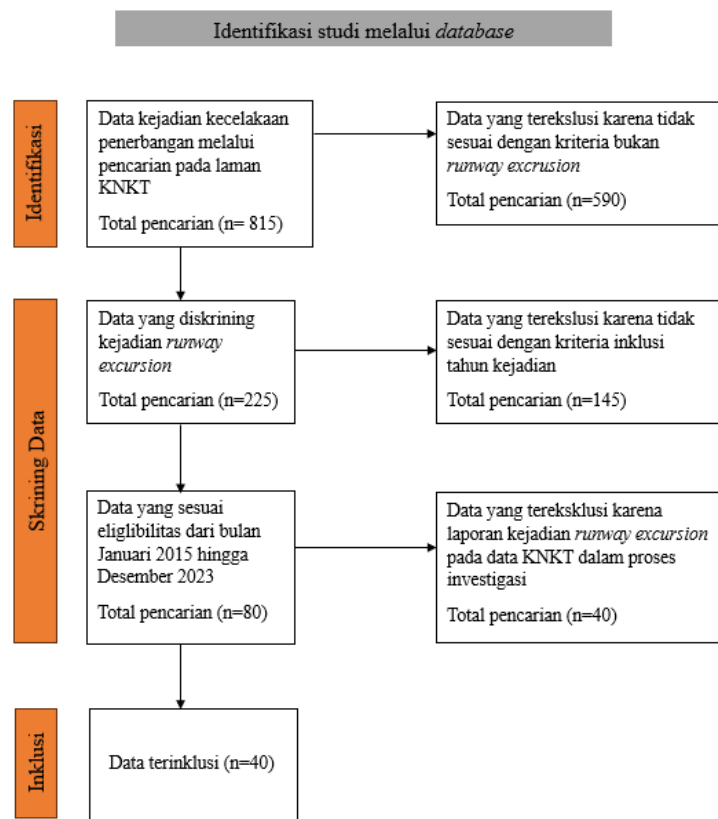
Dalam penyajian data diatas ditemukan bahwa pada setiap tahun rata-rata terjadinya *runway excursion* sebanyak 9 kali atau 11,5% setiap tahunnya dengan jumlah tertinggi pada tahun 2016 dan 2020. Dari kejadian tersebut *runway excursion* menjadi momok bagi personel penerbangan di 9 tahun terakhir di indonesia maupun internasional.

Berdasarkan penelitian sebelumnya oleh Syafira Rahmayanti tahun 2022 yang berjudul Analisis pengaruh faktor-faktor penyebab *runway excursion* pada *runway strip* bandar udara di Indonesia. Faktor terbesar terjadinya *runway excursion* adalah fasilitas dan infrastruktur bandara yang tidak memadai [2]. Menurut penelitian Abadi Dwi Saputra pada jurnalnya yang menggunakan metode kualitatif berjudul Studi Analisis Penyebab Runway Excursion di Indonesia Berdasarkan Data Komite Nasional Keselamatan Transportasi (KNKT) Tahun 2007-2016 menyebutkan bahwa penyebab *runway excursion* memiliki dua faktor utama yaitu kondisi yang tidak aman (*unsafe condition*) dan tindakan yang tidak aman (*unsafe act*) [6]. Dalam penelitian Saputra tidak menjelaskan secara signifikan apa saja yang menjadi faktor penyebabnya, hanya berisi tentang data identifikasi permasalahan tersebut.

Oleh karena itu pada artikel ini peneliti menganalisis faktor yang menyebabkan *runway excursion* dengan metodologi *Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analysis* (PRISMA) dan mengidentifikasi tindakan perbaikan yang harus dilakukan (*recovery action*) untuk melakukan pencegahan di masa yang akan mendatang. Dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan baru bagi masyarakat awam dan memberi informasi kepada Direktur Jendral Perhubungan Udara (DJPU) dan Direktur Kelaikanudara dan Pengoperasian Pesawat Udara (DKPPU) agar dalam kurun waktu mendatang perangkat keselamatan penerbangan di Indonesia dapat melakukan tindakan pencegahan dan penanganan dengan penentuan standar operasional yang sesuai khususnya terhadap kejadian *runway excursion*.

2. Metodologi

Metode penelitian yang diterapkan dalam penelitian ini adalah kualitatif. Rancangan penelitian yang digunakan adalah studi kasus dengan menggunakan data laporan KNKT sebagai data sekunder. Sumber data yang digunakan yaitu sumber data langsung dan sumber data tidak langsung. Sumber data langsung merupakan informan yang berperan penting dan mempunyai wawasan informasi yang relevan dengan penelitian ini dan peneliti menggunakan data akurat dari KNKT. Sumber data tidak langsung berupa data kepustakaan seperti rekaman audio atau video wawancara yang telah dilakukan, video dokumentasi penelitian, foto- foto terkait dengan fokus penelitian, dokumen penting, arsip data KNKT, dan sumber lainnya.



Gambar 6. Alur proses pengambilan data

Diagram pada Gambar 6 menggambarkan proses pemilihan data dalam penelitian menggunakan metode PRISMA *Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analysis* (PRISMA) dengan menentukan kriteria inklusi dan eksklusi yang terdiri dari tiga tahap utama: identifikasi, skrining, dan inklusi [11]. Peneliti menggunakan metode ini karena dianggap paling efisien dalam proses seleksi data *literature review* dengan akurat sesuai kriteria yang diinginkan. Penelitian sebelumnya [6] menjelaskan bahwa kondisi biasanya terjadi *runway excursion* pada saat landing namun belum menjelaskan faktor penyebabnya. Selain itu, peneliti juga menyatakan bahwa area yang sering terjadi berada di wilayah Papua terutama pegunungan.

Pada penelitian lain yang menerapkan alat bantu *Machine Learning* seperti *Naïve Bayes*, *Random forest* menyatakan bahwa faktor terbesar dalam *runway excursion* adalah *sistem failure*. Pada setiap tahunnya *runway excursion* tidak terlalu tinggi dan hanya di momen tertentu saja. Hal ini bisa terjadi karena data sekunder yang mereka gunakan adalah laporan data di negara Eropa yang memiliki fasilitas pendukung yang memadai dan memiliki program pencegahan yang bagus [12][13][14].

2.1. Metode Pengumpulan Data

Dalam pengumpulan data peneliti melakukan wawancara secara tidak langsung kepada salah satu seorang ahli yang bekerja di KNKT yaitu, bapak Henry Poerborianto. Dalam wawancara tersebut menyebutkan bahwa data KNKT dibagi menjadi 3 jenis, yaitu *preminilary report* yang merupakan laporan awal hanya berisi data faktual selama 30 hari dan belum memiliki analisis kesimpulan. Kedua, *final report* merupakan data yang sudah memiliki analisis dan kesimpulan investigasi. Dan terakhir adalah *Interim statement* merupakan laporan pernyataan jika *final report* belum bisa dikeluarkan yang berisi perkembangan investigasi dan alasan belum dikeluarkan. Data kejadian kecelakaan penerbangan yang telah dikumpulkan dari laman KNKT dengan total 815 kejadian. Dari jumlah tersebut, 590 kejadian dikeluarkan karena tidak memenuhi kriteria *runway excursion*. Selanjutnya, pada tahap skrining, tersisa 225 kejadian yang dikategorikan sebagai *runway excursion*, tetapi 145 di antaranya dikeluarkan karena tidak sesuai dengan rentang waktu penelitian. Setelah dilakukan seleksi berdasarkan kriteria eligibilitas dari Januari 2015 hingga Desember 2023, terdapat 80 kejadian yang memenuhi syarat, namun 40 kejadian

lainnya harus dikeluarkan karena masih dalam proses investigasi oleh KNKT. Pada tahap akhir, sebanyak 40 kejadian *runway excursion* berhasil diinklusi dan digunakan dalam penelitian ini.

2.2. Pengolahan Data

Dari 40 data yang ada, peneliti merangkum faktor terjadinya *runway excursion* menjadi tujuh faktor utama berdasarkan Flight Safety Foundation Briefing (2022) [8], yaitu:

- a) *Decision making factor* yaitu, kesalahan keputusan pilot akibat tekanan dan kurangnya situational awareness.
- b) *System factor* yaitu, kegagalan atau malfungsi sistem pesawat.
- c) *Maintenance factor* yaitu, kesalahan dalam perawatan setelah insiden atau perawatan berkala.
- d) *Unprocedural factor* yaitu, ketidakpatuhan terhadap prosedur yang telah ditetapkan.
- e) *Weather factor* yaitu, kondisi cuaca buruk, seperti wet runway.
- f) *Policy & experience* yaitu, kurangnya pengalaman pilot, terutama saat mendarat di runway yang asing.
- g) *Normalization of Deviance* yaitu, penormalan kondisi tidak ideal akibat tidak adanya konsekuensi negatif.

Setelah menjadikan 7 faktor tersebut, peneliti mengidentifikasi berapa jumlah yang termasuk dalam kriteria faktor tersebut sehingga didapatkan hasil dan pembahasan dalam bagian berikutnya.

3. Hasil dan Pembahasan

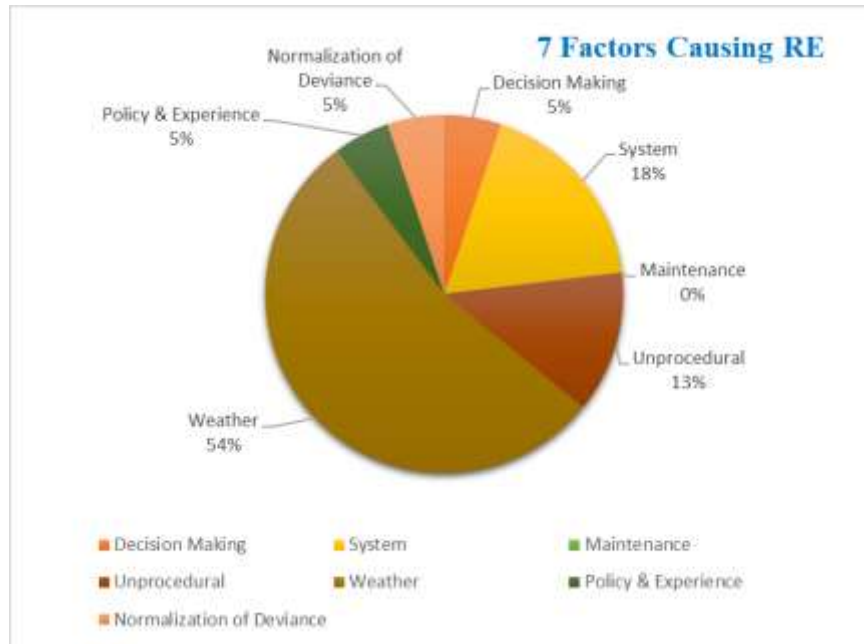
Dalam penelitian ini penulis menganalisis faktor yang menjadi penyebab *runway excursion* berdasarkan 7 faktor yang sudah ditentukan. Kemudian menentukan kategori kejadian serta daerah yang menjadi penyumbang terbesar terjadinya *runway excursion*.

3.1. Identifikasi faktor penyebab

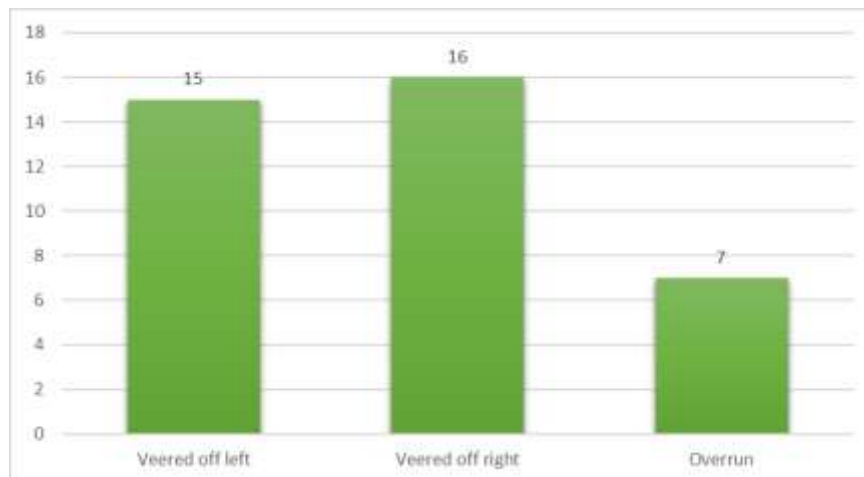
Berdasarkan 40 studi yang ditemukan (Gambar 7) faktor yang paling banyak ditemukan dalam studi adalah *weather* ditemukan sebanyak 21 studi kasus. Pada urutan kedua ada pada *system* sebanyak 7 studi kasus. Urutan ketiga terjadi karena *unprocedural* sebanyak 5 studi kasus. Keempat *Decision making* sebanyak 2 studi kasus. Urutan kelima *policy & experience* sebanyak 2 studi kasus. Pada urutan keenam terjadi karena terdapat *normalization of deviation* sebanyak 2 studi kasus ditemukan. Sedangkan faktor yang paling sedikit ditemukan adalah faktor *maintenance* yang tidak ditemukannya penyebab *runway excursion* karena *maintenance*. Sisa 1 faktor tidak termasuk dalam *runway excursion* dikarenakan pesawat yang digunakan adalah jenis *rotary wings*.

3.2. Kategori Runway Excursion

Runway excursion dibedakan menjadi dua jenis diantaranya adalah *veer off* dan *overrun* yang berarti jika *veer off* adalah titik pendaratan terakhir pesawat berada pada sisi kanan atau kiri *runway* (Gambar 8). Sedangkan *overrun* adalah titik pendaratan terakhir pesawat berada pada ujung *runway* [6][15]. Dari Tabel 1 ditemukan sebanyak 15 kejadian *veer off to the left runway*, 16 kejadian *veer off to the right* dan sebanyak 7 kejadian pesawat dalam posisi *overrun the runway*. Hal ini menunjukkan bahwa kejadian *veer off* mendominasi 81,6% secara keseluruhan kejadian dengan persentase 39,5% *veer off the left* dan 42,1% *veer off the right*. Sisanya 18,4% merupakan golongan *overrun*. Selain itu, dari 40 data yang ada terdapat 2 kejadian diluar dari kriteria jenis *runway excursion*, yaitu 1 terjadi pada helikopter dengan registrasi PK-JBX dan 1 kejadian pada PK-FSS hanya terjadi *engine failure* yang mendarat dengan selamat.



Gambar7. Faktor penyebab runway excursion



Gambar 8. Kategori runway excursion

3.3. Critical area runway excursion

Dari Gambar 9 bisa kita lihat bahwa daerah yang sering terjadi *runway excursion* terdapat pada pulau Papua sebanyak 20 kejadian atau 50% dari jumlah kejadian dan sisanya terjadi diluar pulau Papua yang tersebar pada seluruh provinsi di Indonesia. Hal ini terjadi karena sebagian besar bandara di daerah Papua menggunakan model *airstip* bandara, atau biasa disebut *unpaved airport runways*.



Gambar 9. Peta Indonesia yang menjadi critical area runway excursion

Tabel 1. Data laporan KNKT 2014-2024

Reg	Time	Operator	Airport	Province	Last location
PK-HVG	05/09/2023	PT.Marta Buana Abadi (Dimonim Air)	Yabi Airstrip	Central Papua	veered to the right
PK-TET	31/05/2023	Yayasan Pelayanan Penerbangan Tariku	Duma Airstrip	Central Papua	veered to the left
PK-PAH	26/09/2022	PT.Pelita Air Service	Sultan Aji Muhammad Sulaiman Sepinggan Airport	East Kalimantan	veered to the right
PK-RVA	25/10/2022	PT. Reven Global Air Transport (RGA)	Ilaga Airport	Central Papua	veered to the left
PK-OTY	23/12/2022	PT.Rimbun Abadi Aviasi	Moanamani Airport	Central Papua	veered to the left
PK-SMS	23/01/2023	PT.Semuwa Aviasi Mandiri	Beoga Airstrip	Central Papua	veered to the right
PK-SNI	21/07/2023	PT. Smart Cakrawala Aviation	Bilorai Airport of Sugapa	Central Papua	veered to the left
PK-PND	17/12/2022	PT.Sinar Mas Super Air (SMSA)	Kajui Airstrip	Central Kalimantan	veered to the right
C-FTGX	13/11/2022	ALCLtd	Sultan Aji Muhammad Sulaiman Sepinggan Airport	East Kalimantan	veered to the right
PK-LRU	05/11/2023	Angkasa Super Services (Lion Bizjet)	Morowali Airport	Central Papua	overrun runway
PK-SNW	30/08/2022	PT. Smart Cakrawala Aviation	Sinak Airport	Central Papua	overrun runway
PK-SNB	26/02/2022	PT. Smart Cakrawala Aviation	Bayabiru Airstrip	Central Papua	veered to the left
PK-YSF	21/03/2021	PT.Trigana Air Service	Halim Perdanakusuma Airport	DKI Jakarta	veered to the left
PK-MAD	10/03/2021	Yayasan Mission Aviation Fellowship Indonesia	Angguruk Airstrip	Central Papua	veered to the left
PK-SNR	26/12/2020	PT. Smart Cakrawala Aviation	Sela Airstrip	Central Papua	veered to the left
PK-TGW	18/12/2020	Global Aviation Flying School	Budiarto Airport	Banten	veered to the left
PK-RWR	15/10/2020	Yayasan Pelayanan Penerbangan Tariku	Bayabiru Airstrip	Central Papua	overrun runway
PK-LEG	15/09/2020	PT. Lion Mentari Airlines	Kualanamu International Airport	North Sumatera	veered to the left
PK-JBX	06/08/2020	PT. Jhonlin Air Trasnport	Bersujud Airport	South Kalimantan	Helicopter
PK-PAG	09/06/2020	Pelita Air Service	Karubaga Airport	Central Papua	veered to the left
PK-YSG	25/02/2020	PT. Trigana Air Service	Sentani International Airport	Central Papua	veered to the right
PK-FSS	09/02/2019	PT. Spirit Avia Sentosa	Tanah Merah Airport	Central Papua	0
PK- ASE	12/12/2018	PT. Alfa Trans Dirgantara	Kasonaweja Airstrip	Central Papua	veered to the left
PK-LOO	18/04/2018	PT. Lion Mentari Airlines	Djalaluddin Airport	Gorontalo	veered to the left
PK-GRP	18/01/2018	PT. Garuda Indonesia	Juanda International Airport	East Java	veered to the right
PK-ARH	07/10/2017	Sekolah Tinggi Penerbangan Indonesia	Japura Airport	Riau	veered to the right
9M-MXH	13/06/2017	Malaysia Airlines	Soekarno-Hatta International Airport	Banten	veered to the right
PK-CJC	31/05/2017	PT. Sriwijaya Air	Rendani Airport	West Papua	veered to the right
PK-CAQ	31/05/2017	Balai Besar Kalibrasi Fasilitas Penerbangan	Pattimura Airport	Ambon	veered to the right
PK-GNK	01/02/2017	PT. Garuda Indonesia	Adisutjipto International Airport	Yogyakarta	veered to the left
PK-BVM	31/12/2016	PT. ASI Pudjiastuti Aviation	Ilaga Airport	Central Papua	veered to the right
PK-LTV	13/10/2016	PT. Asian One Air	Ilaga Airport	Central Papua	overrun runway
PK-HAN	13/10/2016	Aero Flyer Institute	Cakrabhuwana Airport	West Java	veered to the right
PK-TGL	28/04/2016	Global Aviation Flying School	Budiarto Airport	Banten	veered to the right
PK-LFG	20/02/2016	PT. Lion Mentari Airline	Juanda International Airport	East Java	overrun runway
PK-KDC	21/12/2015	PT. Kalstar Aviation	El Tari International Airport	East Nusa Tenggara	overrun runway
PK-LBO	06/11/2015	PT. Batik Air Indonesia	Adisutjipto International Airport	Yogyakarta	overrun runway
PK-GFA	02/06/2015	PT. Garuda Indonesia	Sultan Hasanuddin International Airport	South Sulawesi	veered to the left
PK- DGB	04/03/2014	PT. Sriwijaya Air	Rendani Airport	West Papua	veered to the right
PK-GAG	03/02/2015	PT. Garuda Indonesia	Lombok International Airport	West Nusa Tenggara	veered to the right

4. Kesimpulan

Runway excursion di Indonesia didominasi oleh faktor cuaca, terutama di wilayah Papua, *runway excursion* terjadi akibat dari cuaca buruk pada saat *landing* ditambah dengan banyak bandara hanya memiliki *airstrip* dengan standar yang tidak memadai (*unpaved runway*), seperti di Kajui dan Bayabiru. Kondisi tersebut menyulitkan pilot dalam pengambilan keputusan yang tepat saat dalam kondisi darurat karena keterbatasan informasi bandara. Meskipun faktor pengambilan keputusan tercatat sebagai penyebab yang paling sedikit, penting bagi setiap stakeholder untuk memperhatikan perkembangan prosedur penerbangan dan memastikan peningkatan pengetahuan dan teknologi untuk menunjang keterampilan personel melalui pelatihan berkelanjutan dan pembaruan alat deteksi cuaca buruk pada bandara terpencil. Hal ini sangat krusial terutama dalam penerbangan *charter* yang sering terbang di wilayah Papua dengan menggunakan instrument visual saja ditambah kondisi *runway* yang tidak beraspal dan geografis yang ekstrem, sehingga pilot perlu memiliki kompetensi khusus untuk memastikan penerbangan yang aman, nyaman, dan efisien di wilayah tersebut.

Pada penelitian Odisho dan Qin ming yang menerapkan alat bantu Machine Learning seperti Naïve Bayes, Random forest pengambilan data masih sama dengan data sekunder laporan *runway excursion* pada tahun 2012-2022 yang terjadi di negara Eropa. Mereka menyimpulkan bahwa *runway excursion* rata-rata terjadi karena kegagalan sistem yang mengakibatkan kondisi pesawat tidak dapat terkendali saat *landing*. Walaupun Machine Learning dapat memprediksi faktor apa saja yang termasuk dalam *runway excursion* namun tidak ada prediktor pasti untuk kejadian penyimpangan landasan pacu yang mengakibatkan kerusakan pesawat yang dapat ditetapkan

Dalam pengembangan selanjutnya, diharapkan pada persiapan sebelum penerbangan pihak *airlines* harus dipastikan semua informasi terakut bandara tujuan sudah lengkap disertai dokumen yang terbaru seperti layout bandara, pembaruan NOTAM hingga STAR dan SID bandaa tujuan. Hal ini berguna dalam mencegah sebelum terjadi dan dapat ditangani dengan tepat jika terjadi suatu insiden dalam kawasan *manuvering area*. Tidak terlepas dari peran Kementrian Perhubungan dalam mendukung program tersebut yang diharapkan Dirjen Perhubungan Udara dan Direktur Kelaikanudara dan Pengoperasian Pesawat Udara (DKPPU) untuk segera memfasilitasi segala peralatan pendeteksi cuaca yang modern pada bandara di wilayah terpencil serta memastikan bahwa seluruh operator sudah memenuhi syarat kelaikan dan izin terbang yang berlaku.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada kampus Akedemi Penerbang Indonesia Banyuwangi yang telah memberikan dukungan dan materi dalam menyelesaikan penelitian ini. Tidak lupa juga kami ucapkan terima kasih kepada para dosen yang terlibat dalam proses penyusunan artikel ini hingga penerbitan dilakukan.

Daftar Pustaka

- [1] W. Sartono, Dewanti, and T. Rahman, *Bandar Udara: Pengenalan dan Perancangan Geometrik Runway Taxiway dan Apron*. Universitas Gajah Mada Press, 2022.
- [2] Syafira Rahmayanti, "Analisis Pengaruh Faktor-Faktor Penyebab Runway Excursion Pada Runway Strip Bandar Udara Di Indonesia," *Depok*, Jul. 2022.
- [3] N. A. Sinaga, "Aspek Hukum Keselamatan Penerbangan di Indonesia," 2022.
- [4] S. D. B. Galagedera, H. R. Pasindu, and V. Adikarivattage, "Evaluation of Aircraft Excursion Risk at Bandaranaike International Airport," *Engineer: Journal of the Institution of Engineers*, Sri Lanka, vol. 54, no. 0, p. 9, Sep. 2021, doi: 10.4038/engineer.v54i0.7448.
- [5] N. Distefano and S. Leonardi, "Apriori algorithm for association rules mining in aircraft runway excursions," *Civil Engineering and Architecture*, vol. 8, no. 3, pp. 206–217, Jun. 2020, doi: 10.13189/cea.2020.080303.
- [6] A. D. Saputra, "Studi Analisis Penyebab Runway Excursion di Indonesia Berdasarkan Data Komite Nasional Keselamatan Transportasi (KNKT) Tahun 2007-2016," *Warta Ardhia*, vol. 43, no. 2, pp. 93–104, Dec. 2017, doi: 10.25104/wa.v43i2.305.93-104.
- [7] Taiwan Flight Safety, "Aviation Safety Council," 2015.
- [8] Flight Safety Foundation, "2022 Safety Report Flight Safety Foundation," 2023.
- [9] IATA, "IATA Safety Report 2021 – Issued April 2022," 2022.
- [10] Flight Safety Foundation, "Aviation Safety Network," Flight Safety Foundation. Accessed: Feb. 19, 2025. [Online]. Available: <https://aviation-safety.net/dashboard/safetyreport2023>
- [11] D. Moher, "Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement," *Ann Intern Med*, vol. 151, no. 4, p. 264, Aug. 2009, doi: 10.7326/0003-4819-151-4-200908180-00135.

- [12] Q. Si, Y. Zhao, J. Li, H. Wang, and K. Zhai, "Risk Cause Analysis of Runway Excursion Accidents in the Aircraft Landing Stage through Integrated FTA-BN Method," *Journal of Engineering Science and Technology Review*, vol. 17, no. 1, pp. 178–186, 2024, doi: 10.25103/jestr.171.21.
- [13] E. V. Odisho, D. Truong, and R. E. Joslin, "Applying Machine Learning to Enhance Runway Safety Through Runway Excursion Risk Mitigation," *Journal of Aerospace Information Systems*, vol. 19, no. 2, pp. 98–112, Feb. 2022, doi: 10.2514/1.I010972.
- [14] J. S. D. Garcia, C. Jaedicke, G. Leng Lim, and D. Truong, "Predicting the Severity of Runway Excursions from Aviation Safety Reports," *Journal of Aerospace Information Systems*, vol. 20, no. 9, pp. 555–564, Sep. 2023, doi: 10.2514/1.I011145.
- [15] Q. Shao, M. Yang, C. Xu, H. Wang, and H. Liu, "Fire risk analysis of runway excursion accidents in high-plateau airport," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 204400–204416, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3035894.