



KARAKTERISTIK ANGIN DAN RISIKO OPERASIONAL RUNWAY DI BANDARA SOEKARNO-HATTA PADA BULAN BASAH (DJF)

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- b. Pengutipan tidak mengikuti kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

RAFI AGUNG PUTRA RAMDHANA



**DEPARTEMEN GEOFISIKA DAN METEOROLOGI
FAKULTAS ILMU PENGETAHUAN ALAM DAN MATEMATIKA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Karakteristik Angin dan Risiko Operasional Runway di Bandara Soekarno-Hatta pada Bulan Basah (DJF)” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Mei Tahun 2025

Rafi Agung Putra Ramdhana
G2401211031

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak mengurangi kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



ABSTRAK

RAFI AGUNG PUTRA RAMDHANA. Karakteristik Angin dan Risiko Operasional *Runway* di Bandara Soekarno-Hatta pada Bulan Basah (DJF). Dibimbing oleh RIZALDI BOER dan WISNU KARYA SANJAYA.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dinamika karakteristik komponen angin (*headwind*, *tailwind*, dan *crosswind*) di Bandara Internasional Soekarno-Hatta pada musim basah (DJF) tahun 2020–2024 menggunakan data *Aerodrome Climate Summary* (ACS). Analisis awal dilakukan melalui visualisasi Windrose dan dekomposisi vektor untuk memperoleh distribusi spasial-temporal komponen angin (*headwind*, *tailwind*, dan *crosswind*). Regresi logistik multinomial digunakan untuk mengkuantifikasi hubungan antara parameter meteorologis dan peluang terjadinya empat kategori insiden di *runway*: *Cancel Approach*, *Go Around*, *Veer Off*, dan *Hard Landing*. Hasil analisis Windrose menunjukkan bahwa dominasi arah angin dari barat hingga barat laut, dengan kecepatan rata-rata 1,94–9,72 knot, yang berimplikasi pada kecenderungan *headwind* terhadap *runway* 07L. Dekomposisi Vektor *tailwind* merupakan komponen angin yang paling sering terjadi, disusul oleh *crosswind* kiri dan *crosswind* kanan. *Headwind* merupakan komponen dengan frekuensi paling rendah. Temuan ini sejalan dengan studi yang menyoroti pentingnya karakteristik angin dalam mendukung keselamatan operasi bandara. Selanjutnya hasil regresi logistik multinomial menunjukkan bahwa model terbaik diperoleh dengan variabel X3 dalam bentuk kontinu, menghasilkan pseudo R-square sebesar 93% dan akurasi klasifikasi sebesar 75,4%. Ditemukan bahwa risiko *Cancel Approach* (batal mendarat sebelum menyentuh landasan) dan *Hard Landing* (pendaratan menghantam landasan terlalu keras) lebih dipengaruhi oleh *tailwind* dan kecepatan angin tinggi, sedangkan *Go Around* (batal mendarat di fase akhir, pesawat naik lagi) dan *Veer Off* (pesawat keluar dari jalur *runway*) lebih dipicu oleh *crosswind* dan kecepatan angin tinggi. Jenis pesawat juga berpengaruh signifikan, dimana pesawat kecil lebih rentan terhadap semua kategori insiden di landasan pacu dibandingkan pesawat besar. Pendekatan serupa dalam pemodelan insiden *runway* dan klasifikasi kerusakan pesawat telah terbukti efektif dalam penelitian terdahulu yang menyoroti peran signifikan kecepatan dan arah angin dalam insiden penerbangan.

Kata kunci: *Tailwind*, *Crosswind*, *Headwind*, *Runway*, *Insiden di Runway*



ABSTRACT

RAFI AGUNG PUTRA RAMDHANA. Wind Characteristics and Runway Operational Risks at Soekarno-Hatta International Airport during the Wet Season (DJF). Supervised by RIZALDI BOER and WISNU KARYA SANJAYA.

This study aims to analyze the dynamics of wind component characteristics (headwind, tailwind, and crosswind) at Soekarno-Hatta International Airport during the wet season (DJF) from 2020 to 2024 using Aerodrome Climate Summary (ACS) data. The initial analysis was conducted through Windrose visualization and vector decomposition to obtain the spatio-temporal distribution of wind components (headwind, tailwind, and crosswind). Multinomial logistic regression was then applied to quantify the relationship between meteorological parameters and the probability of four categories of runway incidents: Cancel Approach, Go Around, Veer Off, and Hard Landing. The Windrose analysis revealed that wind direction was predominantly from the west to northwest, with an average speed of 1.94–9.72 knots, implying a tendency toward headwind conditions on runway 07L. Vector decomposition further showed that tailwind was the most frequently occurring wind component, followed by left and right crosswinds, while headwind occurred with the lowest frequency. These findings are consistent with previous studies emphasizing the critical role of wind characteristics in supporting airport operational safety. Furthermore, the results of the multinomial logistic regression indicated that the best-fit model was obtained when wind speed (X3) was treated as a continuous variable, yielding a pseudo R-square of 93% and a classification accuracy of 75.4%. The analysis revealed that the risks of Cancel Approach (aborted landing before touchdown) and Hard Landing (excessively forceful touchdown) were primarily influenced by tailwind and high wind speed, whereas Go Around (aborted landing at the final phase, aircraft climbing again) and Veer Off (aircraft veering off the runway) were more strongly triggered by crosswind and high wind speed. Aircraft type also had a significant effect, with smaller aircraft being more vulnerable to all categories of runway incidents compared to larger aircraft. A similar modeling approach in runway incident analysis and aircraft damage classification has been proven effective in previous studies, highlighting the significant role of wind speed and direction in flight-related incidents.

Keywords: Tailwind, Crosswind, Headwind, Runway, Runway Incidents

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak mengurangi kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2025
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.



KARAKTERISTIK ANGIN DAN RISIKO OPERASIONAL RUNWAY DI BANDARA SOEKARNO-HATTA PADA BULAN BASAH (DJF)

RAFI AGUNG PUTRA RAMDHANA

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana pada
Program Studi Meteorologi Terapan

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak mengurangi kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tim Pengaji pada Ujian Skripsi:
1. Perdinan M.Nat.Res.Econ., Ph.D



Judul Skripsi : Karakteristik Angin dan Risiko Operasional *Runway* di Bandara Soekarno-Hatta pada Bulan Basah (DJF)
Nama : Rafi Agung Putra Ramdhana
NIM : G2401211031

Disetujui oleh



Pembimbing 1:
Prof. Dr. Ir. Rizaldi Boer, M.S.
Pembimbing 2:
Wisnu Karya Sanjaya, S.Si, M.Si.

Diketahui oleh



Ketua Departemen:
Dr. Ana Turyanti, S.Si., M.T
NIP 19710707 199803 2 002

Tanggal Ujian:
26 Agustus 2025

Tanggal Lulus:

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah Subhanaahu Wa Ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak Bulan September 2024 sampai Bulan Februari 2025 ini ialah Meteorologi Klimatologi Penerbangan, dengan judul “Karakteristik Angin dan Risiko Operasional *Runway* di Bandara Soekarno-Hatta pada Bulan Basah (DJF)”.

Dengan segala kerendahan hati dan rasa hormat yang mendalam, penulis menyampaikan terima kasih yang tak terhingga kepada Bapak Prof. Dr. Ir. Rizaldi Boer, M.S., selaku dosen pembimbing utama. Beliau bukan hanya membimbing secara akademis, tetapi juga dengan penuh kesabaran, ketulusan, dan keteguhan hati telah membentuk cara berpikir penulis dalam menjalani proses ilmiah ini. Setiap arahan, koreksi, dan diskusi yang beliau berikan menjadi cahaya penuntun saat penulis berada dalam keresahan, dan menjadi dorongan saat semangat mulai goyah. Lebih dari sekadar seorang pembimbing, beliau adalah teladan dalam keilmuan dan keteladanan moral, yang inspirasinya akan terus membekas dalam perjalanan hidup penulis ke depan. Semoga segala ilmu, waktu, dan ketulusan yang beliau berikan menjadi amal jariyah yang terus mengalir tanpa henti. Terima kasih Pak Rizaldi, bimbingan Bapak tidak hanya mengantar saya menyelesaikan skripsi ini, tetapi juga mengubah cara saya memaknai proses belajar dan hidup itu sendiri. Karya ilmiah ini dapat selesai berkat do'a, dukungan, semangat, dan bantuan banyak pihak. Penghargaan dan ucapan terima kasih penulis juga disampaikan kepada :

1. Cinta pertama, panutanku, pintu surgaku, Ibunda Yayuk Eko Handayani. Beliau memang tidak sempat merasakan pendidikan sampai perkuliahan. Namun, beliau selalu mengusahakan segalanya yang terbaik untuk masa depan. Bahkan saat penulis meragukan dirinya sendiri, Ibu lah yang selalu pertama kali selalu percaya bahwa anaknya mampu melewati semuanya. Penulis percaya dimana harinya merasa berhasil, disitulah doa restu Ibu sudah mampu menembus langit, doa yang menantang takdir.
2. Adik kandung tercinta, Daffa Zalvano Arya Rizki. Saya sebagai penulis hanya bisa meminta maaf sebesar-besarnya. Maaf atas keserakahan untuk berkuliah, maaf untuk keegoisan untuk selalu mengalah, terakhir saya sebagai penulis memberikan rasa hormat dan berterima kasih setinggi-tingginya atas pengorbanannya.
3. Nenek dan Kakek, Mbah Hartiningsih dan Mbah Kasmando. Terima kasih banyak telah merawat sedari kecil hingga di detik sekarang. Terima kasih atas waktu berharganya, terima kasih atas cinta setulus dan tidak terhingga, terima kasih atas keikhlasannya untuk selalu menjadi tempat untuk mengeluh atas kerasnya hidup.
4. Paman dan Bibi, Om Yoyon dan Ama Dina. Terima kasih telah menginspirasi dan terus mendukung cita-cita dan asa Rafi. Terima kasih telah menjadi pendengar yang baik dan terima kasih telah menjadi orang tua kedua Rafi dan terima kasih atas semuanya.
5. Saudara kebanggaan, Adik Aisyafarras Alfianida dan Alfira Zahra Alfianida. Terima kasih banyak atas momen berharganya, terima kasih telah memberikan arti rumah sebenarnya dalam hidup. Terima kasih atas cerita kehidupan yang penuh tawa dan bahagia.

PRAKATA

6. Fabianus Ozora Juan Helyarko (Mahasiswa Kedokteran IPB'60 dan calon dokter sukses muda), terima kasih telah menjadi teman layaknya saudara. Terima kasih telah menemani dalam suka maupun duka. Terima kasih telah menjadi saksi atas bentuk perjuangan, tanggung jawab, dan kerja keras. Terima kasih untuk selalu ada untuk terus mendukung menyelesaikan skripsi. Terima kasih telah memberikan kebahagiaan dan warna selama perkuliahan. Terima kasih untuk selalu melantangkan "Aku selalu mendukungmu". Terima kasih untuk terus menjadi pengingat sang pencipta, Tuhan Yang Maha Esa. Terima kasih atas doa, harapan, semangat yang tidak ternilai harganya.
7. Terima kasih kepada Bapak, Totok Agung Suprapto. Terima kasih sudah membantu mendukung selama perkuliahan.
8. Pembimbing kedua, Pak Wisnu Karya Sanjaya, Kak Yesi Ratnasari, dan Bu Yuli. Terima kasih telah membimbing, mengarahkan, mendukung dengan penuh keikhlasan dan cinta di BMKG Bandara Soekarno-Hatta. Terima kasih telah memberikan pengalaman dan ruang belajar yang luar biasa, mungkin kalau saya tidak magang disana, skripsi dengan judul ini tidak ada pernah ada dan tidak terealisasikan. Terima kasih telah menjadi pembimbing yang sabar dan selalu direpotkan dalam merealisasikan skripsi ini.
9. Kepala Departemen Geofisika dan Meteorologi sekaligus dosen pembimbing akademik, Ibu Ana Turyanti. Terima kasih telah memberikan dukungan dan doa tiada henti kepada penulis. Saya sebagai penulis ingin meminta maaf atas perbuatan yang kurang berkenan selama berkuliahan di Departemen Geofisika dan Meteorologi IPB.
10. Tenaga pendidik (tendik)/dosen GFM. Terima kasih atas ilmu yang diberikan selama perkuliahan.
11. Ketua TU GFM, Bu Yuni. Terima kasih telah menjadi penasehat dan orang tua kedua di dunia perkuliahan. Terima kasih atas bantuannya dan terima kasih telah terus mendukung untuk menyelesaikan perkuliahan.
12. Civitas tenaga kerja GFM, Pak Aziz. Terima kasih atas bantuannya untuk mengurus berkas akademik selama perkuliahan.
13. Gymbro (Gilang Bagaskara, Imanuel, Yusron). Terima kasih telah menjadi teman yang begitu berharga, teman yang lebih dari saudara. Teman yang tidak ternilai harganya. Terima kasih telah menjadi tempat cerita dan berbagi keluh kesah dunia perkuliahan di tempat GYM. Terima kasih telah mendukung untuk terus tumbuh dalam kebahagiaan. Terima kasih atas waktu, doa, dukungan, senyuman, dan bantuannya.
14. Kontrakan *Family* (Muhammad Raihan - Bekasi, Satria Daffa - Depok, Ikhwan Zaki - Padang, Rizkiandi - Bandung) . Terima kasih atas cerita luar biasa selama di perkuliahan. Saya sebagai penulis hanya bisa meminta maaf bila mana ada kesalahan yang kurang berkenan. Terima kasih telah memberikan rumah yang begitu hangat atas cinta yang berharga. Terima kasih atas canda dan tawa.
15. Prof. Boer *Fams* – Bimbingan Prof. Boer (Ade, Aulia, Fakhri, Nadiyah). Terima kasih telah menemani dalam proses untuk belajar, terima kasih untuk menemani dalam menggapai tujuan dan mimpi yang sama yaitu "Sarjana".

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak mengugikan kepentingan yang wajar IPB University.

16. Lapak *New Family* (Lingga, Awang, Tara, Deva, Johan, Altha, Vanessa Sika, Anggie, Hamdhan), terima kasih telah memberikan canda dan tawa dari masa SMA sampai dengan detik ini. Terima kasih atas bentuk dukungan dan doa-doa yang begitu berharga.
17. Keluarga SMAN 7 Kota Kediri (Bu Marina, Bu Yuni, Bu Ida, Pak Yordan, Pak Muhib, Pak Sam, dll) Terima kasih telah memberikan kepercayaan, doa, harapan kepada penulis untuk terus menimba ilmu jauh lebih tinggi.
18. Kelurga KKN-T Desa Sidomulyo, Kecamatan Jakenan Kabupaten Pati. Terima kasih atas canda dan tawanya. Terima kasih untuk dukungan sampai dengan hari ini.
19. Kuncup Mekar/Kamajaya (Organisasi daerah keluarga besar Kediri Raya). Terima kasih untuk dekapan yang hangat, terima kasih telah menjadi pejuang mimpi yang sama dari kota asal, terima kasih telah menjadi rumah sebenarnya di IPB.
20. Rekan-rekan GFM 58. Terima kasih telah menjadi ruang untuk keluh kesah.
21. Film “Laskar Pelangi”. Penulis ucapan terima kasih kepada tim produser karena telah membuat karya film yang luar biasa. Film yang menjadi gerbang awal inspirasi penulis untuk memulai petualang yang luar biasa. Tempat berpetualang dimana untuk memulai berani bermimpi, berani mencoba hal baru, berani keluar dari zona nyaman, berani untuk menjadi diri sendiri. Pada bait lirik “Cinta kepada hidup, memberikan senyuman abadi, walau hidup kadang tak adil, tapi cinta lengkapi kita” Tersirat makna yang begitu dalam. Bait ini mengajarkan penulis bahwa dalam perjalanan hidup yang tidak selalu mudah, penuh rintangan, ketidakpastian, dan ketidakadilan. Masih ada satu kekuatan yang mampu memberi kita kekuatan untuk terus melangkah yaitu cinta. Cinta kepada hidup bukan sekadar perasaan romantis atau emosi sesaat, melainkan sebuah sikap menerima, menghargai, dan mensyukuri setiap momen yang ada, baik suka maupun duka. Senyuman abadi yang disebut dalam bait tersebut adalah metafora dari keteguhan hati dan semangat pantang menyerah. Cinta menjadikan seseorang tetap tersenyum, meskipun air mata pernah jatuh, tetap bangkit, meskipun sempat terjatuh. Film Laskar Pelangi menggambarkan kekuatan cinta ini, cinta kepada ilmu, kepada persahabatan, kepada impian, dan kepada hidup itu sendiri. Anak-anak di Belitung mungkin hidup dalam keterbatasan, namun mereka tidak pernah berhenti mencintai apa yang mereka punya, dan justru dari situlah lahir keberanian untuk bermimpi dan menjelajah kemungkinan. Cinta, dalam konteks ini, menjadi penyempurna. Ia tidak menghapus luka, tetapi menyembuhkannya. Ia tidak menghindarkan dari badi, tapi membuat kita mampu berdiri di tengah badi itu. Dan karena cinta itulah, kita menemukan makna sejati dari keberanian, bukan tanpa rasa takut, tetapi tetap melangkah meski rasa takut ada. Bait ini menjadi pengingat penulis bahwa dengan cinta, hidup yang keras pun bisa menjadi ruang tumbuh yang indah.
22. Terakhir, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada “*Little Rafi*”, kepada diri saya sendiri, diri saya 15 tahun yang lalu, seseorang anak kecil yang mempunyai sejuta mimpi. Terima kasih karena telah bertahan sejauh ini. Terima kasih karena telah memilih untuk terus melangkah, bahkan ketika langkah itu terasa berat dan dunia seolah tak memberikan ruang untuk



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak mengikuti kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

bernafas. Terima kasih karena tidak menyerah saat keadaan tak sesuai harapan, saat rasa lelah datang tanpa permisi, dan saat keraguan sempat menyelimuti hati. Terima kasih karena telah tumbuh dalam cinta, sedikit demi sedikit, dari anak kecil yang hanya bisa bermimpi menjadi seseorang yang kini berani mewujudkannya. Untuk semua malam panjang yang dilalui dengan belajar dalam sunyi, untuk semua hari dimana air mata ditahan agar tak terlihat, semua itu adalah bentuk perjuangan yang tidak sia-sia. Dan yang paling penting, terima kasih karena tidak pernah melupakan kata-kata Ibumu “Apa pun keadaannya, pulanglah dengan gelar sarjana.” Kalimat itu bukan sekadar pesan, tapi menjadi simbol arti dari “Perjuangan”. Perjuangan untuk meraih mimpi, perjuangan untuk meraih gelar ”Sarjana” pertama di keluarga.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Mei 2025

Rafi Agung Putra Ramdhana
NIM. G2401211031



DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR	xvii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	4
1.4 Manfaat	4
II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Komponen Angin dalam Operasional Penerbangan	6
2.2 <i>Data Aerodrome Climate Summary (ACS)</i>	6
2.3 <i>Crosswind</i>	6
2.4 <i>Tailwind</i>	7
2.5 <i>Headwind</i>	7
2.6 Pengaruh Musim terhadap Pola Angin di Kawasan Tropis	8
2.7 Analisis Statistik Komponen Angin	8
2.8 Relevansi Penelitian terhadap Bandara Soekarno-Hatta	8
2.9 Dampak <i>Crosswind</i> terhadap Desain Infrastruktur Bandara	9
2.10 Risiko Operasional akibat Kejadian Angin Ekstrem	9
III METODE	10
3.1 Waktu dan Tempat	10
3.2 Alat dan Bahan	10
3.3 Prosedur Kerja	12
3.4 Analisis Data	13
3.4.1 Pendekatan <i>Windrose</i>	13
3.4.2 Dekomposisi Vektor	13
3.4.3 Regresi Logistik	14
3.4.3.1 Perbandingan <i>residual deviance</i> dan AIC	15
3.4.3.2 Uji G (Simultan/Bersamaan)	15
3.4.3.3 Uji <i>Wald</i> (Parsial)	16
3.4.3.4 Pseudo R-Square	16
3.4.3.5 Ketepatan Klasifikasi Model	16
3.4.3.6 Interpretasi Koefisien dan <i>Odds Ratio</i>	17
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	18
4.1 <i>Windrose</i> atau Analisis Dominasi Arah Angin	18
4.1.1 Analisis Persebaran Angin <i>Runway 07L</i>	18
4.1.2 Analisis Persebaran Angin <i>Runway 07R</i>	19
4.1.3 Analisis Persebaran Angin <i>Runway 25L</i>	19
4.1.4 Analisis Persebaran Angin <i>Runway 25R</i>	20
4.2 Dekomposisi Vektor	20
4.3 Analisis Regresi Logistik Multinomial untuk Prediksi Insiden <i>Runway</i>	27
4.3.1 Pembangunan Model dan Pseudo R-Square	27
4.3.2 Ketepatan Klasifikasi Model	28
4.3.3 Probabilitas Insiden di <i>Runway</i>	29

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

- Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- Pengutipan tidak mengurangi kepentingan yang wajar IPB University.
- Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



V SIMPULAN DAN SARAN

- 5.1 Simpulan 53
5.2 Saran 53

DAFTAR PUSTAKA

RIWAYAT HIDUP

53

53
53

54

58

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



1	Tabel 1 Data yang digunakan dalam penelitian	11
2	Tabel 2 Longitude dan Latitude runway 07R, 07L, 25R, dan 25L	11
3	Tabel 3 Variabel X dan Y yang digunakan untuk analisis regresi logistik	14
4	Tabel 4 Jumlah kejadian <i>tailwind</i> dari periode bulan basah (DJF) dari tahun 2020-2024	21
5	Tabel 5 Jumlah kejadian <i>headwind</i> dari periode bulan basah (DJF) dari tahun 2020-2024 Bandara Internasional Soekarno-Hatta Tangerang	22
6	Tabel 6 Jumlah kejadian <i>crosswind-R</i> (angin silang ke kiri) dari periode bulan basah (DJF) dari tahun 2020-2024	24
7	Tabel 7 Jumlah kejadian <i>crosswind-L</i> (angin silang ke kanan) dari periode bulan basah (DJF) dari tahun 2020-2024 Bandara Internasional Soekarno-Hatta Tangerang	24
8	Tabel 8 Persentase komponen angin per-landasan pacu (DJF 2020–2024)	25
9	Tabel 9 Estimasi parameter model <i>final</i>	27
10	Tabel 10 <i>Pseudo R-Square</i>	28
11	Tabel 11 <i>Connfusion Matrix</i>	29

DAFTAR GAMBAR

12	Gambar 1 Tren kecelakaan pesawat yang diakibatkan oleh cuaca dibandingkan dengan semua kecelakaan pesawat selama periode tertentu (1967–2010)	3
13	Gambar 2 Ilustrasi <i>crosswind</i>	6
14	Gambar 3 Ilustrasi angin silang (<i>crosswind</i>) saat lepas landas dan mendarat	7
15	Gambar 4 Ilustrasi <i>tailwind</i>	7
16	Gambar 5 Ilustrasi <i>headwind</i>	7
17	Gambar 6 Lokasi penelitian dan penempatan AWOS	10
18	Gambar 7 Diagram alir penelitian	12
19	Gambar 8 Diagram <i>windrose</i> dan histogram distribusi persebaran angin periode bulan Desember Januari Februari(DJF) tahun 2020-2024 <i>runway 07L</i>	18
20	Gambar 9 Diagram <i>windrose</i> dan histogram distribusi persebaran angin periode bulan Desember Januari Februari(DJF) tahun 2020-2024 <i>runway 07R</i>	19
21	Gambar 10 Diagram <i>windrose</i> dan histogram distribusi persebaran angin periode bulan Desember Januari Februari(DJF) tahun 2020-2024 <i>runway 25L</i>	19

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah

b. Pengutipan tidak mengurangi kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



22	Gambar 11 Diagram <i>windrose</i> dan histogram distribusi persebaran angin periode bulan Desember Januari Februari(DJF) tahun 2020-2024 <i>runway 25R</i>	20
23	Gambar 12 Grafik total kejadian berdasarkan empat komponen angin utama: <i>tailwind</i> , <i>headwind</i> , <i>crosswind</i> dari kanan (R), dan <i>crosswind</i> dari kiri (L), yang terjadi di semua <i>runway</i> Bandara Internasional Soekarno-Hatta selama musim DJF (Desember–Februari) tahun 2020–2024.	21
24	Gambar 13 Grafik distribusi persentase komponen angin (<i>tailwind</i> , <i>headwind</i> , <i>crosswind</i> kanan dan kiri) untuk masing-masing <i>runway</i> selama musim DJF 2020–2024.	25
25	Gambar 14 Jumlah kejadian angin ekstrem (<i>tailwind</i> dan <i>crosswind</i> >20 knot) di masing-masing <i>runway</i> .	26
26	Gambar 15 Probabilitas insiden <i>Go Around</i> dan <i>Veer Off</i> berdasarkan kecepatan komponen angin <i>crosswind</i> dan jenis pesawat	30
27	Gambar 16 Probabilitas insiden <i>Cancel Approach</i> dan <i>Hard Landing</i> berdasarkan kecepatan komponen angin <i>Tailwind</i> dan jenis pesawat	32

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- b. Pengutipan tidak mengurangi kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.