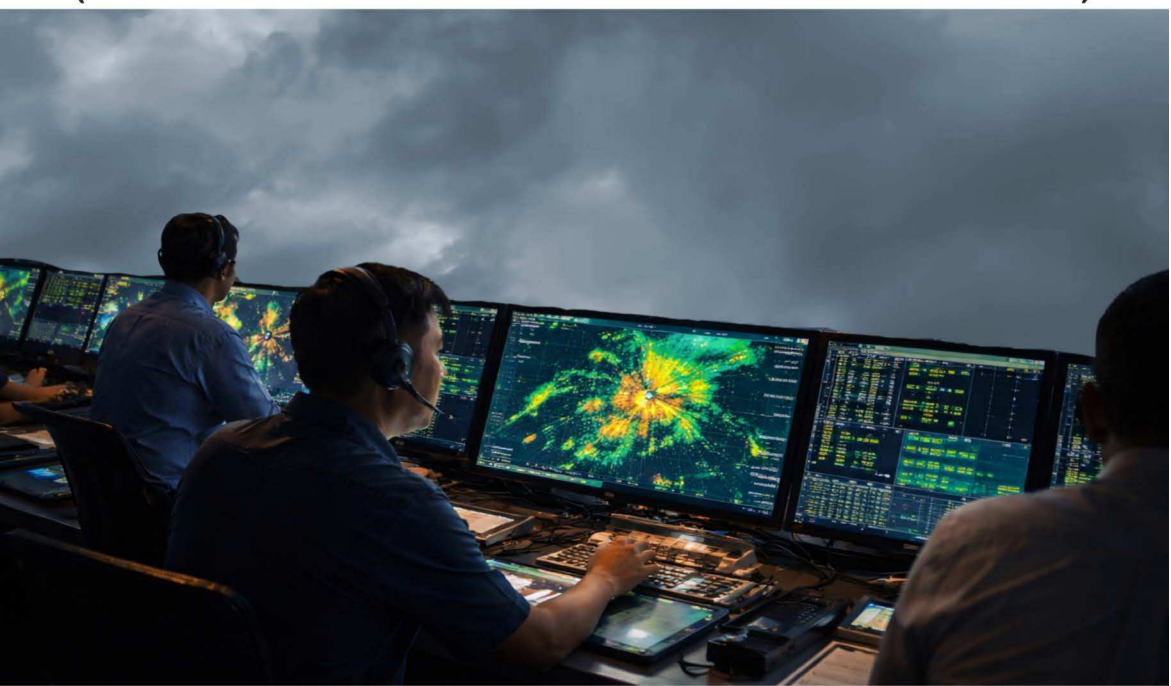


Hafidz Kuncoro Jati | Surya Tri Saputra | Martha Saulina



MENAVIGASI BADAI DI LANGIT JAKARTA

(PERAN ATC DALAM MENGHADAPI TURBULENSI)



MENAVIGASI BADAI DI LANGIT JAKARTA

(PERAN ATC DALAM MENGHADAPI TURBULENSI)

Hafidz Kuncoro Jati | Surya Tri Saputra | Martha Saulina

MENAVIGASI BADAI DI LANGIT JAKARTA (PERAN ATC DALAM MENGHADAPI TURBULENSI)

Penulis:

**Hafidz Kuncoro Jati
Surya Tri Saputra
Martha Saulina**

Desain Cover:

Andi Juliandi

Sumber Ilustrasi:

www.freepik.com

Tata Letak:

Handarini Rohana

Editor:

Neneng Sri Wahyuni

ISBN:

978-634-246-678-0

Cetakan Pertama:

Januari, 2026

Hak Cipta Dilindungi Oleh Undang-Undang

by Penerbit Widina Media Utama

Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari Penerbit.

PENERBIT:

WIDINA MEDIA UTAMA

Komplek Puri Melia Asri Blok C3 No. 17 Desa Bojong Emas
Kec. Solokan Jeruk Kabupaten Bandung, Provinsi Jawa Barat

Anggota IKAPI No. 519/JBA/2025

Website: www.penerbitwidina.com

Instagram: [@penerbitwidina](https://www.instagram.com/penerbitwidina)

Telepon (022) 87355370

KATA PENGANTAR

Langit Jakarta tidak pernah benar-benar sepi. Setiap hari, ribuan pesawat melintas membawa manusia, harapan, dan tujuan, sementara di balik layar terdapat para pengendali lalu lintas udara yang memastikan semuanya bergerak dengan aman dan tertib. Salah satu tantangan yang kerap hadir tanpa bisa diprediksi secara sempurna adalah turbulensi. Fenomena ini bukan hanya persoalan teknis penerbangan, tetapi juga ujian ketenangan, ketepatan informasi, dan kualitas pengambilan keputusan manusia.

Buku *Menavigasi Badai di Langit Jakarta (Peran ATC dalam Menghadapi Turbulensi)* mengajak pembaca untuk memahami dunia pengendalian lalu lintas udara dari sudut pandang yang lebih dekat dan manusiawi. Pembahasan di dalamnya tidak hanya menyoroti aspek cuaca dan teknologi, tetapi juga peran penting Air Traffic Controller sebagai pengambil keputusan dalam situasi yang dinamis dan penuh tekanan. Melalui penjelasan yang runtut dan mudah dipahami, pembaca diajak melihat bagaimana informasi diterjemahkan menjadi tindakan nyata demi keselamatan penerbangan.

Buku ini disusun sebagai bacaan umum yang dapat dinikmati oleh siapa saja yang tertarik pada dunia penerbangan, keselamatan transportasi, dan dinamika kerja di balik langit yang tampak tenang. Harapannya, buku ini mampu membuka wawasan bahwa keselamatan penerbangan merupakan hasil dari kolaborasi, ketelitian, dan tanggung jawab bersama, bukan sekadar kerja mesin dan sistem semata.

Akhir kata, penulis berharap buku ini dapat menjadi jendela pengetahuan sekaligus apresiasi bagi para profesional yang bekerja menjaga keselamatan di udara. Semoga kehadiran buku ini memberi manfaat, menambah pemahaman, dan menginspirasi pembaca dalam melihat kompleksitas navigasi udara di masa kini dan masa depan.

Januari, 2026

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL.....	vii
BAGIAN I PENGANTAR	1
A. Turbulensi di Jakarta FIR dan Tantangan Pengendalian Lalu Lintas Udara	1
B. Informasi, Keputusan, dan Peran Manusia dalam Pengendalian Lalu Lintas Udara.....	6
BAGIAN II SISTEM SOSIO-TEKNIS PENGENDALIAN LALU LINTAS UDARA DAN DINAMIKA PENGAMBILAN KEPUTUSAN	11
A. Turbulensi dalam Penerbangan.....	11
B. Cuaca dalam Penerbangan	15
C. Fenomena Cuaca dan Keselamatan Penerbangan	22
D. Sumber Informasi Turbulensi	26
E. Teori Pengambilan Keputusan.....	32
F. Peran Air Traffic Controller.....	33
G. Integrasi Informasi Meteorologi dalam Pengambilan Keputusan	35
H. Jakarta FIR: Karakteristik, Tantangan Operasional, dan Implikasi Meteorologi	38
I. Jakarta Area Control Centre sebagai Pusat Pengambilan Keputusan Lalu Lintas Udara	42
J. Kerangka Analisis Operasional.....	43
K. Kajian Empiris Terkait Turbulensi dan Pengambilan Keputusan Operasional	52
BAGIAN III PENDEKATAN KAJIAN DALAM MENGANALISIS KEPUTUSAN OPERASIONAL ATC.....	55
A. Pendekatan, Desain, dan Lokasi Kajian	55
B. Konteks Empiris	57
C. Definisi Operasional.....	60

D. Penjelasan Istilah Teknis.....	64
E. Variabel Penelitian	66
F. Strategi Analisis dan Pembacaan Data	72
BAGIAN IV DINAMIKA PENGAMBILAN KEPUTUSAN	
ATC DALAM KONDISI TURBULENSI	75
A. Konteks Operasional.....	75
B. Temuan Empiris.....	82
C. Pemecahan Masalah	98
BAGIAN V MASA DEPAN NAVIGASI UDARA.....	105
A. Informasi sebagai Fondasi Keselamatan	105
B. Pembangunan Kolaborasi Lintas Sektoral	107
DAFTAR PUSTAKA	113

DAFTAR GAMBAR

Gambar 4.1 Distribusi Jawaban Responden untuk Variabel X	91
Gambar 4.2 Distribusi Jawaban Responden untuk Variabel Y.....	91

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Kejadian Turbulensi	2
Tabel 3.1 Variabel Independen.....	68
Tabel 3.2 Variabel Dependen	71
Tabel 4.1 Hasil Uji Validitas untuk Variabel X (Pemberian Informasi Cuaca).....	84
Tabel 4.2 Hasil Uji Validitas untuk Variabel Y (Pengambilan Keputusan ATC).....	85
Tabel 4.3 Hasil Uji Reliabilitas untuk Variabel X (Pemberian Informasi Cuaca).....	88
Tabel 4.4 Hasil Uji Reliabilitas untuk Variabel Y (Pengambilan Keputusan ATC).....	88
Tabel 4.5 Hasil Uji Normalitas	90
Table 4.6 Hasil Uji Linearitas.....	92
Tabel 4.7 Hasil Uji Korelasi	94
Tabel 4.8 Hasil Uji Determinasi (R^2)	95
Tabel 4.9 Hasil Uji Regresi	97

BAGIAN I

PENGANTAR

A. TURBULENSI DI JAKARTA FIR DAN TANTANGAN PENGENDALIAN LALU LINTAS UDARA

Keselamatan penerbangan kerap dipahami sebagai hasil dari kemajuan teknologi pesawat, kecanggihan sistem navigasi, serta standar operasional yang ketat. Namun, pengalaman menunjukkan bahwa ancaman terhadap keselamatan penerbangan tidak selalu berasal dari kegagalan teknis saja. Salah satu risiko yang paling sulit diprediksi dan kerap luput dari perhatian publik adalah turbulensi udara, yaitu gangguan aliran udara yang dapat terjadi secara tiba-tiba di ketinggian jelajah pesawat.

Dalam beberapa tahun terakhir, berbagai insiden turbulensi parah kembali mengingatkan dunia penerbangan akan dampak serius fenomena ini. Selain mengganggu kenyamanan penumpang, fenomena ini juga berpotensi menimbulkan cedera, kerusakan struktural pesawat, bahkan korban jiwa. Berbeda dengan cuaca konvektif, seperti badai petir yang dapat diamati secara visual atau terdeteksi oleh radar cuaca, turbulensi, terutama jenis *clear-air turbulence* bersifat tidak kasatmata dan sering kali tidak terdeteksi secara langsung oleh sistem radar konvensional di kokpit. Kondisi inilah yang menjadikan turbulensi sebagai ancaman laten dalam operasional penerbangan.

BAGIAN II

SISTEM SOSIO-TEKNIS PENGENDALIAN LALU LINTAS UDARA DAN DINAMIKA PENGAMBILAN KEPUTUSAN

A. TURBULENSI DALAM PENERBANGAN

Turbulensi merupakan fenomena atmosfer yang ditandai oleh gerakan udara tidak beraturan akibat gangguan aliran laminar di atmosfer. Keberadaannya sering tidak terdeteksi secara visual sehingga menyebabkan risiko laten bagi aktivitas penerbangan. Dalam konteks operasional, turbulensi menjadi salah satu penyebab utama gangguan kenyamanan, bahkan dalam beberapa kasus dapat menyebabkan cedera ringan hingga berat pada penumpang dan awak kabin.

Terdapat beberapa jenis turbulensi, antara lain *clear air turbulence* (CAT), *mechanical turbulence*, *wake turbulence*, *mountain wave turbulence*, serta *convective turbulence* (Riswanto et al., 2024). Masing-masing jenis turbulensi memiliki karakteristik, mekanisme pembentukan, serta implikasi operasional yang berbeda, baik dari sisi pilot maupun pengendali lalu lintas udara.

1. *Clear Air Turbulence* (CAT)

Clear air turbulence merupakan jenis turbulensi yang terjadi di udara jernih tanpa keterkaitan langsung dengan awan konvektif sehingga sulit dideteksi secara visual maupun oleh radar cuaca konvensional. CAT umumnya muncul pada ketinggian jelajah (*cruise level*), terutama di sekitar

BAGIAN III

PENDEKATAN KAJIAN DALAM MENGANALISIS KEPUTUSAN OPERASIONAL ATC

A. PENDEKATAN, DESAIN, DAN LOKASI KAJIAN

Kajian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain eksplanatori melalui metode survei yang dipilih sebagai strategi utama untuk mengkaji hubungan antara informasi cuaca turbulensi dan keputusan operasional yang diambil oleh *air traffic controller* (ATC) di Unit Jakarta Area Control Centre (ACC). Pendekatan kuantitatif dipandang paling relevan karena memungkinkan fenomena pengambilan keputusan, yang dalam praktiknya sangat dipengaruhi oleh standar operasional, sistem informasi, serta persepsi risiko, diterjemahkan ke dalam variabel-variabel yang terukur dan dapat dianalisis secara statistik. Dengan demikian, data yang dihasilkan tidak hanya bersifat deskriptif, tetapi juga mampu menunjukkan pola hubungan, tingkat pengaruh, serta kecenderungan pengambilan keputusan ATC terhadap informasi meteorologi, khususnya turbulensi (Sugiyono, 2023).

Metode survei digunakan sebagai instrumen utama karena memberikan ruang bagi peneliti untuk memperoleh data langsung dari subjek penelitian melalui kuesioner terstruktur. Instrumen ini dirancang untuk menggali persepsi, tingkat pemahaman, serta respons operasional ATC terhadap informasi cuaca turbulensi yang diterima dalam konteks pelayanan lalu lintas udara. Survei memungkinkan pengumpulan data secara sistematis

BAGIAN IV

DINAMIKA PENGAMBILAN KEPUTUSAN ATC DALAM KONDISI TURBULENSI

A. KONTEKS OPERASIONAL

1. PERUM LPPNPI (Perusahaan Umum Lembaga Penyelenggara Pelayanan Navigasi Penerbangan Indonesia)

Sebelum terbit Undang-Undang Nomor 1 Tahun 2009 tentang Penerbangan dan Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 77 Tahun 2012 tentang Perusahaan Umum (Perum) Lembaga Penyelenggara Pelayanan Navigasi Penerbangan Indonesia (LPPNPI), pengelolaan sistem navigasi penerbangan ditangani langsung oleh PT Angkasa Pura I (Persero) dan PT Angkasa Pura II (Persero) serta Kementerian Perhubungan yang mengelola bandara-bandara Unit Pelayanan Teknis (UPT) di seluruh Indonesia.

Pada bulan September 2009, Rancangan Peraturan Pemerintahan (RPP) mulai disusun sebagai dasar hukum untuk mendirikan Perum LPPNPI. Pada 13 September 2012, Presiden Susilo Bambang Yudhoyono menetapkan RPP sebagai Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 77 Tahun 2012 tentang Perusahaan Umum (Perum) Lembaga Penyelenggara Pelayanan Navigasi Penerbangan Indonesia (LPPNPI). PP ini menjadi landasan hukum bagi berdirinya Perum LPPNPI. Setelah diterbitkannya PP 77 Tahun 2012 tentang Perum LPPNPI, pelayanan navigasi yang sebelumnya dikelola oleh PT Angkasa Pura I (Persero) dan PT Angkasa Pura II (Persero) serta UPT diserahkan kepada Perum LPPNPI atau lebih dikenal sebagai AirNav Indonesia.

BAGIAN V

MASA DEPAN NAVIGASI UDARA

A. INFORMASI SEBAGAI FONDASI KESELAMATAN

Berdasarkan hasil analisis kuantitatif yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa pemberian informasi cuaca turbulensi memiliki pengaruh yang signifikan terhadap pengambilan keputusan operasional *air traffic controller* (ATC) di Unit Jakarta ACC. Melalui serangkaian pengujian statistik meliputi uji validitas, reliabilitas, normalitas, korelasi, koefisien determinasi, serta regresi linier, variabel informasi turbulensi terbukti mempunyai hubungan yang kuat dan bermakna terhadap variabel keputusan operasional ATC.

Hasil uji korelasi menunjukkan adanya hubungan positif yang signifikan, yang berarti semakin akurat, tepat waktu, dan jelas informasi turbulensi yang diterima ATC, maka semakin efektif keputusan operasional yang dihasilkan. Temuan ini diperkuat oleh nilai koefisien determinasi, yang menunjukkan bahwa sebagian variasi dalam pengambilan keputusan ATC dapat dijelaskan oleh kualitas informasi turbulensi. Dengan kata lain, informasi turbulensi tidak hanya berperan sebagai data pendukung, tetapi menjadi komponen kunci dalam proses penilaian risiko, pemilihan strategi separasi, pengalihan rute, perubahan level penerbangan, serta mitigasi potensi bahaya penerbangan.

Selain itu, model regresi yang memenuhi asumsi statistik, termasuk normalitas dan linearitas, menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel bersifat stabil dan dapat dipertanggungjawabkan secara empiris. Hal ini menegaskan bahwa keberadaan sistem informasi cuaca yang reliabel dan prosedur penyampaian informasi yang terstandar merupakan bagian

DAFTAR PUSTAKA

- AirNav Indonesia. (2019). *Laporan Tahunan 2019 – Peningkatan untuk Pelayanan yang Lebih Baik*. Diakses dari <https://staging.airnavindonesia.co.id/wp-content/uploads/2024/11/Ar-2019.pdf>
- AirNav Indonesia. (2024). *Laporan Tahunan 2024 Annual Report*. Diakses dari <https://www.airnavindonesia.co.id/wp-content/uploads/2025/07/ANNUAL-REPORT-2024.pdf>
- Arbain, A. A. (2016). Klimatologi Badai Petir Di Wilayah Jakarta Dan Sekitarnya Berdasarkan Observasi Synop Tahun 2000-2012. *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca*, 17(1), 1–9.
- Drajat, H. S. (2023). Pengambilalihan Flight Information Region (FIR) Singapura Atas Kepulauan Riau Dan Natuna. *Jurnal Penelitian Hukum Legalitas*, 17(2), 60–66.
- FAA. (2023). *Advisory Circular: Pilot Windshear Guide*. Federal Aviation Administration.
- ICAO. (2016). *Annex 11 to the Convention on International Civil Aviation: Air Traffic Services*. International Civil Aviation Organization.
- ICAO. (2016). *Doc 4444: Procedures for Air Navigation Services — Air Traffic Management*. International Civil Aviation Organization.
- ICAO. (2018). *Manual on Low-level Wind Shear*. International Civil Aviation Organization.
- ICAO. (2022). *Annex 3 to the Convention on International Civil Aviation: Meteorological Service for International Air Navigation*. International Civil Aviation Organization.
- Inokuchi, H., & Akiyama, T. (2022). Performance Evaluation of an Airborne Coherent Doppler Lidar and Investigation of Its Practical Application. *Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences*, 65(2), T-20-35. <https://doi.org/10.2322/tjsass.65.47>
- Klein, G. (2008). Naturalistic Decision Making. *Human Factors*, 50(3), 456–460.
- Knight, F. H. (1921). *Risk, Uncertainty and Profit*. Houghton Mifflin.

- Lee, D.-B., Chun, H.-Y., & Kim, J.-H. (2019). Evaluation of Multimodel-Based Ensemble Forecasts for Clear-Air Turbulence. *Weather and Forecasting*, 35(2), 507–521. <https://doi.org/10.1175/WAF-D-19-0155.1>
- Li, M., Wang, M., Wang, G., Chen, Y., & Zhong, K. (2024). A Team Cognition Measurement Method for Single Pilot Operations Human-Machine System Design. *International Journal of Human–Computer Interaction*, 1–15. <https://doi.org/10.1080/10447318.2024.2340028>
- Munandar, M. A., Sumantyo, J. T. S., Hadi, M. P., Higuchi, A., Marfai, M. A., & Romy, M. (2023). Analysis of Aviation Turbulence Distribution Using ADS-B and Spatial Temperature Difference of Himawari-8 Images on Java Island, Indonesia. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 20, 1–5. <https://doi.org/10.1109/LGRS.2023.3279848>
- Nangimah, E. W., & Tristyanto, R. (2024). Pemanfaatan Data Reanalisis (ERA5) Dalam Simulasi Clear Air Turbulence Pada Pesawat BTK7581, BTK6582, SJV756, Dan SJV739 (Studi Kasus 17-18 Agustus 2024). *Buletin Meteorologi, Klimatologi Dan Geofisika*, 4(5), 33–39.
- Novotny, J., Dejmal, K., Repal, V., Gera, M., & Sladek, D. (2021). Assessment of TAF, METAR, and SPECI Reports Based on ICAO ANNEX 3 Regulation. *Atmosphere*, 12(2), 138. <https://doi.org/10.3390/atmos12020138>
- Peraturan Pemerintah Nomor 77 Tahun 2012 tentang Perusahaan Umum (Perum) Lembaga Penyelenggara Pelayanan Navigasi Penerbangan Indonesia.
- Peraturan Direksi Perum LPPNPI Nomor PER.008/LPPNPI/X/2017 tentang Organisasi dan Tata Laksana Perum LPPNPI Cabang JATSC.
- Pratama, R. A., Ikhsan, M., Wicaksono, D., Rieza, M. S., & Zainal Abidin, M. (2025). Analisis Intensitas Turbulensi Terhadap Kestabilan Kecepatan Angin Test Section pada Struktur Wind Tunnel. *Infotekmesin*, 16(1), 269–275.
- Puteh, N. A., Prabandari, A. P., & Setyawanta, L. T. (2024). Implikasi Perjanjian Penyesuaian FIR Antara Indonesia dengan Singapura Tahun 2022 terhadap Wilayah Udara Indonesia. *Jurnal Pembangunan Hukum Indonesia*, 6(1), 35–48.

- Putra, I. W. S. E., Atmadipoera, A. S., Manik, H. M., Harsono, G., & Purwandana, A. (2024). Karakteristik Proses Pendangkalan Gelombang Soliter Internal Di Sisi Utara Perairan Laut Flores. *Jurnal Kelautan Nasional*, 19(2), 101.
- Putri, N. A., Ramadha, D. B., Darma, C., & Prayitno, H. (2025). Pengaruh Faktor Cuaca Terhadap Perencanaan Penerbangan dan Dampaknya pada Keterlambatan Penerbangan. *Jurnal Penelitian*, 10(1), 19–27.
- Riswanto, R. M. H., Mustofa, M. A., & Saragih, I. J. A. (2024). Identifikasi Potensi Turbelensi di Wilayah Penerbangan Indonesia Berdasarkan Analisis Richardson Number (Ri) Menggunakan Data ECMWF ERA5 (Studi Kasus Tahun 2022). *Buletin GAW Bariri*, 5(2), 25–39.
- Saputra, A. D., Muthohar, I., Priyanto, S., & Bhinnety, M. (2015). Pengaruh Kondisi Cuaca Penerbangan Terhadap Beban Kerja Mental Pilot. *Jurnal Transportasi*, 15(3).
- Sasmito, A. (2011). Peringatan Dini Dan Diagnosis Munculnya Turbulensi Cuaca Cerah Dan Dampaknya Pada Pesawat. *Jurnal Meteorologi Dan Geofisika*, 12(3).
- Simon, H. A. (1956). Rational choice and the structure of the environment. *Psychological Review*, 63(2), 129.
- Simon, H. A. (1977). *The New Science of Management Decision*. Prentice-Hall.
- Stull, R. B. (2015). *Practical Meteorology: An Algebra-based Survey of Atmospheric Science*. University of British Columbia.
- Sugiyono. (2018). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Alfabeta.
- Sugiyono. (2023). *Metode Penelitian Kuantitatif* (3rd ed.). Alfabeta.
- Undang-Undang Nomor 1 Tahun 2009 tentang Penerbangan.
- Verayanti, N. P. T., & Kusuma, I. K. N. A. (2021). Simulasi numerik mekanisme turbulensi dekat awan konvekti. *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca*, 22(1), 25–33.
- Von Neumann, J., & Morgenstern, O. (1944). *Theory of Games and Economic Behavior*. Princeton University Press.

WMO. (2017). *International Cloud Atlas: Manual on the Observation of Clouds and Other Phenomena*. World Meteorological Organization.

WMO. (2018). *Guide to Instruments and Methods of Observation*. World Meteorological Organization.

Langit Jakarta merupakan salah satu ruang udara tersibuk di kawasan Asia Tenggara, dengan dinamika cuaca tropis yang kerap memicu turbulensi. Dalam kondisi tersebut, Air Traffic Controller (ATC) memegang peran penting dalam menjaga keselamatan dan kelancaran lalu lintas penerbangan. Turbulensi bukan hanya persoalan alam, tetapi juga tantangan operasional yang menuntut ketepatan informasi dan kualitas pengambilan keputusan.

Buku Menavigasi Badai di Langit Jakarta mengulas bagaimana ATC memahami fenomena cuaca, mengelola informasi meteorologi, dan mengambil keputusan dalam situasi penuh ketidakpastian. Pembahasan disajikan secara sistematis dan mudah dipahami, mencakup hubungan antara turbulensi, sistem pengendalian lalu lintas udara, serta peran manusia di balik teknologi penerbangan modern.

Selain aspek teknis, buku ini menyoroti dimensi manusia dalam pengendalian lalu lintas udara, termasuk koordinasi, pengalaman, dan tanggung jawab profesional ATC. Ditujukan bagi pembaca umum, praktisi, dan mahasiswa, buku ini memberikan pemahaman komprehensif tentang bagaimana keselamatan penerbangan dijaga melalui integrasi informasi dan keputusan yang tepat di tengah tantangan langit Jakarta.



www.penerbitwidina.com



@penerbitwidina



penerbit widina



penerbitwidina@gmail.com



widina store



widina bookstore

Layanan Pembaca & Penerbitan Buku
0815-7000-699



SCANME

Pertahanan

ISBN 978-634-246-678-0



9

786342

466780